

Gaziantep

Bilimsel Araştırmalar Kongresi

27-28 ARALIK 2025

GAZİANTEP

EDİTÖRLER:

PROF. DR. EKREM YAŞAR AKÇAY

DOÇ. DR. ASUMAN SAVAŞCIHABEŞ

DOÇ. DR. EMRE CENGİZ

DR. MİNE KIRKYOL

DR. SATLA ZOUAOUI

www.isarconference.org

KONGRE KİTABI 3.CİLT

INDEX

CONGRES ID		II-X
PROGRAM		VXI-CXXXIII
GALLERY		CXXXIV-CLXXXVII
ACADEMIC INCENTIVE		CLXXXVIII
NOTIFICATIONS		XCVIII

CONGRESS ID

CONGRESS TITLE

**5. INTERNATIONAL GAZİANTEP SCIENTIFIC RESEARCH
CONGRESS**

DATE AND PLACE

27-28 DECEMBER 2025, GAZİANTEP ONLINE PRESENTATIONS

ORGANIZATION

ISARC INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

GENERAL COORDINATOR

Uzm. Yasemin AĞAOĞLU

EDITOR

Prof. Dr. Ekrem Yaşar AKÇAY

Doç. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ

Doç. Dr. Emre CENGİZ

Dr. Mine KIRKYOL

Dr. Satla ZOUAOUI

ORGANIZING COMMITTEE

Prof. Dr. Cenk YAVUZ

Prof. Dr. Mahire HÜSEYNOVA

Prof. Dr. İbrahim BAYRAMOV

Prof. Dr. Hilmi YÜCEL

Prof. Dr. Mehmet DEMİR

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN

Prof. Dr. Sancar BULUT

Prof. Dr. Serpil ÜNVER SARAYDIN

Prof. Dr. Tolga ULUSOY

Prof. Dr. Yadigar GÜLSEVEN SIDIR

Assoc. Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE

Assoc. Prof. Dr. Başak Gül AKAR

Assoc. Prof. Dr. Caner YERLİ

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOGENÇ

Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ

Assoc. Prof. Dr. Erhan ERDEL

Assoc. Prof. Dr. Filiz RANDA ZELYÜT

Assoc. Prof. Dr. Gamze Ebru ÇİFTÇİ

Assoc. Prof. Dr. Gönül HASANOVA

Assoc. Prof. Dr. Hüseyin Murat IŞIK

Assoc. Prof. Dr. Kübra KARAMAN

Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN

Assoc. Prof. Dr. Malik YILMAZ

Assoc. Prof. Dr. Melih OKCU

Assoc. Prof. Dr. Nursen IŞIK

Assoc. Prof. Dr. Özlem ÜLGER DANACI

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARIŞ

Assoc. Prof. Dr. Seda BENGİ

Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK

Assoc. Prof. Dr. Şükrü KALAYCI

Assoc. Prof. Dr. Zamiğ TEHMEZOV

Assoc. Prof. Dr. Zeynep Deniz ŞAHİN İNAN

Assoc. Prof. Dr. Zühal OKCU

*Dr. Abdullah ATILGAN
Dr. Canan TERCAN
Dr. Elvan CAFEROV
Dr. Fatma AZİZOĞLU
Dr. Gönül GÖKÇAY
Dr. Hakkı ŞİMŞEK
Dr. Hayri YILDIRIM
Dr. Laleş USLU AZARAK
Dr. Rana BAYTİN ALACI
Dr. Sevil ÖZCAN
Dr. Sümeyye GÖKÇENOĞLU
Dr. Şengül ŞENTÜRK*

*‘Compliance With Publication Ethics Is The Sole Responsibility Of The Authors; Accordingly,
They Bear Both Ethical And Legal Accountability’*

ISBN: 978-625-378-555-0’

SCIENCE AND ADVISORY COMMITTEE

Prof. Dr. Ali OKATAN
İstanbul Aydın University

Prof. Dr. Anwar Ali Shah G. SYED
University Of Sindh Jamshoro

Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ
Scientific Institute of Veterinary Medicine of Serbia

Prof. Dr. Hilmi YÜCEL
Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Morakeng Edward
Kenneth LEBAKA University Of Zululand

Prof. Dr. Mukadder MOLLAOĞLU
Cumhuriyet University

Prof. Dr. Jain SADHNA
University Of Delhi

Prof. Dr. Hilmi YÜCEL
Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Manole COJOCARU
Titu Maiorescu University

Prof. Dr. Mustafa Fedai ÇAVUŞ
Osmaniye Korkut Ata University

Prof. Dr. Mustafa Onur ALADAĞ
Selçuk University

Prof. Dr. Nurdan KALAYCI
Gazi University

Prof. Dr. Mustafa METE
Gaziantep University

Prof. Dr. Neslihan ŞAHİN
Sivas Cumhuriyet University

Doç. Dr. Nuran KILAVUZ
Atatürk University

Prof. Dr. Orhan ZEYBEK
Balıkesir University

Prof. Dr. Sancar BULUT
Kayseri University

Prof. Dr. Selahattin YAVUZ
Erzincan Binali Yıldırım University

Prof. Dr. Seyfi ŞEVİK
Hitit University

Prof. Dr. Sevi ÖZ
Ankara Hacı Bayram Veli University

Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI
Atatürk University

Prof.Dr. Yedigâr GÜLSEVEN SİDİR
Bitlis Eren University

Prof. Dr. Zharkynbike SULEIMENOVA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Abdulkerim DİLER
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Armel MBON
Marien Ngouabi University

Assoc. Prof. Dr. Azimbaeva GULBAYRA
Kazakh National Women's Pedagogical University

Assoc. Prof. Dr. Betül GÜZELDİR
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Çiğdem BOĞENÇ
Karabük Üniversitesi

Assoc. Prof. Dr. Elif Feyza TOPDAŞ
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Hasan TELLİ
Mersin University

Assoc. Prof. Dr. Oqtay QULİYEV
Azərbaycan Dövlət İktisat Universiteti

Assoc. Prof. Dr. Orhan TURAN
Batman University

Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER
Gaziantep University

Assoc. Prof. Dr. Sahure YARIŞ
Dicle University

Assoc. Prof. Dr. Salman Bashir MEMON
Shah Abdul Latif University

Assoc. Prof. Dr. Sema SAĞLIK
Yalova University

Assoc. Prof. Dr. Sevcin YILDIZ
Akdeniz University

Assoc. Prof. Dr. Syed Ali
Raza NAQVI Government College University Faisalabad

Assoc. Prof. Dr. Tamer TURGUT
Atatürk University

Assoc. Prof. Dr. Victoria POSTOLACHE
Alecu Russo Balti State University

Assoc. Prof. Dr. Yılmaz SEÇİM
Necmettin Erbakan University

Assoc. Prof. Dr. Zamiq TEHMEZOV
Azərbaycan Dövlət Pedagoji Universiteti

Dr. Ajay B. GADİCHA
Sant Gadge Baba Amravati University

Dr. Amira TANDIROVIĆ GURSEL
Adana Alparslan Türkeş University of Science and Technology

Dr. Aqil MEMMEDOV
Azerbaijan Devlet İktisat University

Dr. Babak SAFAEI
Tsinghua University

Dr. Elşen MEMMEDLİ
Azerbaijan Devlet İktisat University

Dr. Faisal SULTAN
Hazara University

Dr. Ghanshyam BARMAN
Uka Tarsadia University

Dr. Gülnar MİRZEYEVA
Azerbaijan Devlet İktisat University

Dr. Gülşen MEHERREMOVA
Azerbaijan Diller University

Dr. Hassan ZARIOUH
Mohammed First University

Dr. Iram Liaqat AWAN
Government College University

Dr. Irina-Ana DROBOT
Technical University of Civil Engineering Bucharest, Romania

Dr. İslam DEVİREN
MEB

Dr. Joanna HERNİK
West Pomeranian University of Technology

Dr. Nurhoca AKBULAYEV
Azerbaijan Devlet İktisat University

Dr. Rida ZULFİQAR
University of Szeged

Dr. Sevil ÖZCAN
Aydın Adnan Menderes University

Dr. Şebnem NOYAT
Sakarya Applied Science University

Dr. Şengül ŞENTÜRK
Aydın Adnan Menderes University

Dr. Taha Yasin ÖLMEZTOPRAK
Adıyaman University

Dr. Taner AKARSU
Trakya Universty

Dr. Tatia DOLİDZE
European University

Dr. Yaşar SUBAŞI
Van Yüzüncü Yıl University



Scientific Development and Innovative Approach

5. INTERNATIONAL GAZİANTEP SCIENTIFIC RESEARCH CONGRESS 27-28 DECEMBER 2025 GAZİANTEP

Congress Program

Participant Countries:

ALBANIA/ALGERIA/AZERBAIJAN/BANGLADESH/BULGARIA/CHINA/EGYPT/France/GEORGIA/INDIA/ITALY/IRAN/JAPAN/KAZAKISTAN/KIRGIZİSTAN/KOREA/KOSOVO/TUNISIA/MACEDONIA/MALAYSIA/MOROCCO/NIGERIA/SAUDIARABIA/SERBIA/SYRIA/ROMA/ROMANIA/PAKİSTAN/TURKMENISTAN/USA/UZBAKISTAN/VİETNAM

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID or Personal Link Name” and solidify the session. The presentation will have **15 minutes** (including questions and answers). The Zoom application is free and no need to create an account. The Zoom application can be used without registration. The application works on tablets, phones and PCs. Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time. All congress participants can connect live and listen to all sessions. During the session, your camera should be turned on at least %70 of session period. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

Make sure your computer has a microphone and is working. You should be able to use screen sharing feature in Zoom. Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress. Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session. **Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number, exp. Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

ÖNEMLİ, DİKKATLE OKUYUNUZ LÜTFEN

Kongremizde Yazım Kurallarına uygun gönderilmiş ve bilim kurulundan geçen bildiriler için online (video konferans sistemi üzerinden) sunum imkanı sağlanmıştır. Sunumlar için **15 dakika** (soru ve cevaplar dahil) süre ayrılmıştır. Online sunum yapabilmek için <https://zoom.us/join> sitesi üzerinden giriş yaparak “Meeting ID or Personal Link Name” yerine ID numarasını girerek oturuma katılabilirsiniz. Zoom uygulaması ücretsizdir ve hesap oluşturmaya gerek yoktur. Zoom uygulaması kaydolmadan kullanılabilir. Uygulama tablet, telefon ve PC’lerde çalışıyor. Her oturumdaki sunucular, sunum saatinden **10 dk öncesinde** oturuma bağlanmış olmaları gerekmektedir. Tüm kongre katılımcıları canlı bağlanarak tüm oturumları dinleyebilir. Moderatör – oturumdaki sunum ve bilimsel tartışma (soru-cevap) kısmından sorumludur.

TEKNİK BİLGİLER

Bilgisayarınızda mikrofona olduğuna ve çalıştığına emin olun. Zoom’da ekran paylaşma özelliğine kullanabilmelisiniz. Katılım belgeleri kongre sonunda tarafınıza pdf olarak gönderilecektir. Kongre programında yer ve saat değişikliği gibi talepler dikkate alınmayacaktır. **Zoom’a giriş yaparken önce lütfen adınızı, soyadınızı ve SALON numaranızı yazınız, Örnek: Hall-1, Fatih KARİPOĞLU**

Toplantı Kimliği: 844 4053 5966

Parola: 450687

LİNK;

<https://us02web.zoom.us/j/84440535966?pwd=ZgO6KRwU3mKb8tRbMXkGTXnp0xYbke.1>

27.12.2025 / Hall-1, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11 ⁰⁰ : 13 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Semih Mahmut AKTARER			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
A Data-Driven Approach To Anomaly Detection In Smart Meters Using Machine Learning Methods: A Comparative Analysis		Assist. Prof. Dr. Önder CİVELEK	Karadeniz Technical University
Machine Learning-Based Multi-Fault Classification For Electrical Power Systems		Assist. Prof. Dr. Önder CİVELEK Dr. Metin TÜYSÜZ	Karadeniz Technical University
Investigation Of The Stretch Formability Behavior Of High-Strength Low-Alloy Steel Joined By Friction Stir Welding		Assist. Prof. Dr. Semih Mahmut AKTARER	Recep Tayyip Erdogan University
One Dimensional Analysis Of Thermal And Hydraulic Performance Of A 50-Cell Battery Module Under Different Flow Regimes		Assist. Prof. Dr. Emre BULUT	Bursa Uludağ University
Integration Of CFRP Composite Electric Vehicle Parts Designed And Analyzed In A Cage Structure Suitable For 3d And CFIP Processes		Ali Mert GÜRBÜZ Kemal ERŞAN Dilara ÇİÇEK Hüseyin Kamil BALBABA	Gazi University
Technical Performance Assessment Of Standalone Hybrid Renewable Energy Systems For Green Hydrogen Production		Lect. Batın DEMİRCAN Tuğçe YAREN	Balıkesir University
Modelling Of 1D Micro Gas Turbine For Range Extender Electric Vehicles		Assist. Prof. Dr. Harun GÜÇLÜ	Bursa Uludağ University
Investigation Of The Service Durability Of Environmentally Friendly Shock Absorber Oil In Heavy Commercial Vehicle Groups		Selin EFE KAYABAŞI	Maysan Mando Otomotiv Parçaları San. Tic. A.Ş

27.12.2025 / Hall-2, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11⁰⁰ : 13⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Mahir ŞAHİN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Characterization Of Prep And Gas Atomized Ti6al4v Powders	Mert Can DEMİR Prof. Dr. Egemen AVCU Prof. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU	Kocaeli University
Production Of New Generation B-Titanium Alloys By Powder Metallurgy: A Study On The Ti-15mo-3al-2.7nb-0.2si Alloy	Mert Can DEMİR Prof. Dr. Egemen AVCU Prof. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU	Kocaeli University
Experimental Investigation Of The Effect Of Turbulent Flow Conditions On The Heat Transfer Performance Of A Plate Heat Exchanger	Mahir ŞAHİN Mustafa KILIÇ	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
Hybrid Modeling Of Heat Transfer Effectiveness In A Plate Heat Exchanger Using Ann Predictions And Empirical Correlations	Mahir ŞAHİN Mustafa KILIÇ	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
Bibliometric Analysis Of Research Trends In Low Reynolds Number Aerodynamics	Kaan Can AKBABA Mehmet Enes ERSÖZ Mustafa Arif ÖZGÜR Ramazan KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
Thermodynamic And Environmental Performance Comparison Of CFC, HCFC, HFC And HFO Refrigerants In A Vapor Compression Refrigeration Cycle	Mehmet Enes ERSÖZ Kaan Can AKBABA Halit ARAT Ramazan KÖSE	Kütahya Dumlupınar University
The Use Of Hydrophobic Coatings In Quick-Connection Components And Their Effects On Coupling Performance	Alev DEMİR Ali KİBAR	Tamsan Bağlantı Elemanları A.Ş./ Kocaeli Üniversitesi

27.12.2025 / Hall-3, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11³⁰ : 13³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman GÜNDAY</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Performance Analysis Of Mppt With Ga Optimized Pi Controller For Photovoltaic Based Dc/Dc Boost Converter		İlyas YAMAÇ Assist. Prof. Dr. Hasan ÜZMUŞ	Van Yüzüncü Yıl University
Current And Voltage Control Of Pem Fuel Cell-Based Dc-Dc Hybrid Boost Converter		Kübra Nur TOPRAK Assist. Prof. Dr. Hasan ÜZMUŞ	Van Yüzüncü Yıl University
Motor Imaginary Classification of EEG Based On Deep Learning		Fatih DÖNMEZ Çağrı YILMAZ Özgür SAVAŞ Assist. Prof. Dr. Kübra KESER	Kutahya Dumlupınar University
The Effects Of Mixed Gas Utilization On Cutting Performance In Industrial Laser Cutting Process		Eyüp ÇAĞLAR Assoc. Prof. Dr. Abdurrahman GÜNDAY	Bursa Uludag University
Analysis Of Renewable Energy-Supported Energy Storage Systems Based On The Electricity Consumption Profile Of Malatya Province		Sedrettin SÜLE Prof. Dr. Asım KAYGUSUZ	Inonu University
The Commercialization Potential Of Perovskite Technologies In Turkey And Their Integration Into The National Energy Strategy		Barış SUNAR Prof. Dr. Asım KAYGUSUZ	Inonu University
Offshore Wind Turbines (Turbines for the ocean)		Mohammed Ahmed Ali ALI AbdulWahab Ahmed JASIM Assist. Prof. Dr. ERCAN AYKUT	Gelisim Istanbul University
Fuel Flexibility and Operational Challenges in Modern Coal-Fired Power Stations		Assist. Prof. Dr. ERCAN AYKUT Mohammed Wakas Saad	Gelisim Istanbul University

27.12.2025 / Hall-4, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11 ³⁰ : 12 ¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Aliye ÇİLAN AKIN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Food Safety In Tourism Enterprises: Tourist Perception, Practical Reality And Sectoral Risks	Dr. Adnan AKIN Prof. Dr. Aliye ÇİLAN AKIN	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Comparison Of The Functional Properties Of Organic And Conventional Foods-Review	Nazan ÇAĞLAR Buket ÖZBAL Didem GÜN	Gaziantep University/Hasan Kalyoncu University
Dietary Fiber And Gut Barrier Integrity In Type 2 Diabetes Mellitus: Current Evidence	Serap BALABAN BARTA	Gaziantep Üniversitesi
Effect Of Plant-Based Additives On The Storage Stability Of Whole Wheat Flour	Assist. Prof. Dr. Yeşim BEDİR Mehmet Murat KARAOĞLU	Atatürk University

27.12.2025 / Hall-5, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11³⁰ : 13⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Hasan Hüseyin YILDIRIM</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Climate Crisis And Public Policies		Assist. Prof. Dr. Cevriye YÜKSEL YILDIRIM Prof. Dr. Hasan Hüseyin YILDIRIM	Bahkesir University
Financial Technologies And The Banking Sector		Prof. Dr. Hasan Hüseyin YILDIRIM Assist. Prof. Dr. Cevriye YÜKSEL YILDIRIM	Bahkesir University
The Effect Of Asymmetric Shocks In Turkey's Housing Market: A Nardl Analysis Based On Gold Price, Exchange Rate, And Deposit Interest Rate		Resc. Assist. Buğra POLAT Resc. Assist. Dr. Hüseyin İÇEN	İstanbul University
Investigating the Unemployment Invariance Hypothesis in Türkiye: Evidence from Nonlinear Cointegration Tests		Assoc. Prof. Dr. Yaşar Serhat YAŞGÜL Prof. Dr. Burak GÜRİŞ Resc. Assist. Buğra POLAT	İstanbul University Marmara University
Gaslighting In Financial Markets: Behavioral Manipulation, Investor Vulnerability, And Perceived Irrationality		Aysel KAVLAÇOĞLU Prof. Dr. Tolga ULUSOY	Kastamonu University
Growth Dynamics in BRICS-T Countries: A Panel ARDL Analysis of the Effects of Trade, Finance, Population, and Corruption		Assoc. Prof. Dr. Nigar ALEV Assoc. Prof. Dr. Mustafa TORUSDAĞ	VAN Yüzüncü Yıl University
Analysis Of The Relationship Between The Quality Of Life Index And Economic Growth: A Panel Data Approach For Brics-T Countries		Assoc. Prof. Dr. Nigar ALEV Assist. Prof. Dr. İbrahim YILDIRIMÇAKAR	VAN Yüzüncü Yıl University
Electronic On-Site Inspection And Widespread-Intensive Tax Auditing Practices In Turkey		Nergis Feride KAPLAN DÖNMEZ	İstanbul Medeniyet University
The Role Of Digital Infrastructure İn Expanding Financial Accessibility And Reducing Inequality		Yrd.Doç.Dr. Dastan ASEINOV	Kyrgyz-Turkish Manas University/KIRGIZİSTAN

27.12.2025 / Hall-6, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Serdar ALEMDAĞ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Analysis Of The Aggressiveness And Body Awareness Levels Of Traditional Wrestlers	Ezgi DEMİR Uğur BAKAY	Gaziantep University
Examining The Patriotism Attitudes Of Sports Sciences Faculty Students In Terms Of Various Variables	Gizem YILMAZER Uğur BAKAY	Gaziantep University
Treatment Effects Of A Home-Based Vestibular Rehabilitation Program In Posterior Semicircular Canal BPPV	Şule Bensu KARAHAN Bayram Sönmez ÜNÜVAR	KTO Karatay University
Exercise And The Immune System: A Five-Year Review	Erhan KIZMAZ Sedat YİĞİT	Gaziantep University
Comparison Of Body Composition, Exercise Capacity, Symptoms, And Quality Of Life In Pancreatic And Colon Cancer Patients With Cachexia	Ezgi ERGİN, Didem KARADİBAK Ümit AKAY, Burcu AÇIKGÖZ Aytaç TERZİ, Tuğba YAVUZŞEN İlhan ÖZTOP	Dokuz Eylül University Hospital/Dokuz Eylül University
Investigation Of Exercise Health Belief According To Body Mass Index	Assoc. Prof. Dr. Serdar ALEMDAĞ	Trabzon University
Current Situation Analysis And Recommendations For City Branding In Şanlıurfa	Furkan ÖZGÜZEL Melih ÖZTOP	Gaziantep University

27.12.2025 / Hall-7, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: **Assist. Prof. Dr.Suzan ONUR**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Mediating Role Of Sport In The Relationship Between Dark Tetrad Personality Traits And Nomophobia Among Physical Education Teacher Candidates	Nida FIRAT Assoc. Prof. Dr. Metin KUŞ	Hitit University
Psychological Resilience And Mental Health: A Study On Sports Science Faculty Students	Kenan KOÇ Mustafa Soner YÜCE Hayati ARSLAN	Erciyes University İstanbul Sabahattin Zaim University
Examination Of Physical Activity Levels And Healthy Eating Attitudes Of Women Practicing Pilates	Mustafa Soner YÜCE Kenan KOÇ Bayram KARAKUŞ	Erciyes Üniversitesi İstanbul Sabahattin Zaim University
The Relationship Between Health Literacy And Pain Management In Students Of The Faculty Of Health Sciences	Fzt. Aşlınur ATALAY Assist. Prof. Dr. Tuba ZOROĞLU	Karabük University
The Role Of Effective Communication In The Physical Therapy And Rehabilitation Process And Digital Application Design: E-Ftr	Melisa Nur YABAN Betül Kuzubaş Emre KÜÇÜKGÖÇER Mehmet Emre TEK Assist. Prof. Dr.Suzan ONUR	Karabuk University

27.12.2025 / Hall-8, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Lect. Dr. Rana BAYTİN ALACI</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Properties And Nutritional Importance Of Milk Fat Globule Membrane		Assist. Prof. Dr. Yusuf ÇAKIR Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI	Bingöl University/ Atatürk University
Geographically Indicated Foods From Türkiye Registered By The European Commission		Prof. Dr. Songül ÇAKMAKÇI Assist. Prof. Dr. Yusuf ÇAKIR	Bingöl University/ Atatürk University
Turkish Adaptation Of The Food Noise Questionnaire: A Validity And Reliability Study		Res. Assist. Şeyma Nur ERCAN Mehmet KORKMAZ Tuğba YILDIRIM, Aycan KAYALAR, Elif ALTUN Sevda UZUN	Yozgat Bozok University/Çankırı Karatekin University/Gazi University/Kırşehir Ahi Evrar University
The Effect Of Organic Foods On Human/Environmental Health And Sustainability		Kübra ÖZAYDIN AL Assist. Prof. Dr. Murat KAYA	Kayseri University
Evaluation Of The Replacement Of Gelatin With Agar Agar As A Stabilizer In Glaburu- Fortified Soft Confectionery		Assist. Prof. Dr. Murat KAYA	Kayseri University
Phosphorus Nutrition In Lettuce (<i>Lactuca Sativa</i> L.): Current Approaches On Growth Physiology, Stress Tolerance, And Phosphorus Use Efficiency (Pue)		Lect. Dr. Rana BAYTİN ALACI	Van Yüzüncü Yıl University
Effects Of Phosphorus On Vegetable Growth And Physiology		Lect. Dr. Rana BAYTİN ALACI	Van Yüzüncü Yıl University

27.12.2025 / Hall-9, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Lect.Aliye AŞIKKUTLU*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Molecular Docking And DFT Analysis Of Lasmiditan As A Therapeutic Agent For Migraine	Özlem GÜNDOĞDU AYTAÇ Sertan AYTAÇ Lect. Dr. Emel EKİNCİ	Kırşehir Ahi Evran University/Çankırı Karatekin University
The Effect Of Mushroom Usage As A Fat Substitute On Quality Properties Of Chicken Patties	Mine KIRKYOL Prof. Dr.Ahmet AKKÖSE	Artvin Çoruh University/Atatürk University
The Effect Of Using Cauliflower In Chicken Meatballs On Physicochemical, Sensory, And Textural Properties	Mine KIRKYOL Prof. Dr. Ahmet AKKÖSE	Artvin Çoruh University/Atatürk University
Effects Of Different Ionizing Irradiation Techniques On Meat Color	Lect.Aliye AŞIKKUTLU Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN	Selcuk University
The Effect Of Essential Oil Applications In Biopolymer-Based Active Packaging On Meat And Meat Products	Lect.Aliye AŞIKKUTLU Prof. Dr. Cemalettin SARIÇOBAN	Selcuk University
Pelemir (<i>Cephalaria syriaca</i> L.) Bitkisinin Besin İçeriği	Diyanet TEKİN Assoc. Prof. Dr. Fatma HEPSAĞ	Osmaniye Korkut Ata University

27.12.2025 / Hall-10, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Ayhan IŞIK*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Mutezile'nin Tıp Sahasına Yönelik Değerlendirmeleri	Prof. Dr. Veysi ÜNVERDİ	Necmettin Erbakan University
İsrâ Hadisesi'nin Mu'tezilî Yorumu	Prof. Dr. Veysi ÜNVERDİ	Necmettin Erbakan University
To What Extent Is Rawlsian Justice Egalitarian? A Feminist Assessment	Tuba İLHAN DALAR	Kilis 7 Aralık University
Reasons For The Destruction Of Nations	Cumali ÇAKAN	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Tradition, Identity And Politics In Islamic Thought: An Analysis Of The Milli Görüş Movement	Assoc. Prof. Dr. Ayhan IŞIK Emine Betül FAZLIOĞLU	Karabük University
From Idea To Action: The Assassination As A Radical Movement	Assoc. Prof. Dr. Ayhan IŞIK Sevgi AKÇAY	Karabük University
The Concept Of İstinbâṭ Among Qur'anic Commentators And Jurists: A Semantic And Terminological Analysis	Dr. Ahmet AKIL	Bağımsız Araştırmacı/Van Yüzüncü Yıl University

27.12.2025 / Hall-11, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 13⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Deniz TAŞKIN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Effect Of Ocimum Basilicum (L.) Extract On Total Protein Content In Model Organism <i>Galleria Mellonella</i> L. (Lepidoptera: Pyralidae)	Assist. Prof. Dr. Deniz TAŞKIN Resc. Assist. Dr. Serhat KAYA	İstanbul Yeni Yüzyıl University /Çanakkale Onsekiz Mart University
Determination Of Total Phenolic And Flavonoid Amounts In Dianthus Tabrisianus Stem Water Extract	Zafer YAREN, Abdülhalim GÜNEŞ Deniz İRTEM KARTAL, Ayten EROĞLU	Van Yüzüncü Yıl University
Effects Of Salinity And Thermal Processing On The Antioxidant And Antimicrobial Properties Of Cinchona Officinalis Extracts	Beyza BEDİR, Müdahhara KARACA Mustafa ÇİÇEK, Aytaç KOCABAŞ	Necmettin Erbakan University/Karamanoglu Mehmetbey University
Antibiofilm Effect Of Edible And Nonedible Parts Of Tuber Of <i>Arum Italicum</i> Plant	Assist. Prof. Dr.Uğur KARDİL Azer ÖZAD DÜZGÜN Zeynep AKAR	Gümüşhane University
Evaluation Of Sod2 Gene Expression In Thyroid Carcinoma According To Clinical Parameters: Ualcan-Based In Silico Study	Eda TÜRKYILMAZ, Elif Sude TİKEN, Lect. Mirsajjad ESLAMKHAH TAGHIZAD, Leyla HÜSEYNOVA, Assist. Prof. Dr. Lütfiye KARCIOĞLU BATUR	Biruni University
Investigation Of The Phylogenetic Relationships Of <i>Ellobius Lutescens</i> In The Van Population Based On The Mitochondrial D-Loop Gene	Teoman KANKILIÇ İrem Eda DİRİL İlkay CİVELEK Burcu KÖSE Gökhan YÜRÜMEZ	Batman University/Niğde Ömer Halis Demir University

27.12.2025 / Hall-12, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: **Assoc. Prof. Dr. Seyit Ali GÜNGÖR**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Design And Synthesis Of A New 1,2,3-Triazole Derivative As A Potential Anti-Alzheimer Agent: Investigation Of Its ACH And BCH Inhibitory Properties	Dr. Büşra Albayrak MISİR Assist. Prof. Dr. Özge GÜNGÖR	Kahramanmaraş Sutcu Imam University
Synthesis Of New 1,2,3-Triazole Hybrid Compound And Investigation Of A-Glucosidase Inhibition And BSA Binding Properties	Dr. Büşra Albayrak MISİR Assist. Prof. Dr. Özge GÜNGÖR	Kahramanmaraş Sutcu Imam University
Dna Binding And Molecular Docking Studies Of 1,2,3-Triazole Aldehyde-Containing Compounds	Assoc. Prof. Dr. Seyit Ali GÜNGÖR Assist. Prof. Dr. Özge GÜNGÖR	Kahramanmaraş Sutcu Imam University
α -Glucosidase And Molecular Delivery Studies Of 1,2,3-Triazole Aldehyde-Containing Compounds	Assoc. Prof. Dr. Seyit Ali GÜNGÖR Assist. Prof. Dr. Özge GÜNGÖR	Kahramanmaraş Sutcu Imam University
Effects Of Ag-ZnO Nanocomposites Of Usnea Barbata Lichen Species On Ht29 Cell Line Using The Comet Test	Kenan GÖK Prof. Dr. Dilek PANDIR Assoc. Prof. Dr. Zekiye KOCAKAYA	Yozgat Bozok University
Biologically Derived Green Synthesis Approaches And Their Applications	Kenan GÖK Prof. Dr. Dilek PANDIR İlayda Ünal	Yozgat Bozok University

27.12.2025 / Hall-13, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 13 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Arif BABANLI			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Conductance Of Quantum Dots With A Delta Potential Barrier		Prof. Dr. Arif BABANLI	Süleyman Demirel University
Design, Synthesis, And Characterization Of New 1,2- Disubstituted Tetralins		Assist. Prof. Dr. Kadir AKSU Nilsu UZUNLAR	Ordu University/Ondokuz Mayıs University
Search Potential Of High Energy Hadron Colliders To Discover New Heavy Quarks		Prof. Dr. Orhan ÇAKIR	Ankara University
Heat Capacity Of The Kane Oscillator In The Application Of Superstatistics Theory		Prof. Dr. Arif BABANLI Mustafa BALCI Vepa Sabyrov	Suleyman Demirel University/Isparta University/Technical and Transport Communications of Turkmenistan/ TÜRKMENİSTAN
Heat Capacity Of Gaas Cylindrical Quantum DOT In Application Of Superstatistics Theory		Prof. Dr. Arif BABANLI Mustafa BALCI Vepa Sabyrov	Suleyman Demirel University/Isparta University/Technical and Transport Communications of Turkmenistan/ TÜRKMENİSTAN

27.12.2025 / Hall-14, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 14³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Lect. Ebru SOLMAZ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Role And Responsibilities Of Occupational Health Nurses In Preventing Workplace Accidents	Firdevs KUZU	Sivas Cumhuriyet University
A Scoping Review Of Postgraduate Theses On Diabetic Foot In The Field Of Nursing In Turkey	Meryem KAR Cansu POLAT DÜNYA Nurten ÖZEN	Istanbul Bilgi University/Istanbul University
Doxorubicin And 4-Hydroxyperoxycyclophosphamide Alter Mitochondrial Dynamics In Spermatogonia And Spermatocytes	Assist. Prof. Dr. Mustafa ÖZTATLICI, Kemal ÖZBİLGİN Rukiye Betül ÇOLAKSEL Suna KARADENİZ SAYGILI Hülya ÖZTATLICI	Gaziantep Islam Science and Technology University/Manisa Celal Bayar University/Kütahya Health Sciences University
The Effect Of Nonpharmacological Methods Used During Episiotomy On Anxiety: A Meta-Analysis Study	Ph. D. Sümeyye KÖSE Assoc. Prof. Dr. Handan ÖZCAN	Pendik İlçe Sağlık Müdürlüğü/Sağlık Bilimleri Üniversitesi
The Effects Of The Climate Crisis And Increasing Environmental Stress On Reproductive Health And The Roles Of Midwives	Ph. D. Sümeyye KÖSE	Pendik İlçe Sağlık Müdürlüğü
Effectiveness Of Basic Electrocardiography Training For Nurses	Assist. Prof. Dr. Fatma İLTUŞ Yasemin TOKEM Serdar BAYATA	Selçuk University/İzmir Kâtip Çelebi University
Glycemic Control In Enterally-Nutritioned Diabetic Patients	Assist. Prof. Dr. Fatma İLTUŞ Çiğdem BERK ÖZCAN	Selçuk University
Preparation For General Anesthesia: Preoperative Medical Optimization In Oral And Maxillofacial Surgery Patients	Res. Assist.Serra ACAR Seçil ÇOBANOĞLU	Eskişehir Osmangazi University
Virtual Reality–Supported Teaching In Undergraduate Nursing Education: Current Approaches	Assist. Prof. Dr. Ebru ŞAHİN Lect. Ebru SOLMAZ	Ordu University/Ağrı İbrahim Çeçen University

27.12.2025 / Hall-15, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Semra ŞİRİN KIRIŞ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Lessons From Earthquakes In Turkey: An Evaluation From The Perspective Of Structural Behavior, Inspection, And Implementation	Assoc. Prof. Dr. Ali SARIBIYIK Aysu ASLANKILIÇ, Berranur ÇETİN Berranur DÜZCAN, Ebrar ERTÜRK Esra AKARSU, İnanç AKAY Özge AKGÜLLÜ, Şenol ERDOĞAN	Sakarya University of Applied Sciences
Evaluation Of Ag And Rgo-Coated Textile And Polymer Substrates For Biomedical Electrodes	Elif Nur SELÇUK Hatice AKMAN Gökçenur ÇAKMAK Mustafa Reşit USAL	Suleyman Demirel University/Isparta University of Applied Sciences
Comparative Evaluation Of Ground Motion Parameters Based On Structural Response: A Case Study Of The 2023 Pazarcık And Elbistan Earthquakes	Assist. Prof. Dr. Semra ŞİRİN KIRIŞ	Doğuş University
Comparative Trend Analysis Of Carbon Intensity In Turkey And Germany	Assoc. Prof. Dr. Mahsum AYDIN Fatma Fehime AYDIN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Roundabout Optimization With Signalization And Channelization Integration: An Evaluation Of Literature Findings	Timur Ozan ÖZAY Dr. Fatih YONAR	DSI 252nd Branch Directorate/Çanakkale Onsekiz Mart University
Microstructural Changes Of 6000 Series Aluminum Welded By Mig Method Under Different Production Parameters	Lect. TURGAY TEHÇİ SAMET OĞURLU Prof. Dr. Fatih ÇALIŞKAN	Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi/Cumhuriyet Metal Sac Boru Profil

27.12.2025 / Hall-16, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 13⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Esra KEŞER*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Review Of Children Exposed To Peer Bullying And Family Relationships	Merve BARUTCU Merve İBRAHİMOĞLU Ercüment ERSANLI	Ondokuz Mayıs University/Miera Akademi Psikolojik Danışmanlık ve Atölye Merkezi
Examining Peer Bullying In Secondary Education In Terms Of Various Factors	Dilan GÜNEŞ Uğur BAKAY	Gaziantep University
The Effect Of Body Movements With Rhythm Training On Rhythm Perception–Application Skills And Reaction Time In Students Aged 12–13	Mehmet AKA Zinnur GEREK	Gaziantep University
The Relationship Between Phantom Earthquake Sensation And Obsession, And Disease Self-Management In Diabetic Individuals Living In An Earthquake Zone	Assist. Prof. Dr. Esra KEŞER Ulviye ÖZCAN YÜCE Derya ATİK, Cengiz ÖZTÜRK	Osmaniye Korkut Ata University
Machine Learning Approaches For Predicting Endometriosis Ovarian Cyst And Risk Assessment In Using Clinical And Biomarker - II6	Tasdemir Rabia Marina Adriana Mercioni Samfireag Miruna Suciu Oana Petre Izabella Petre Ion	University of Medicine and Pharmacy “Victor Babes” Timisoara/Politehnica University/ROMANIA

27.12.2025 / Hall-17, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Fatma Dilek TURAN			
TOPIC TITLE		AUTHORS	
Aile İçi Şiddete Kültürel Bakış		Assoc. Prof. Dr. Zeliha KAYA ERTEN Evrım BAYRAKTAR	
Kültürel Yapı İnfertil Kadınlarda Cinsellik ve Evlilik Uyumunu Etkiler mi?		Evrım BAYRAKTAR Assoc. Prof. Dr. Zeliha KAYA ERTEN Semih ULUDAĞ	
Toplumsal Cinsiyet Özellikleri Yönünden Göç		Assoc. Prof. Dr. Zeliha KAYA ERTEN Handan ZİNCİR	
One-Year Evaluation Of Linear Accelerator Output Stability: Analysis Of Drift And Seasonal Variation		Lect. Selami EKEN Assoc. Prof. Dr. Yusuf KAVUN	
Theoretical Investigation Of The Radiation Shielding Capacity Of Nio-Doped Photopolymer Resins Developed For The Dlp 3d Printing Process		Assoc. Prof. Dr. Yusuf KAVUN Lect. Selami EKEN	
The Relationship Between Fear Of Surgery And Postoperative Pain And Anger Levels In Patients Hospitalized In A Breast Endocrine Surgery Clinic		Assoc. Prof. Dr. Vesile ESKİCİ İLGİN Canan AKGÜL	
Technological Approaches To Nutrition In Children: A Contemporary Review		Assoc. Prof. Dr. Fatma Dilek TURAN	
Childhood Immunization In The Digital Era: Innovative Strategies And The Role Of Pediatric Nursing		Assoc. Prof. Dr. Fatma Dilek TURAN	

27.12.2025 / Hall-18, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 14⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Arzu KARABAĞ AYDIN</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Differential Diagnosis Process In Psychiatric Symptomatology: Clinical Integration Of Structural, Functional Imaging And Electrophysiological Methods		Assoc. Prof. Dr Gamze SARIKOÇ Beyza KAYA	University of Health Sciences
Investigation Of The Cytotoxic Properties Of The B1-5521 Inhibitor In A Colon Cancer Cell Line		Assist. Prof. Dr. Aydın SEVER Havva AYBEK	Bingöl University
A New Fructose Metabolism Inhibitor B1-9787 In Cancer Treatment		Havva AYBEK Assist. Prof. Dr. Aydın SEVER	Bingöl University
Evaluation Of Methodological Features Of Doctoral Theses In The Field Of Nursing		Maşide HURMANLI Assoc. Prof. Dr. Emine Derya ISTER	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Fatigue In Cancer Patients And Nursing Approaches To Fatigue Management		Assoc. Prof. Dr. Arzu KARABAĞ AYDIN Zehra MERİÇ	Kafkas University
Pain And Nursing Approaches To Pain In Cancer Patients		Assoc. Prof. Dr. Arzu KARABAĞ AYDIN Zehra MERİÇ	Kafkas University
Loneliness, Social Isolation, And Suicide Risk Among Older Adults: A Comprehensive Bibliometric Analysis (1980–2025)		Assist. Prof. Dr. Ece ALAGÖZ	Maltepe University
Adolescent Loneliness And Dietary Risk Behaviors: Exploring Mukbang Viewing As A Psychological Pathway		Eungyeong Kim	Kunsan National University/KOR EA

27.12.2025 / Hall-19, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr. Hamdi DAĞISTANLI</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Detection Of G6pd Canton, Kaiping, And Gaohe Mutations In The Diyarbakır Region		Dr. Kadir Sinan ASLAN Hüseyin Hakan İNCE	Dicle University
Synthesis And Characterization Of Newly Substituted Pyridine Ring-Driven Sns-Type Pincer Ligand And Metal Complexes		Beyza NACAR Hatice Gamze SOĞUKÖMEROĞULLARI Mehmet SÖNMEZ	Gaziantep Üniversitesi
Different Countries Political Perspectives On Compulsory Military Service For Women		Fatma AĞ Prof. Dr. Bülent ALAGÖZ	Gaziantep University
Comparative Investigation Of The Gamma-Ray Attenuation Properties Of Lead-Containing Galena (PBS) And Altaite (PBTE) Minerals		Büşra AVDAN DURAK Assist. Prof. Dr. MEHTAP YALÇINKAYA	Istanbul University
Investigation Of The Mesogenic Properties Of The 6ba/3aba Binary Mixture Complex		Zafer EKER Prof. Dr. Mustafa OKUMUŞ	Batman University
Pytorch Application On Condensed Matter Physics		Buse KARAMAN, Kamile Elvin KAMBUR Selen GÜLMÜŞ Dr. Hamdi DAĞISTANLI	Buca Radikal Anatolian HighSchool
Theoretical Evaluation Of Quinoxaline Derivatives As Potential Electron Donors In Advanced Organic Solar Cells (Oscs)		El Mostafa Benharaf, Ikram Mennas ZIDANE Zohra, Abdellah Zeroual Mohammed El idrissi	Sultan Moulay Slimane University/Chouaib Doukkali University/ MOROCCO

27.12.2025 / Hall-20, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Chukwuemeka G. EME*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Gluten Sensitivity Vs. Celiac Disease: Nutritional And Clinical Perspectives	Dr. Saloni SHARMA Suhani SHARMA	Deemed to be University/INDIA
Mental Health Disorders Associated With Celiac Disease: Clinical Evidence And Pathophysiological Links	Dr. Saloni Sharma Suhani Sharma	Deemed to be University/INDIA
Study Of Laminated Composites Kevlar/ Epoxy Accrding A Various Criteria Of Failure	Adel DELIOU, Takieddine Boukelia Samir DJIMLI, Mohamed Kemiha Abdelkader FIDJAH, Khmissi BELKAID, Meriem DEHBI	University of UMSB of Jijel/ALGERIA
Multinational Corporations And Their Effects On Nigeria's Economic Growth And Development	Dr. Chukwuemeka G. EME	University of Nigeria
Issues And Challenges Of Coronavirus Outbreak In Nigweia	Dr. Chukwuemeka G. EME Dr. Elikwu MICHAEL	University of Nigeria/Veritas University
Dynamic Capabilities And Firm Performance Of Selected Food And Beverages Companies In South-West Nigeria	Dr. Chukwuemeka G. EME Prof. NNABUIFE, E. K. N.	University of Nigeria/Nnamdi Azikiwe University
Wrongful Termination Of Contracts Of Employment In Nigeria – A Case For Reinstatement Of Private Employees	Dr. Chukwuemeka G. EME	University of Nigeria
A Critical Examination Of The Right To Strike In Nigeria: A Review Of Some Selected Jurisdictions	Dr. Chukwuemeka G. EME	University of Nigeria

27.12.2025 / Hall-21, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: Elizabeta POPOVA RAMOVA			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Molecular Docking, Exploring Diverse Selectivities And Mechanistic Insights In The Cycloaddition Reaction Between 3-Benzoylpyrrolo- [1,2-A] Quinoxaline-1,2,4(5H)-Triones And Butyl Vinyl Ether		Soukaina AMEUR Assiya ATIF Abdellah ZEROUAL Noureddine MAZOIR	Chouaïb Doukkali University
Enhanced Photocatalytic Degradation Of Ibuprofen Using An Amorphous Zn–Fe Bimetallic Mof		Lynda FERECHE Nadra DEBBACHE	Frères Mentouri Constantine 1 University/ALGERIA
Marine Fish Leeches In Tunisia: New Host Data For Trachelobdella Lubrica And Pontobdella Muricata		Ben Ahmed RAJA Gammoudi MEHREZ	University of Tunis El Manar/TUNISIA
Numerical Simulation Of Thermal Behaviour Of Wallboards Containing A Phase Change Material (Pcm) For The Light Envelope Of Buildings		Selka GHOUTI	Université Abou bakr belkaid/ALGERIA
Complementary And Alternative Medicine Use Among Children To Increase Mental Health		Elizabeta POPOVA RAMOVA Vladimir APOSTOLOV	MIT University/MACEDONIA
Pulmonary Thromboembolism After Surgical Treatment Of Knee Related Fracture. (Case Report)		Poposka BILJANA, Ramov LEONID, Spasovska MARIJA Pejkovska SAVA	University Clinic fo pulmonology and allergology/MACEDONIA
Granulomatosis With Polyangiitis (Wegener's Granulomatosis), Diagnosis And Initial Treatment(Case Report)		Ramov LEONID Zdraveska MARIJA Dimitrievska DESKA	University Clinic fo pulmonology and allergology/MACEDONIA
The Impact Of Technological Innovation On Energy Security In South Asia		Haleema Azam KHAN Dr. Dilawar KHAN	Kohat University of Science and Technology /PAKISTAN

27.12.2025 / Hall-22, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. El Mahdi BOUABDALLI</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Impact Of Employee Motivation On The Performance Of Manufacturing Firms In Lagos State, Nigeria		Dr. Chukwuemeka G, EME	National Open University of Nigeria
An Appraisal Of Succession Planning In Family-Owned Businesses In Nigeria: Empirical Evidence From Selected Smes In Lagos State, Nigeria		Dr. Chukwuemeka G, EME	National Open University of Nigeria
Smart Analytics–Enhanced Educational Management And Its Impact On Learning Outcomes Quality In Syrian Universities		Dr. Khalel -Al Hamo AL HAMDAN Dr. Salwa Al-Muhammad AL-HUSSEIN	Al-Furat University/SYRIA
Synthesis And Theoretical Design Of 6,6'-(1,3,4-Oxadiazole-2,5-Diyl)Bis (3-Chloroaniline)		Assiya Atif Soukaina Ameer Houssine Ait Sir	Chouaib Doukkali University/MOROCCO
Tailoring The Structural, Physicochemical, Optical, Thermal, And Photoluminescent Properties Of Europium Doped Strontium Phosphate Glasses Synthesized Via Melt-Quenching For Photonic And Photovoltaic Applications		Prof. Dr. El Mahdi BOUABDALLI Mohamed El JOUAD, Samira TOUHTOUH, Ilyass El KADMIRI Nathalie GAUMER, Mostapha SINITI, Abdelwahed HAJJAJI	Mohamed Ben Abdellah University/ Chouaib Doukkali University/ University Mohamed First Oujda/MOROCCO
Syzygium Aromaticum (L.) : A Spice Of Pharmacological Interest For The Central Plateau Of Morocco – Synthesis Of Biological Activities And Prospects For Valorization		JAAYEFAR Fatima-ezzahra DAHMANI Jamila	Laboratoire des Productions végétales, animales et agro-industrie
Quantum Efficiency In Gan/Ingan Solar Cells Under External Perturbation		Rajab YAHYAZADEH Zahra HASHEMPOUR	Islamic Azad University/IRAN
The Role Of Physics In A Civil Engineering University In Preparing Students To Solve Environmental Problems		Prof. Dr. Usarov U.T. Assoc. Prof. Dr. Nodirov G. Yu Nishonov U.	Samarkand State University/UZBEKISTAN

27.12.2025 / Hall-23, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: **Dr. Tahir QURESHI**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Breast Cancer Detection In Digital Mammography Using A Cross-View Vision Transformer With Hierarchical Attention	Al Mahmud SURUJ Qiu XIAOPING Shimul Mahmud KHATAMI	Southwest Jiaotong University/ Harbin Institute of Technology/ University of Frontier Technology/CHINA/BANGLADESH
Structure Activity Relationship Analysis Of Betulinic Acid And Avenasterol As Bioactive Natural Products	H. A. Kwazo, U. Z. Faruq L. G. Hassan, M. E. Sadiq M.Saliu	Usmanu Danfodiyo University/NIGERIA
A Double-Blind Randomized Comparative Interventional Study On The Impact Of Regional Analgesia On Acute Postoperative Pain And Chronic Postsurgical Pain In Breast Cancer Surgery	Khadija El HIMER	Ibn Tofail University/ Morocco
Adaptive Clinical Trial Designs: Improving Efficiency And Patient Outcomes	Dr. Saloni SHARMA Suhani SHARMA	Deemed to be University/INDIA
Water And Hydraulic Structures Engineering In Georgia: Managing Resources For The Future	Ketevan GORDEZIANI Lasha KAVELASHVILI	Georgian Technical University/GEORGIA
AI Unbound: Challenges And Opportunities For International Legal Frameworks	Dr. Tahir QURESHI Dr. Dhananjay Kumar MISHRA Dr. Aakriti SHUKLA	(Deemed University/INDIA
Spatiotemporal Prediction Of Air Pollutants In Pakistan Using Machine Learning	Dr. Muhammad IMRAN Engr. Haseeb HASSAN	University Of Sargodha/PAKISTAN
A Comparative Study Of Job Satisfaction In Public And Private Sector Banks With Special Reference To Sbi And Hdfc Bank	Gopa Kumar R.D., Irfan K.Y Joel Jose ANTONY Ms. Soumya VARGHESE	Bharata Mata College Autonomous Thrikkahra/Mahatma Gandhi University/INDIA

27.12.2025 / Hall-24, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Jayasree KRISHNAN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Psychology Of Digital Spending: How E-Wallets Shape Impulsive Buying Among Young Consumers	Dr. Jayasree KRISHNAN	Vels Institute of Science Technology and Advanced Studies (VISTAS)
A Review Of Policy Initiatives For Rural Development In India Since Independence	Karuna Shanker KANAUIYA Rajat SAINI	University of Lucknow
Domesticating A New Ecotype Of <i>Sauveolens</i> Mint Growing At In Regions With Extreme Climatic Conditions To Confirm The Causes Of Differentiation	Amal ERRADY, Mohamed MERZOUKI, Mohamed BOUHRIM El hassania EL, HAMZAOUI Hassane ABD-DADA	Sultan Moulay Slimane University/MOROCCO
Informality In The Albanian Coastal Tourism Sector: An Analysis Of Partial Client Declarations, The Bed Tax, And Beach Parcel Payments	Brunilda LICAJ	University A. Moisiu /ALBANIA
Uamd's Role In Tourism Workforce Development And Institutional Marketing	Brunilda LICAJ, Marsida ABDYL Prof. As. Dr. Mirela TASE	University A. Moisiu
Climate Challenges And Adaptive Technologies In Ukrainian Sunflower Seed Production	Serhii YEROMENKO Sergiy LAVRENKO	Kherson State Agrarian and Economic University /UKRAINE
Crystal Violet Dye Degradation Using Monoculture And Blended Culture Bacteria Isolated From Poultry Faeces	Faisal AHMED, Johirul ISLAM Tasmia Jahin MIM, Iftakhar AHMAD	Noakhali Science and Technology University/BRAC University
An In Silico Pharmacological And Molecular Docking Approach For The Development Of Potential Inhibitors Against Ctx-M-9 Class A Beta-Lactamase From <i>Escherichia Coli</i>	Johirul ISLAM, Faisal AHMED Tasmia Jahin MIM, Iftakhar AHMAD	Noakhali Science and Technology University/BRAC University

27.12.2025 / Hall-1, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Ho Son DAI*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Problem Of Microplastics In Environmental Medicine	Mariami MANAGADZE	Tbilisi State Medical University
Numerical Simulation Of The Proton Exchange Membrane Electrolyzer Performance	Ibrahim NACHIT	Laboratory of Renewable Energy and Dynamic of Systems
Health Informatics And Electronic Health Records	SNEHA Ajesh CHAUHAN	Hindu College of Pharmacy
Two Different Mechanisms Involved In The Bacteriorhodopsin-Atp Synthase Biosystem In Halobacterium Salinarum Cells	Gabi DROCHIOIU	1 Alexandru Ioan Cuza University of Iasi/ROMANIA
Effects Of Crushed Periwinkle Shells On The Compressive Strength Of Hollow Sandcrete Blocks	OMISANDE Lawrence A. IMASUEN Victoria	The Federal Polytechnic Ilaro/NIGERIA
Narrative Architecture In Immersive Games: Ai-Powered Story Worlds And Dynamic Player Experiences	Radhika H.	Presidency University/INDIA
The Internationalist Obligations Of The Ho Chi Minh City Military Specialist Group In Phnom Penh From 1979 To 1988	Assoc. Prof. Dr. Ho Son DAI Dr. Duong To Quoc THAI	Ho Chi Minh City University of Education/Dong Thap University, VIETNAM
Methodology For The Formation Of Speech Competence Of Primary School Students Based On An Integrative Approach	Lobar Mukhtarova Dilshoda Chorshanbiyevna Mamatraimova	Termez State Pedagogical Institute

27.12.2025 / Hall-2, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Mouassa BOCHRA*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Analysis Of Policies And Responses To The Plastic Waste Crisis In Indonesia	Nurul Amir SYAKILA Nur Suqya RAHMA	Muhammadiyah University of Makassar
Effectiveness Of Implementation Of Social Inclusion Program For Persons With Physical Disabilities At The Social Rehability Center For Persons With Physical Disabilities (Brspdf) In Makassar City Indonesia	Nurul Amira SYAKILA Abdul MAHSYAR Ihyani MALIK Nur Suqya RAHMA	Muhammadiyah University of Makassar
Analyzing Levi Strauss & Co.'s Cash Flow, Capital Structure, and Shareholder Returns in 2024	Nindya Reska PUTRI Raya Shakila HANNA	Universitas Lampung/INDONESIA
Histological Assessment Of Gonadal Maturation In The Gilthead Sea Bream (Sparus Aurata) From Algerian Waters	Mouassa BOCHRA	University Chadli benjdid/ Algeria
Histological And Morphological Assessment Of Gonadal Maturation In The Gilthead Sea Bream (Sparus Aurata) From Algerian Waters	Mouassa BOCHRA	University Chadli benjdid/ Algeria
Histological Characterization Of Gonadal Development In Penaeus Kerathurus: Implications For Aquaculture In Algeria	Mouassa BOCHRA	University Chadli benjdid/ Algeria
Evaluation Of Mechanical Properties Of Pozzolanic Treated Base Pavement Layer	Shubhangi AGARWAL Avinash OJHA Lokesh GUPTA	Sir Padampat Singhanian University/India
Accelerating Biotherapeutics: The AI Pipeline For Antibody Design And Clinical Translation	Maria Fareed SIDDIQUI Ans Amjad, Irfa JAVAID Saman ZAHRA, Umar RAEES	-----

27.12.2025 / Hall-3, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
MHD Heat and Mass Transfer Analysis of a Reactive Casson Nanofluid with Bioconvection on a Stretching Disk	E. O. FATUNMBI S. A. ODUNLAMI	Federal Polytechnic/nigeria
First-Principles and SCAPS-1D Simulation Analysis of a Potential Halide Double Perovskite Absorber for Photovoltaic Devices	Chokri El KHADER, Mossab OUBLAL, Mustapha MARDY, Fadoua El AISAOUI, Ihsane BENSASSI, Mustapha BGHOUR, Abdeslam El FANAOU, Mounir LOTFI	Hassan I University/Ibn Zohr University
Investigation On The Properties And Potential Application Of Foam Concrete Using Different Mix Proportion	Lawal N.A. Odetunde M.W.	Federal Polytechnic/nigeria
Cybersecurity Partnerships and the Evolution of Cyber Diplomacy: Strategic Pathways for National and International Resilience	Dinu ALEXANDRA Teodorov ALEXANDRU	The Bucharest University/ROMANIA
The Significance And Types Of Correct Grazing For The Purpose Of Preserving Pastures	Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ	Scientific Institute for Veterinary Medicine of Serbia/SERBIA
IMPORTANCE OF FOREST PASTURES IN THE DIET OF DOMESTIC ANIMALS	Prof. Dr. Ivan PAVLOVIĆ	Scientific Institute for Veterinary Medicine of Serbia/SERBIA
Personalized Experiences And Recommendation Algorithms: Their Influence On Customer Satisfaction In E-Business	Prof. Ass. Dr. Kushtrim GASHI Muhammed SHABANI	University "Ukshin Hoti" Prizren/KOSOVA
The Impact Of Information Systems On Decision-Making In Small And Medium Enterprises In Developing Countries	Prof. Ass. Dr. Kushtrim GASHI Arena DURAJ	University "Ukshin Hoti" Prizren/KOSOVA
Enhancing Students' Speaking Confidence In The English Classroom	Natalia BOLGARI Ina ANDONI	University Lecturer, Academy of Economic Studies of Moldova

27.12.2025 / Hall-4, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Zeineb DAMMAK*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Working Through Illness : The Hidden Crisis Of Presenteeism Among Nurses In Southern Tunisia	Fedi Ben DHAOU, Zeineb DAMMAK Ferial DHOUIB, Maroua TRIGUI Mondher KASSIS, Kaouthar JMAL HAMMAMI, Ali LAAMOURI Yosra MEJDOUB	Habib Bourguiba University Hospital/Hedi Chaker University Hospital/TUNISIA
The Body Under Strain - Mapping Musculoskeletal Disorders Across The Nursing Workforce	Fedi Ben DHAOU, Zeineb DAMMAK Ferial DHOUIB, Maroua TRIGUI Mondher KASSIS, Kaouthar JMAL HAMMAMI, Ali LAAMOURI Yosra MEJDOUB	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/Hedi Chaker University Hospital/TUNISIA
High Demands, Low Control - Occupational Stress And The Karasek Model In Hospital Nursing	Fedi Ben DHAOU, Zeineb DAMMAK Ferial DHOUIB, Maroua TRIGUI Mondher KASSIS, Kaouthar JMAL HAMMAMI, Ali LAAMOURI Yosra MEJDOUB	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/Hedi Chaker University Hospital/TUNISIA
Profiling Surgical Candidates In A North African Teaching Hospital	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ TUNISIA
Beyond Fear - Unraveling The Web Of Preoperative Anxiety Through Patient Eyes	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ TUNISIA
The Informed Patient Paradox - Unmet Information Needs In The Preoperative Setting	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ TUNISIA
Beneath The Surface - Dissecting Emotional States Through State-Trait Anxiety Inventory	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ TUNISIA

27.12.2025 / Hall-5, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Fedi Ben DHAOU*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Anxiety Through Multiple Mirrors - Comparing Preoperative Assessment Instruments	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
From Awareness To Action - Prostate Cancer Screening Practices And Barriers In Tunisia	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Waiting Game - Temporal Patterns In Surgical Care Pathways And Patient Flow	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
What Healthcare Workers Don't Know Can Hurt - Influenza Vaccination Knowledge Deficits Among Nursing Staff	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Knowledge Gap - Understanding Prostate Cancer Screening Awareness And Its Social Determinants	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Digital Battlefield: Understanding Cyberbullying's Grip On Tunisian Youth	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Practice Gap - Influenza Vaccination Behaviors And Preventive Measures Among Healthcare Professionals	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA

27.12.2025 / Hall-6, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. S. SELVAM*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Beyond The Schoolyard: Unveiling The Hidden Epidemic Of Bullying Among Tunisian Adolescents	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
Epidemiological Profile and Lifestyle Habits of High School Students in Sidi Bouzid	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Satisfaction Paradox: What Makes Tunisian Teenagers Thrive or Merely Survive?	Fedi Ben DHAOU, Amal AYEDI Maroua TRIGUI, Fares MEZGHANI Mohamed Seddik REGAIEG, Mariam KHROUF, Ahlem KANNOU, Sana BACCOUCHE, Samer BAGHDADI Mondher KASSIS, Bassem ABID	University of Sfax/ Habib Bourguiba University Hospital/ Higher Institute of Nursing Sciences, Sfax, Tunisia/ TUNISIA
The Impact Of Play And Play Materials On Cognitive Development In Numeracy Among Pre-Primary School Children In Kaura, Kaduna State, Nigeria	TANKO, LINUS EMMMANUEL D. SAMBE EPHRAIM K. YUNANA	Kaduna State College of Education
Influence of Multi-Port Gas Distribution Configuration on DBD Ozone Generator Performance: Comparative Analysis of Single, Dual, and Quad Inlet-Outlet Systems for Enhanced Energy Efficiency	GHAITAOUI Essama Ahmed NASSOUR Kamel NEMMICH Said GHAITAOUI Touhami OULAD NAOUI Brahim El Khalil	Djillali Liabes University/ University Ahmed Draia
Optimization Of A Hybrid System (PV-Fuel Cell) Of EnergyProduction For An Isolated Site	T. GHAITAOUI, I. ARBAOUI A. E. GHAITAOUI, S. LARIBI Ali Abderrazak TADJEDDINE Dahbi HASSANE, Youcef HALALI	Université d'Adrar, d'Adrar, / University of Nour Bachir El-Bayadh/ University Ahmed Draia of Adrar/ALGERIA
Ethnobotanical Diversity of Medicinal Plants in Rural Communities of Rissani, Morocco	Maria EL ANSARI, Mariame NAJEM Khalid BOURAADA, Jamal IBIJBIEJEN Laila NASSIRI	Sidi Mohamed Ben Abdellah University

27.12.2025 / Hall-7, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: ***Md. Rasel UDDIN***

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
A Comparative Study of Astronomy and Astrology: Scientific Foundations and Conceptual Differences	M.DHINESH KUMAR, Dr. S. SELVAM	Nadar College Nagamalai
Neuro-Adaptive Federated Meta-Learning for Human-AI Collaboration in Distributed Systems	N. SANTHOSH, B. Madhan KUMAR Dr. S. SELVAM	
The Importance Of Pulse Oximetry In The Diagnosis And Monitoring Of Human Pathologies	ISMAILI Mohamed, RATTAL Mourad, LYAZIDI AISSAM	Biophysic and health Hassan 1st University
Femvertising As A Strategic Marketing Tool: A Conceptual Framework	Tamanna RATHEE, Dr. Mamta RANGA, Mamta RANI	MD University/Rohtak
Impact Assessment On Agricultural Crop And Land For Removal Of Top Rich Soil In Brick Manufacturing At Boali Union In Gazipur, Bangladesh	Md Rasel UDDIN Nur NAHAR	Dhaka University of Engineering and Technology/ Tejgoan Women College /BANGLADESH
Patent Laws And Exclusivity In Pharmaceuticals	R. KISHORE, K. VAISHNAVI S. MEENATCHI, V. KEERTHANA	Bharath institute of higher Education and research
AI In Gaming: Creating Immersive Experiences	R. KAMALAM, M. DEVIBALA, Dr S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
The Limitations Of AI In Understanding Human Emotional Experience	K. Naveen RAJAN Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College

27.12.2025 / Hall-8, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Pr. AMZILE Rajaa*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
AI-Based Chatbots And Virtualassistants	P. Kavi SRI S. DHARANI Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
AI Representation In Anime Vs Real-World AI Development	A. JAYASREE K. Yogapriya SIVASANKARI Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
Future Of Animation: AI In 2D Anime Vs 3D CGI- A Viewer Experience Comparison	P. Sankara NARAYANAN K. Santhosh RAJA Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
A Smart Automated System For Fake News Detection Using Machine Learning	P. VEERALAKSHMI Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
The Intersection Of Logistics, Machine Learning, And Digital Public Strategy: A Case Study Of Morocco In The Context Of “Digital Morocco 2030	Pr. AMZILE Rajaa	Mohammed V University
Synthesis, Characterization And Computational Investigation Of 5-Chloro-2-(5-(2-Methyl-1H-Benzimidazol-5-Yl)-1,3,4-Oxadiazol-2-Yl)Aniline	Assiya ATIF Soukaina AMEUR Houssine AIT SIR	Chouaib Doukkali University/MOROCCO
Synthesis And Characterization Of 2,5-Bis(2-(Trifluoromethyl)-1H-Benzimidazol-5-Yl)-1,3,4-Oxadiazole	Assiya ATIF Houssine AIT SIR	Chouaib Doukkali University/MOROCCO
From Displacement to Cultivation: Historical Trajectories of Agrarian Adaptation among Rohingya Refugees in Cox’s Bazar (1978–2025)	Mst. Shamima ISLAM Abir HASAN	Khulna University

27.12.2025 / Hall-9, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Omar BENSATTE*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Nanotechnology in Drug Delivery	N. Arshad AHAMED D. ARAVINDHAN K. Dinesh RAJAN S. Rubin THARA	Bharath institute of higher educational research
Strengthening Public-Private Partnerships for Disease Control in Nigeria: A Review of NCDCs Collaborations with Private Sector Stakeholders	Unamu Emmanuel U., Adekola S.A, Musah Khadijat TOYIN, Bakare Mustapha UMAR, Sodiq Adetunji ADEKOLA	University of Abuja
Long-Term Seawater Immersion Effects on the Microstructural Stability of 304L and 316L Stainless Steels	Omar BENSATTE	Université Moulay Ismail /Morocco
Combined Experimental and Theoretical Analysis of the Physicochemical Attributes of a New Strontium Polyphosphate, α -Sr(PO ₃) ₂	El. MAJDI, S. ZERRAF Said BELAAOUAD	Hassan II University
The Vulnerability Of The Bioelectrical Activity Of The Heart In Older Patients To The Impact Of Covid-19	Gadimova Z. M.	Ministry of Science and Education Republic of Azerbaijan, Baku, Azerbaijan
Enhancing Lung Cancer Classification Through Advanced Data Balancing Techniques	Rajae Bouzidi IDRISSI Nabila ZRIRA	Mohammed V University
Screening Of Chili (Capsicum Annuum L.) Genotypes For Salt Tolerance Based On Morpho-Physiological Traits	Md. Daraj Uddin PRODHAN	-----
Prevalence Of Irritable Bowel Syndrome (IBS) Symptoms Among Medical And Non-Medical Students	Amr R. HAIDAR, Salem Khaled ABDULRAHMAN, Abdullah Saleh ALI, Walid Abdulmalik BAJASH Amr FARHAN, Abduladeem G.M. Al-SELWI	Ain Shams University/ University Mohammed V/ Hassan First University/EGYPT/ MOROCCO

27.12.2025 / Hall-10, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Sabeeha Hamza DEHHAM*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Valorisation Of Bio-Eggshell Waste For The Synthesis Of Eco-Friendly Caco ₃ @Zn-Al Mmo Core-Shell Nanoflowers As An Efficient Photocatalyst For Enhanced Rhb Degradation Under Visible Light Irradiation	TAJAT Naoual, EL MOUHRI Wail, El HAYAOUI Widad, NADIF Iliass, BAKAS Idriss, TAMIMI Malika, ASSABBANE Ali, QOURZAL Samir	Ibn Zohr University
Thermal Analysis Of Marangoni-Driven Maxwell Nanofluid Flow Over A Porous Rotating Disk	E. O. FATUNMBI, S. A. ODUNLAMI	Federal Polytechnic, Ilaro, Nigeria.
The Effect Of Cultivation Strategy Of Critical Thinking In Developing Writing Skills Of College Students	Prof. Dr. Sabeeha Hamza DEHHAM Assist. Lect. Murtdha Ayad MOHAMMED	University of Babylon/IRAQ
Synergistic Effects Of Carbon Sequestration On Environmental Sustainability And Disease Management	Mahmud Sindid IKRAM Sumiya Akter MONI	Bangladesh Agricultural University
Lumo - An Integrated Iot-AI Safety Assistance System For Real-Time Emergency Response	Md Mehedi Hasan NAEEM Mst Kamrunnahar RUMA Nafiza ANJUM, Shakila SULTANA	Jatiya Kabi Kazi Nazrul Islam University
Antiproliferative Effect Of The Crude Venom Of Moroccan Cobra Naja Haje On Brain Cancer Cell Lines	Salma CHAKIR, Reda CHAHIR, Nihal MESMOUDI, Paola INFANTE, Ludovica Lospinosa SEVERINI, Hinde AASSILA, Abdellah MOUSTAGHFIR, Lucia DIMARCOTULLIO, Naoual OUKKACHE	Sapienza University/ Mohammed V University/ITALY/ MOROCCO
Optimized Microwave Extraction Of Olive Seed (Olea Europaea L.): A Comprehensive Study Of Chemical Composition And Biological Activities	Iouknane-Debbou NEDJIMA Meriem ADOUANE Fatiha BRAHMI	Research Center in Agro-food Technologies (CRTAA)/ 2Laboratoire de Gestion et Valorisation des Ressources Naturelles et Assurance Qualité (LGVRNAQ)
Entrepreneurship Education Models For Empowering The Africa Girl-Child	Ndubuisi-Okolo Purity UZOAMAKA Grace Nwanonyigwe AKAEGBOBI Nwafor Euchaira EBELE	Nnamdi Azikiwe University/NIGERIA

27.12.2025 / Hall-11, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Tasbiul ISLAM*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Management Of Root-Knot Nematode (Meloidogyne Spp.) Of Brinjal By Organic Amendments	Tasbiul ISLAM Jakaria HOSSAIN Most. Olia Parvin HAPPY	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University
Identification And Antibioqram Assay Of Streptococcus Spp. Isolated From Cattle Farm Environment	Md. Najmus SAKIB, Annapurnna RAY, Faisal AHMED, Md. Sabbir HOSSAIN, Most. Surya SHARMIN, K. M. Mozaffor HOSSAIN	University of Rajshahi
Assessing Potential Variables Of Stress Management Among Working Adults Of Higher Institutions In Ondo State	Omolola Justinah AWOSIKA	Wesley University
Dietary Diversity And Biofortified Crops Among Youth And Women Farming Households In Gwagwalada	Okwor Mary IJEOMA Sodiq Adetunji ADEKOLA	University of Abuja
A Qualitative Study On The Social Dynamics Between Pharmacy Shopkeepers And Slum Communities In Sylhet, Bangladesh	Md Syful ISLA Faria Binte ARIF	Shahjalal University of Science and Technology
Green Infrastructure for Climate-Resilient Urban Growth in Bangladesh: A Conceptual Framework for Policy and Practice	Md. Safiuz ZAMAN Most. AYESHA	Khulna Agricultural University
Translation of Childrens Literature in the AI Era: Preserving Wonder in an Algorithmic Age	Narjes Asgari VARTOONI Fateme Aghakhani CHEGENI Mahmoud AFROUZ	University of Isfahan
An Accelerated Fourth-Order Fitted Numerical Approach For Singularly Perturbed Reaction-Diffusion Problems Of Small Time Lag	Amare Worku DEMSIE Awoke Andargie TIRUNEH Endalew Getnet TSEGA	Bahir Dar University/ Woldia University

27.12.2025 / Hall-12, Session-10

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Olorunlogbon Sunday Olorunnipa*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Leveraging Youth Led Digital Innovation For Sustainable Community Development In Rural Areas: A Case Study Approach	Olorunlogbon Sunday OLORUNNIPA	Quintessential College
Deep Learning Models For Financial Forecasting: Advancements, Challenges, And Practical Implications	BOUNEFLA Alia ZAID Haizia	National School of Statistics and Applied Economics
The Role Of As Sunnah Foundation In Combating Poverty And Unemployment In Bangladesh : A Review From The Perspective Of Social Justice	Dr. Muhammad Nasir UDDIN Muhammad Nezam UDDIN	Bangladesh Islami University/ Bursa Uludag University
Good Manufacturing Practice	S. Shakthi SREE, D. ARAVINDHAN, S. SWAPANA, Dr. Lavanya BABU	Bharath Institute of Higher Education and Research ,
Transformative Learning in Higher Education: Unpacking the Role of AI Tutors as Collaborative Pedagogical Partners	Dr. Almas SHOAIB, Dr. Raja Noshad JAMIL, Umair KHAN, Dr. Aisha SAMI Dr. Aqila RAFIQUE	Center of Educational Innovation, UMT
The Life Cycle Assessment of Single-use Plastic Bags: Evaluating Pyrolysis Oil as a Recycling Option of the Circular Economy	Md Abul HUSSAIN Mirza A.T.M. Tanvir RAHMAN Muhammad Tawhidul ISLAM Abdul KADER, Ibne KAMAL M. A. TAHER	Jahangirnagar University
The Modern Translator's Toolkit: The Importance of Matecat, Lokalise, Trados Studio, and Phrase	Narjes Asgari VARTOONI Mahmoud AFROUZ	University of Isfahan
Neurodermatology and Bannayan Riley Ruvalcaba Syndrome: Integrating Dermatological Indicators, Neurological Risks, and Emerging Precision Therapies	Fazna Fara ABDULLA	DTMU, Tbilisi, GEORGIA
Skin Biosensors and Wearable Endocrine Monitoring: A New Frontier in Dermatologic–Endocrine Diagnostics	Fazna Fara ABDULLA Iuri MIGRIAULI	DTMU, Tbilisi, GEORGIA

27.12.2025 / Hall-13, Session-10

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Moshfiq Momtasir NELOY*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Sustainable Soil Management: How Omfs Improve Microbial Activity And Carbon Sequestration	Zakaria ASBAI Morad KADDOURI Nadia BOUTALEB	Hassan II University/Sultan Moulay Slimane University
Correlation And Heritability Of Morphology And Yield Characteristics In NERICA Rice Genotypes	Fase O.B Oyekale, J. I	Federal Polytechnic, Ilaro, Ogun State/ Nigeria.
Assessment Of Proximate Composition, Fatty Acid Profile, Lipid Quality And Freshness Of Farmed Black Tiger Shrimp (Penaeus Monodon),Bangladesh	Moshfiq Momtasir NELOY Tasmia Islam KANTA Md. Abul MANSUR	Bangladesh Agricultural University
Neurobiological Mechanisms Through Which Physical Exercise May Slow The Pathophysiology Of Alzheimer's Disease: A Mini-Review	Jihane HILALI, Rochdi DAIBI Anas ANAYOUB, Mariam BEN SAGUA, Lamia ZEROUAL, Amina El IMAM, Amine ARFAOUI, Bouchra TAIB	Ibn Tofail University/Mohammed VI University/Moulay Ismail University
Wastewater Treatment using Algae for Biofuel Production	Bate Garba BARDE Adamu ABDULLAHI	Federal University
Adsorptive Removal of Methylene Blue onto Activated Carbon Prepared from Bamboo: A Study of Kinetics and Isotherms	EL HANDAOUI EL MEHDI SALIM AHMED ABDERRAHIM JRIFI OMAR FANIDI	Hassan II university
Comparative Study Of The Phytochemical Composition Of Fumaria Parviflora From Three Regions Of Morocco	Salma MAKDOUF Karima El BOUQDAOUI Abdelhakim El MAKSSOUDI Mounia CHERKI	Hassan II University
Hardness, Fracture Toughness And Debye Temperature Of Yttrium Monopnictides Yx (X = N, P, As, And Sb) From Elastic Constants	Salah DAOUD Nadhira BIOUD Abdelfateh BENMAKHLOUF	University Mohamed El Bachir El Ibrahimi of Bordj Bou Arreridj
Women's Rights Education in Traditional Societies	Noorjan MOSSAWI	Ahlul bayt international university /IRAN
Enhancing Women's Capacity to Respond to Security Threats	Noorjan MOSSAWI	Ahlul bayt international university /IRAN

27.12.2025 / Hall-14, Session-10

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Altiné Toga Hannatou</i>			
TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION	
Refinement of High-Quality Shidol Production in Bangladesh	Md MONIRUZZAMAN David Rintu DAS Md Saiful ISLAM Md Shariful ISLAM Md Harunor RASHID Anuradha BHADRA	Bangladesh Fisheries Research Institute, Freshwater Station, BANGLADESH	
Human Trafficking Scenario in Bangladesh: A Comprehensive Study on Child and Women Trafficking	OHAIJULLAH	University of Rajshahi	
Design Of Basin Irrigation System For Pepper In Gonar Ganye, Tudun Wada, Zaria	Sani Yakubu KHALIFA Usman Idris ABUBAKAR Nura Idris ABDULLAHI Aliyu Adamu DANDAJE Muhammad Mujahid MUHAMMAD	Ahmadu Bello University	
Advancements In Wind Energy Control Systems, Offshore Technologies, And Reliability Improvements	Mariam Aden Abdi ERCAN AYKUT	Gelism Istanbul University	
Electromagnetic Compatibility	Z. KARI, SHALL, Y. D. DARY J. J. ROUSSEAU	Djilali Liabes University/Jean Monnet, University/FRANCE ALGERIA	
Effects of Praise Songs on Doguwa	Altiné Toga HANNATOU	Abdou Moumouni University of Niamey	
Adherence To The Mediterranean Diet And Metabolic Parameters In Patients Undergoing Renal Replacement Therapy In Morocco	Moustakim RACHIDA, Friki FIRDAOUS, Barakat IMANE EL Hendaoui HAJAR, Liba HABIBA Mziwira MOHAMED, Belahsen REKIA	Chouaib Doukkali University/Hassan II University	
Bridging Evidence And Practice: Knowledge And Clinical Use Of Non-Speech Oral Motor Exercises Among Speech And Language Therapists In Bangladesh	Kazi Sadia AFRIN	University of Dhaka	
Singular Nonlinearities In Non-Local Elliptic Equations	Y. EL GHALI, J. IGBIDA N. ELHARRAR, A. KADDAR	Chouaib Doukkali University	

27.12.2025 / Hall-15, Session-10

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Safir Ullah KHAN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Effect Of Zinc Oxide Nanoparticles On Mechanical, Magnetic And Dielectric Properties Of Nanocomposites	Safir Ullah KHAN	University of the Punjab Lahore
Perceptions Of Pension Managers And Beneficiaries On The Nature Of Pension Fund Investments In Nigeria	Agbeyangi Babatunde ADISA Ogunnusi, Oluwatobi NURUDEEN Salawu Rafiu OYESOLA	Federal Polytechnic/NIGEIRA
AI-Enhanced And Bist-Driven Digital System Testing: From Early Methods To Nanometer Technologies	Afaq AHMAD, Sayyid Samir AL BUSAIIDI, Hotefa SHAKER Joseph MANI, Vijaya PADMANABHA Basant KUMAR, Rajeev RAJENDRAN	Sultan Qaboos University
Contribution Of Incubation Support Services To Start-Up Success: A Sector-Wise Analysis	M. Amta RANI Dr. Mamta Ranga Tamanna RATHEE	MD University
A Simple Algorithm Based On Zero/Pole Configuration For Designing An IIR Digital Filter	Benabdellah YAGOUBI	Mostaganem University, Algeria.
A Study of the Factors Contributing Towards Employee Attrition in Maruti Suzuki	Kanimozhi. N Dr. Sreeja K.	NSB Academy, Bangalore
Internalization of Harajaon Batak Toba as a Framework for Management Ethics in Christian Religious Education	Abdi Syukur SIAHAAN Yohanes OKTAVIANUS	Universitas Kristen Indonesia
High-Resolution Drought Assessment Using Python-Based Remote Sensing and Sentinel-2 Data	Ziaul Haider CHOWDHURY Md. Osman Gani RASEL Md. Mahfuj Ahmed SIZAN	Mohammad Danesh Science and Technology University

27.12.2025 / Hall-16, Session-10

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: Dr. S. KALAISELVAN

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Design, Synthesis And Anti-Viral Evaluation Of Novel Pyrazoles	Aqsa MUSHTAQ Ameer Fawad ZAHoor	Government College University
Ultrasound Assisted Synthesis, In Vitro And Computational Investigation Of Triazole Conjugates As Effective Therapeutics Against Tyrosinase	Ameer Fawad ZAHoor Shagufta KAMAL Muhammad HARoon	Government College University
Recent Methodological Developments For The Synthesis Of Carbazole Scaffolds	Saba MUNAWAR Ameer Fawad ZAHoor	Government College University
Utilizing Seasonal Effects Throughout The Sir Approach To Model Dengue Dynamics In Bangladesh	Most. Halimatuj SADIA Md. Mojammel HAQUE M. Osman GANI	Bangladesh University of Business and Technology/ Dhaka University of Engineering and Technology/ Jahangirnagar University
ANFIS-Optimized Carbonaceous–TiO ₂ Hybrid Nanostructures Synthesized from Plant Bio-Hydrocarbons for High-Performance Energy Storage Applications	Dr. S. KALAISELVAN, Mrs. M. Parveen BANU, Ms. R Catherine Melita BENIN, Ms. M. HARSHAVARDHINI Dr. M. Karthigai PRIYA	Rathinam Technical Campus, Coimbatore, Tamilnadu, India
Machine-Learning-Driven Optimization of Bio-Hydrocarbon-Derived MWCNTs for High-Density Energy Storage in Power Grid Applications	Dr. S. KALAISELVAN, Mrs. M. Parveen BANU, Ms. S. DHARSHNI Ms. B. K. BAVADHARANI Mrs. K. SUJITHA	Rathinam Technical Campus, Coimbatore, Tamilnadu, India
A New Era of Orthognathic Planning — Zero Radiation Required	S. LEPORALE, M. CIANFRIGLIA R. MORAMARCO, V. MARTINI C. MAROCCO, C. BRAMUCCI F. SESTITO, R.REDA, L. TESTARELLI, T. TESTORI, G. PERROTTI	Fondazione Policlinico Universitario Campus Bio-Medico/University of Michigan/University of Milan/Sapienza University/ROMA/USA/ITALY
Three-Dimensional Cephalometric Evaluation of Vertical Craniofacial Architecture	S. LEPORALE, M. CIANFRIGLIA R. MORAMARCO, V. MARTINI C. MAROCCO, C. BRAMUCCI F. SESTITO, R.REDA L. TESTARELLI, T. TESTORI G. PERROTTI	Fondazione Policlinico Universitario Campus Bio-Medico/University of Michigan/University of Milan/Sapienza University/ROMA/USA/ITALY
Wheatgrass Preparation Modulates Antigen Presentation In Acute Leukemia Through Immunomodulation And Epigenetic Mechanisms	Anuraag DASGUPTA, Bandi Moneesha REDDY, Sarnabi BANERJEE Merina ROY, Anushka KUMAR Oishi MUKHERJEE, Roshni BIBI Pradeep R., Melvin GEORGE Koustav SARKAR	SRM Medical College Hospital and Research Centre

27.12.2025 / Hall-17, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Pooja Somashekhar DASHATTY*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Impact Of Cattaneo - Christov Heat Flux On Mhd Flow Of Non-Newtonian Fluids Over A Stretching Sheet	C. SULOCHANA Pooja Somashekhar DASHATTY	Gulbarga University
Bindu - A Non-Invasive Blood Group Detection System Using Fingerprint	Talha Suhayeb ARKO Nusrhat Jahan SARKER	Daffodil Institute of IT/BANGLADESH
Dynamics Of Hybrid Nanofluid Flow Over A Extending Surface With Non-Uniform Heat Source	C. SULOCHANA H. HUSENAPPA	Gulbarga University
Evaluation Of Bioaugmentation For The Removal Of Heavy Metals From Brassware Effluents In The City Of Fes, Morocco	Imane ZOUFRI, Malika AMMARI Abdelhadi MAZRHA, Mohammed MERZOUKI Amina BARI	Mohamed Ben Abdellah University
Unleashing the Value of Talent Management Strategies in Digital Transformation and Growth of Service Firms	Jawad MAHROOF, Faheem Ahmad KHAN, Muhammad Umer QUDDOOS, Muhammad BASIT Abdur RAHIM	National Defense University//Bahauddin Zakariya University/COMSATS University Islamabad/California State University
Innovation, Culture, and Society: Interdisciplinary Perspectives for a Changing World	Dr. Nishi TYAGI Vaishali SHARMA	Modern College of Professional Studies, Ghaziabad, Uttar Pradesh, India
Assessing The Impact Of The National Curriculum Framework 2021 On Secondary Students' Learning Outcomes: Bangladesh Perspective	Muhammad Tanvir AHMMED Dr. Muhammad Nasir UDDIN Fahim SHAHRIER	Birshrestha Noor Mohammad Public College, Dhaka, Bangladesh
Performance Optimization Of Quasi-2d (Ba) ₂ (Ma) ₂ Pb ₃ I ₁₀ Perovskite Solar Cells: A Comparative Tcad Study Of Niox, Ptaa, Cul, And Spiro- Ometad As Htl Materials	Mohammed Anes Belbachir Hichem ROUGUEB, Oussama AMMOUR, Mohammed KHAOUANI, Abderrahmane Zakarya DJENNATI	University of Aboubekr Belkaid/ALGERIA
Energy-Efficient And Low-Emission Manufacturing Of Iron Tailings Based Geopolymers Through Microwave Curing For Green Applications	Y. BALLOUT, Y. EL MIZ H. EL HAROUACHI Y. EL MIZ, D. AHOUDI M. ELGETTAFI, R. HAKKOU M. LOUTOU	University Mohammed first/Cadi Ayyad University

27.12.2025 / Hall-18, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Rukayya Ibrahim TUKUR*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Digital Innovations In Construction Procurement And Their Impact On Quantity Surveyors	Rukayya Ibrahim TUKUR	College of Environmental Studies Hassan Usman Katsina Polytechnic
Isolation, Characterization And Therapeutic Applications Of Bacteriophages Against Pathogenic Bacteria Of The ESKAPE Group	Imane ELBELGHITI, Nouredine SLIMANI, Zohra LEMKHENTE Fatima BOUBRIK, Ahmed BELMOUDEN	Ibn Zohr University
A Machine Learning-Based Approach For Automated Fake News Detection In Online Media	P. VEERALAKSHMI Dr. S. SELVAM	Nadar Mahajana Sangam S. Vellaichamy Nadar College
Global Research Trends In Flipped Learning: A Comprehensive Bibliometric Analysis Across The SDG Era (2015–2026)	Md. Akash RAHMAN Ashraf Jaman PARBEZ Md. Shawan UDDIN Phd	University of Rajshahi
The Dawn Of Defined Collagen: Utilizing Unnatural Amino Acid Incorporation For Highly Stable, Non-Immunogenic Carriers In Cosmeceuticals And Drug Delivery	Varshini VIJAYARANGAM Rekha RAVINDRAN	Rajalakshmi Engineering College/INDIA
Rewards and Recognition as Drivers of Employee Retention: A Human-Centred Study	Ms. Adhithya M. N. Mr. Jayashankar.J	DC School Of Management And Technology, Trivandrum, Kerala, INDIA.
Unmasking The Margins: A Bibliometric Analysis Of Geographical Bias In Afrocentric Architectural Research And Pathways To Pan-African Equity	A.H. Dadum, U.M. Bashir A.K. Sarkile, A.Y. Muhammad A.B. Shaba, M. Chukwuma-Uchegbu S. Umar, A.Y. Shinga A.I. Alkali, G.H. Malachi	Gombe State University (GSU) /Abubakar Tafawa Balewa University (ATBU) / Federal University of Technology Minna/Federal University of /Technology Owerri (FUTO)
Feasibility Of Using Rice Straw Bale As A Walling Material For Sustainable And Affordable Low-Cost Mass-Housing In Gombe Metropolis, Nigeria	A. H. Dadum, S.O. Ayo-Odifiri W. G. Brisibe, A. Ebekozen C. Aigbavboa, I.H. Dadum	Abubakar Tafawa Balewa University/University of Johannesburg/Rivers State University/ Gombe State University
Investigating The Settlement Displacement In The Boropukuriya Coal Mining Area	Towhid Mursalin SHIFAT Md Rahedul Islam RAHE	Pabna University of Science and Technology
Accessible Ar For Efl Learners In The Global South: Bridging Digital Inequalities Through Low-Cost Pedagogies	Khaoula DJETNI	University of Jijel, Algeria

27.12.2025 / Hall-19, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr. Akram Uzzaman</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Detective Of Crime And Deviation, Family Relations In The City And Their Role In The Spread Of Violence In It		Amara Sahraoui	School for the Deaf and Mute, Khenchela, Algeria
Potential Of Biomaterials Derived From Agricultural Waste For The Treatment Of Hospital Effluents: Application To Date Pits And Cloves		SAYERH Fatimazahra MOUHIR Latifa SAAFADI Laila	Hassan II University
Assessing Cognitive Functioning and Basic Concept Development in Children with Autism and Typically Developing Children		Soyed Rakibbuzzaman Roky Dr. Akram Uzzaman Akhi Akter Dola Al Amin Shuvo Rakibul Islam Jihad Sagota Deb	Jagannath University
Development and Optimization of an Integrated Solar Desalination System with Thermal Storage and Energy Recovery		Badre Zinaoui Pr.Labjar Najoua Pr.EL Hajjaji souad	Mohammed V University
Stability Analysis of a One-Dimensional Elastic System with Double Porosity and Visco-Porous Dissipation		Aicha NEMSI Hana MERAH	University of El Oued
Analysis of Steady MHD Mixed Convection with Streaming Potential in Cu, SnO ₂ , and SiO ₂ Nanofluids:		Usman S Rilwan Michael O Oni	Ahmadu Bello University
Serological Profile (Anti-CCP and Rheumatoid Factor) for the Diagnosis of Rheumatoid Arthritis in Patients from the Batna-Region, Algeria		Djahida BENHOUDA Afaf BENHOUDA Mourad HANFER	Université Batna
Sukuk al-Safar: A Conceptual Framework for Shariah-Compliant Financing in Green Tourism and Sustainable Economic Empowerment		Muhammad Masud Parves Zahiduzzaman Zahid	University of Dhaka/ University of the Cumberlands/
Exploring The Role Of Chatgpt In Computer Science Education: A Literature Review On Advanced Educational Technology		Moses Adeolu AGOI Ismail Olaniyi MURAINA Solomon Onen ABAM Bashir Oyeniran AYINDE Wasiu Olatunde OLADAPO	Lagos State University

27.12.2025 / Hall-20, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr. Priya Vinod</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Diagnosis And Improvement Of Concrete Block Properties: A Case Study In Tlemcen, Algeria		Samir BELMAHI Abdelmoutalib BENFRID Ibrahim KLOUCHE DJEDID	University of Sidi belabes/ University of Tiaret/ALGERIA
Astrocytic Calcium Waves As Therapeutic Targets: Redefining Early Intervention Strategies In Neurodegenerative Diseases		Faazil Mohmadrafi Mansuri Sagarika Bhagatkar	David Tvildiani Medical University, Georgia/Caucasus Medical University, Georgia
Why is Bloom's taxonomy important		HASSAN ZARIOUH TARIK RHARMAOUI MOUNIA MOUZOURI	Director of Regional Academy of Education and Training of the Oriental/Morocco
Photocatalytic Degradation Of Methylene Blue And Congo Red Using A SiO ₂ -Ag Based Catalyst: Preparation, Characterization, And Reactivity		LEBOUKH Badra LAHCENE Driss ADJDIR Mahdi	Université Tahri Mohamed Bechar
Synthesis of active NiCl ₂ nanoparticles supported on chitosan as a reusable catalyst for the synthesis of functionalized pyridine derivatives		Taoufyk Azzeddine Mahfoud Agunaou Lahoucine Bahsis	Université Cadi Ayyad
Structure-Based Drug Repurposing To Inhibit The DNA Gyrase Of Mycobacterium Tuberculosis		Balasubramani G L Rinky Rajput Manish Gupta Pradeep Dahiya Jitendra K Thakur Rakesh Bhatnagar Abhinav Grover	Jawaharlal Nehru University/ Banaras Hindu University
"The New Architecture Of Digital Influence: How Social Search, Short-Form Video, And Faceless Content Are Reshaping Consumer Engagement"		Dr. Priya Vinod Dr. Melvin Victor	Christ University
Households Poverty Influence On Youth Behaviour In Ogun State, Nigeria		Adelakun O.E Odetola O.	University of Ibadan
Comparative Analysis Of Genetic Disorders Using Machine Learning Algorithms		Mohammed Amaan Santosh S. Patil	VSK University

27.12.2025 / Hall-21, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Ayesha Batool*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Composition And Distribution Of Aquatic Insects In Relation To Water Quality Of Saru Lake, Gummi Local Government Zamfara State	Lauwali Yusuf I.O. Obaroh B.J. Danjuma Iliya Ibrahim	Abdullahi Fodiyo State University of Science and Technology
Exploring The Psychological Implications Of Hyper Reality On Young Adults In The Era Of Social Media: A Critical Analysis For Mental Health	Hina Shahid Abdul Manan Dr.Ayesha Batool	University of Punjab Lahore. University of Agriculture, Faisalabad.
Mapping The Conceptual Structure Of Euro Adoption Literature, A Multi-Method Bibliometric Analysis Of Key Research Themes	Giurgu Ana – Maria	Alexandru Ioan Cuza University Of Iasi/Romania
Architecture, Environmental Externalities, And Economic Policy For Sustainable Cities	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University
The Trade-Off Between Economic Growth And Environmental Architecture In Developing Regions	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University
The Green Waqf: Financing Eco-Architecture Through Islamic Endowments	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University
Islamic Economic Principles In Eco-Mosque Architecture: A Path To Sustainability	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University
Economic Viability Of Vertical Farming In Urban Architecture: A Sustainability Perspective	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University
Embedding Circular Economy Principles In Architectural Design For Sustainable Cities	Melik Sami Khelil Sara Tallal Abdel Karim Bouzir	Mohamed Khider Biskra University

27.12.2025 / Hall-22, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr. Mehdi Shalchi Tousi</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Radionuclide Mobility And Transfer Dynamics In Semi-Arid Moroccan Agroecosystems		Zineb ELABOUDI Samira EL AOUIDI Radouan SAADI Azzouz BENKDAD Zineb EL Mouridi Abdelmourhit LAISSAOUI Abdelaziz MADINZI Salah SOUABI1	University Of Hassan II Casablanca
Mindset Of Students And Parents Towards Practical Agriculture As Perceived By Secondary School Administrators In Borno State, Nigeria		Usman Abdullahi Abba Gambo Jamaji Dogo Samuel	Agricultural Technology Federal College Of Horticulture Dadin – Kowa Gombe State
Climate And Meteorology In Civil, Environmental, And Architectural Engineering: Implications For Sustainable And Climate-Resilient Design		Dr. Mehdi Shalchi Tousi	Ahle Beyte International University/Iran
Media and Crisis Management: Strategies for Effective Communicationrtificial		Mariam Vekua	Caucasus International University/GEORGIA
Academic Performance And Financial Stress As Student Dropout Predictors: Evidence From A Secondary Data		Md Shahanur Hosen ¹ , Mst Sumaiya AKter 2 ,Pranto Roy	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University
Utilizing Artificial Intelligence In Human Resource Management For Transforming Secondary Education In Nigeria		Umar Muhammad BURWA PhD Rabi'u MUHAMMAD PhD	Northwest University/Maryam Abacha American University
Embracing Artificial Intelligence And Digital Connectivity For Managing Odl And Teaching Learning Resources In Nigerian Universities		Umar Muhammad Burwa Phd Rabi'u Muhammad Phd	Northwest University/Maryam Abacha American University
Design And Development Of Novel Approach For File Sharing For Security Using Blockchain Technology : Literature Review		Deepak Bansal	Indian Institute of Finance, Greater Noida, India
Thermo-Optic Tuning Of Polymer Fiber Sensors: Investigating The Impact Of Sub-T G , Near-T G , And Post-T G Heat Treatments On Band Gap And Reflection Intensity		AL AMIN MOHD ZAMANI ZULKIFLI	Islamic University MALAYSIA

27.12.2025 / Hall-23, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Md. Ferdous Alam*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Environmental Isotopic And Chemical Assessment Near The Rooppur Nuclear Power Plant	Asif Ahmed Redowan Dr. Md. Ferdous Alam	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University
3D Numerical Assessment Of Heat Extraction Enhancement In PVT Collectors Using Nanofluid-Cooled Channels	Mouad Benaicha Mohammed El Goual	Mohammed 1st University
Enhancing Housing Quality In Traditional Urban Cores: Insights From Ado-Ekiti, Nigeria	Omoniyi Sunday Samuel	Olabisi Onabanjo University
The Influence Of Culture And Religion On Childhood Immunization Usage: A Systematic Review	Afolayan, Moyosore Omotola Ozturk Candan	Child Health and Disease Nursing, Nicosia, TRNC
Spectral And Keller Box Analysis Of MHD Casson Fluid Flow With Temperature-Dependent Transport Properties And Viscous Dissipation Over A Permeable Stretching Surface Embedded In Porous Media	Vishwanath B. Awati Sachin S. Muchandi	Rani Channamma University/INDIA
Temperature Dependent Tensile Strength Additive Mixed Warm Mix Asphalt	Lokesh Gupta Shubhangi Agarwal	Sir Padampat Singhania University
Assessment of Plankton Assemblage and Water Quality of River Jega	Abubakar Yahaya	Kebbi State University
Inclusion In Higher Education Through Sign Language Interpreters: Challenges And Opportunities	Sidra Bano Dr Irfan Bashir Prof Dr Yasira Waqar Dr Afshan Naseem Prof Dr Rizwan Akram Rana Dr Almas Shoaib Dr Aisha Sami Dr Abdul Malik Dr Aqila Rafique Ms Fareeha Sherazi Ms Yasmin Zohaib	University of Management and Technology
A First Kap Assessment And Microbiological Profiling Of Street Food In Marrakech, Morocco	Morad Kaddouri , Omar Ait El Alia Khalid Boutoial	Sultan Moulay Slimane University

27.12.2025 / Hall-24, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 14⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr.Rajaa.DIANY*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Integrative Approach To The Chemodiversity And Antifungal Power Of Macroalgae From The Coast Of El Jadida: Towards New Fungicidal Biomolecules	Nouzha Baki Senhaji Houda EL Yacoubi Aboukhalaf.A Atmane Rochdi	Ibn Tofail University
Tensor-Based Machine Learning For Mixed Radiation Separation	Imane Ahnouz	Mohammed V University
Development Of Nanocellulose Extracted From Agricultural Waste As Additive In Epoxy Composites	Mohamad Nurul Azman Mohammad Taib	University of Malaya/MALAYSIA
Production And Characterization Of Carbon Nanotubes From Biochar Under Microwave Irradiation	Faisal Nazir	THE UNIVERSITY OF AGRICULTURE
The Mental Health Of University Students	Phạm Thu Hằng	People's Police Academy
Statistical Analysis Of Extraction The Natural Red Dye Madder	Dr:Rajaa.DIANY	Sultan Moulay Slimane University/ Chouaib Doukkali University
The Role Of Management Accounting In Profit-Making Organizations: A Case Study Of Ahman Pategi University, Kwara State, Nigeria	Umar Baba Shaaba	Ahman Pategi University

27.12.2025 / Hall-25, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Sunday Olorunlogbon Olorunnipa</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Personalized Nutrition Using Gut Microbiome Profiling: A New Frontier in Optimizing Athletic Performance and Recovery		Mr Shiv Kumar Ms Teena Pangtey	Lecturer in Physical Education ,Directorate of Education GNCT
Transforming The Taxpayer Compliance Program With A Gamification And Digital Reward Approach To Optimize Income Tax Receipts		Sindi Karmila Putri Marshella Divva Zalfa Nazwa Kusuma Meisy Nabila Mutia Sari	Universitas Lampung
Multi-Omics Profiling Unveils UBE2C, MCM2, AURKA, And TP53 As Core Regulatory Hubs Of Interconnected Oncogenic Networks In Women's Breast, Ovarian, And Endometrial Cancers		Md. Shafiqul Islam	University of Rajshahi
Mathematical Modelling of Contraceptive Use and Behavioral Dynamics in Population Growth Control		Agbo Christiana Ene Abah Roseline Toyin, Ayinde Muhammed Abdullahi and John Chuseh Ahmadu	University of Abuja, Nigeria
Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles and Their In Vitro Biological Activities		Kongara Gnaneswari A. Pavithra M. Bhargavi T.K. Padmaj	Sri Padmavathi Mahila Visvavidyalam, Tirupathi/ Apollo University
The Impact Of Income Tax Rates On Public Welfare And The Business World		Wayan Diana Anisa Nur Asyifa Salsyah Aura Fitri Reinjani Isadora Zonata	UNIVERSITY OF LAMPUNG
Design And Discovery Of Potent 1,2,4-Triazole Derivatives Against Hepg2 Cancer Cells		Zainib Razzaq Samreen Gul Khan Fozia Anjum Kiran Aftab Mehr un Nisa	Government College University/ University of Lahore,
Administrative Officers As Drivers Of Organizational Development: An Analysis Of Their Strategic Roles In The Public Sector		Sunday Olorunlogbon Olorunnipa	Quintessential College,

27.12.2025 / Hall-26, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 14⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Palash Kumar Das</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Empowering Women In The Digital Age: Opportunities, Challenges, And Global Partnerships		Samina kouser	Ahlul-Bayt International University Tehran
An Application Of Mixed-Integer Linear Programming To Minimize The Cost Of University Students Required Basic Nutritional Requirements		Palash Kumar Das	Hajee Mohammad Danesh Science and Technology University
A Thiophene-Modified Carbazole Monomer: Synthesis, Electrochemical Behavior, And Conjugated Polymer Formation		Assala Marir Mounia Guergouri Rafik Bensegueni	Frères Mentouri University/ Mohamed Cherif Messaadia University
“In Situ Preparation Of 3d Flower Like Biobr/Bi24o31br10 Composite By Annealing Hydrothermal Method For The Ciprofloxacin Degradation Under Simulated Sunlight Irradiation”		L. Mllaoy , S. Bikerchalen B. Akhsassi B. Bakiz S. Villain A.Taoufyq F. Guinneton H.Hajjoulc J-R Gavarri b A. Benlhachemia	Université Ibn Zohr/ Université d' Aix Marseille/ Université de Toulon/France/MOROCC O
Bayesian Approaches To Flexible Hazard Modeling For Survival Data With Time-Varying Covariates In Stan		Mohsin Khan Mohammad Parvej Athar Ali Khan	Aligarh Muslim University
Climate Dynamics and Territorial Vulnerabilities in Northeastern Algeria		Abderrahmane ZIARI Pr Abderrahmane MEDJLAB	University of Science and Technology Houari Boumedienne
On Sliding Window Statistical Convergence of Generalized Fractional Difference Sequences in Intuitionistic Fuzzy Normed Spaces		Dr. SK Ashadul Rahaman	VIT-AP University

27.12.2025 / Hall-27, Session-11

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: ***Bibi Sayeda Sayedi***

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Effectiveness Of The Government Internal Control System (SPIP) Through Inspectorate Supervision In The Eastern Luwu District Government, Indonesia	Hilyatul Jannah Nuryanti Mustari 2 , Lukman Hakim 3 , Nur Suqya Rahma	Muhammadiyah University of Makassar
Synergizing DeepTech and Blockchain: Unlocking the Future of Decentralized Innovation	Mrs. Sujata Dhananjay Sathe, Dr. Sahebrao N.Shinde	Savitribai Phule Pune University
Mental Health Challenges of Badakhshan Women in Remote Areas	Bibi Sayeda Sayedi	Ahlul-Bayt International University
Assessing Land Use/Land Cover Dynamics and Their Effects on Ecosystem Service Values: A Spatio-Temporal Approach in Mila, Algeria (1994–2024)	Imane Souici Zakaria Zouak Chaouki Benabbas Benzid Yacine Faisel TOUT Abdallah LALMI	University of Constantine
The Role of Christian Religious Education Teachers in Shaping the Character of Junior High School Students in the Digital Era	Ivander Simanjuntak Kaleb Samalinggai	Universitas Kristen Indonesia
Cultural Influences on Pregnancy Care among Rural Women in Bangladesh: An Application of the Health Belief Model	Md Mostafizur Rahman Tohmina Nasrin Mitu Mst. masuma Shimu Nesar Ahmed	University of Rajshahi
Hyper-Decentralized AI Swarms for Exogalactic Surveying	B.DHARSHINI Dr.S.Selvam	Nadar College Nagamalai
First-Principles Insights Into Double Perovskite Hydrides K 2 MgcoH 6 And Rb 2 MgcoH 6 For Next-Generation Hydrogen Storage	Hmad Fatihi Hakima Ouhenou Hamza Benaali Abderrahmane Abbassi Moha El Idrissi S. Taj B. Manaut	Sultan Moulay Slimane University/ Sidi Mohamed Ben Abdellah University

27.12.2025 / Hall-1, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13:³⁰ 16:⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr. Anam Afzal</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Maternal Care Risk Factors During Prenatal And Postnatal Conditions In Pakistan: Challenges And Strategies		Dr. Anam Afzal Dr. Asma Seemi Malik Dr. Amjad Mahmood	Punjab College of Information Technology/Lahore College for Women University
Lethal Autonomous Weapons Systems (Laws) And State Sovereignty: Ethical And Legal Challenges		Dr. Tahir Qureshi Ms. Khanam Afreen Dr. Shaeyuq Ahmad Shah	Deemed University/Bihar University
Zinc Influence On Structural, Optical And Photoluminescence Properties Of Sno 2 Nanostructures Synthesized Via Solution Combustion Technique		Nishu Rani	Indira Gandhi University
Second-Law Analysis Of Magneto-Bioconvective Marangoni Maxwell Nanofluid Flow Over A Porous Rotating Disk		E. O. Fatunmbi S. A. Odunlami J. K. Odeyemi	Federal Polytechnic Ilaro
Design And Fabrication Of Compressed Natural Gas (Cng) Powered Groundnut Shelling Machine		Samson A. Odunlami	Federal Polytechnic Ilaro
Sarcopenia And Cognitive Impairment: Mechanisms Of The “Muscle-Brain Axis” And Therapeutic Perspectives		Vince Fazekas-Pongor Andrea Lehoczki Eszter Pázmándi Mónika Fekete	Semmelweis University/Budapest
Biopharmaceuticals: Recent Advancements And Emerging Challenges		V.Ranjani Dr. R. Srinivasan Dr. R. Devi	Bharath Institute of Higher Education and Research
The Role of Probiotic Supplementation in Alcohol Craving: Behavioral and Neurochemical Correlates		Huma Ikram Darakhshan J. Haleem	University of Karachi

27.12.2025 / Hall-2, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Abubakar Umar Birnin-Yauri*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Physics-Informed Neural Network–Enabled Design and Optimization of Borate Bioactive Glasses	Pavan Kumar Potuganti Rajani Indrakanti	VNR Vignana Jyothi Institute of Engineering and Technology
Impact Of Environmental Stress On Secondary Metabolite Production: A Review	Ahmed Attahiru Abubakar Umar Birnin-Yauri Bashar Attahiru	Kebbi State University of Science and Technology/Federal College of Education
Climate Change And Its Effects On Phytochemical Composition Of Tropical Plants: A Review	Ahmed Attahiru Yusuf Haruna Bashar Attahiru	Kampala International University/ Kebbi State University of Science and Technology/Federal College of Education
Peran Pajak Penghasilan Dalam Sistem Perpajakan Modern	Zikry Ibnu Ariefandi Robi Ramadhan	Universitas Lampung
The Current Trend Of Tuberculosis In The 21st Century: A Mini Review Study	Babatope Sunday Meduteni Adekola Saheed Ayodeji Musah Khadijat Toyin Bakare Mustapha Umar Sodiq Adetunji Adekola	University of Abuja
Synthesis And Industrial Applications Of Bionanomaterials: An Update	Ghazala Yunus	University of Hail/SAUDI ARABIA
Predictive Modelling Of Soil Fertility Using Machine Learning And Wireless Sensor Networks	Amadi Oko Amadi Okpo Charles Nnanna Osita Ngozika Ann Akwa Idachaba Andrew	Electronic Engineering Technology Akanu Ibiam Federal Polytechnic
Analytical Solutions Of The Fuzzy Fractional Differential Generalized Bagley-Torvic Equation Via Ψ -Caputo Gh-Differentiability	Ghafari Aissam Aziz El Ghazouani M'hamed Elomari	Sultan Moulay Slimane University

27.12.2025 / Hall-3, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Qader VAZIFEH DAMIRCHI*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Analytical Solutions Of The Fuzzy Fractional Differential Generalized Bagley-Torvic Equation Via Ψ -Caputo Gh-Differentiability	Ghafari Aissam Aziz El Ghazouani M'hamed Elomari	Sultan Moulay Slimane University
Analyzing The Role Of Perceived Organizational Justice In Strengthening Organizational Commitment Among Employees Of Small And Medium-Sized Enterprises In Iran	Dr. Qader VAZIFEH DAMIRCHI Dr. Barad VAZIFEH	Tarbiat Modares University
Mathematical Modelling On Waste Water Management Of An Oxidation Pond	Sathisha A B, Ashwini M Rao K S Basavarajappa	Government First Grade College/ Bapuji Institute of Engineering and Technology
Evaluation Of The In Vitro Antioxidant And Antidiabetic Activities Of Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.) Seed Extracts And The Quantification Of Their Bioactive Compounds	Zaina Idir Rhizlane Abdnim Soukaina Terroufi Ilham Abidi Fatima Aouinti Nadia Gseyra	Mohammed First University/ Hassan II Institute of Agronomy and Veterinary sciences
Peran Penyuluh Kehutanan Dalam Mendukung Peningkatan Pendapatan Masyarakat Sekitar Hutan (Study Kasus Taman Hutan Raya Wan Abdulrachman)	Farhad Maryan Saputra Christine Wulandari Pitojo Budiono Eny Puspasari	Universitas Lampung
Bacillus Anthracis; Implications As A Bioweapon	OLUWASEUN GRACE OLADIPUPO EMMANUEL TOMISIN BELLO	KWARA STATE UNIVERSITY
Circular Economy-Based Construction Optimisation: Technology, Practice, And Policy In China And Nigeria	Barau Amir Sulaiman Tongsheng Zhang Kazeem Ibraheem Ajadi	South China University of Technology/ Jiangsu University of Science and Technology/ Ahmadu Bello University/CHINA/NIGERIA
Advancing Food Safety in Artificial Intelligence: Current Progress, Challenges, and Future Directions	Babita Gupta	Integral University

27.12.2025 / Hall-4, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. BANOUISSE EI HABIB*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Analysis Of Steady Mhd Mixed Convection With Streaming Potential In Cu, SnO ₂ , And SiO ₂ Nanofluids:	Usman S Rilwan Michael O Oni	Ahmadu Bello University
Climate-Responsive Selection Of Thermal Insulation Materials For Energy-Efficient Tertiary Buildings In Meknes	Ayoub.Bouchark Hicham.Kaddouri M.C. EL BOUBAKRAOUI A. EL BAKKALI	Moulay Ismail University
An Ab-Initio Study Of Physical Properties Of Bexh 3 (X = Pd, Ag, And Cd) Perovskites Hydrides For Hydrogen Storage Applications	Hamza BENAALI Hmad FATIHI Abdellah TAHIRI Mohamed NAJI	Sidi Mohamed Ben Abdellah University/ Sultan Moulay Slimane University
Study Of Insulation Scenarios Using An Ecological Material As A Sustainable Solution For Comfortable And Efficient Buildings: The Case Of Moroccan Buildings	Hicham Kaddouri Ayoub Bouchark	Abdelmalek Essaadi University/ Moulay Ismail University
Machining Integrity And Mechanical Performance Of Novel Kevlar-Pumice Sandwich Polymer Composite	Vineet Tirth	King Khalid University/SAUDI ARABIA
Existence, Uniqueness, And Stability Of Solutions For Nonlinear Ψ -Caputo Fractional Differential Equations	Prof. Dr. BANOUISSE EI HABIB Prof. Dr. M'HAMED ELOMARI Prof. Dr. AZIZ EL GHAZOUANI	Sultan Moulay Slimane University
An Ambedkarite Analysis Of Dhadak 2 And The Politics Of Dalit Vulnerability In Contemporary Hindi Cinema	Dr. Raf Raf Shakil Ansari	Sharda University
Investigation Of Quantum Confinement-Induced Band Gap Variations In Synthesized Quantum Material	Rajani Indrakanti Poonam Upadhyay	VNR Vignana Jyothi Institute of Engineering and Technology/

27.12.2025 / Hall-5, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Imad Abed Hamza Al-Atabi</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Extremism According And The Effectiveness Of Realistic Counseling To Reduce The Cognitive And Emotional Components		Prof. Dr. Imad Abed Hamza Al-Atabi	Al-Muthanna University
Effect Of Hydrostatic Pressure On The Radiative Current Density Of Algan/Gan Multiple Quantum Well Laser Diodes		Rajab Yahyazadeh Zahra Hashempour	Islamic Azad University
Copper-Catalyzed Synthesis, Bioactivity, and In Silico Study of 1,2,3-Triazole Hybrids		Muhammad Ibrahim Ummy Rubab Asma Parveen	Government College University
Nanoscale Synergy of Polymers and Metal Nanoparticles in Plant-Mediated Diabetic Wound Dressings		Saranya A Dr. T. G. Nithya Murugesan Kamaraj	SRM Institute of Science and Technology
Entrepreneurship or Employment? A Phenomenological Inquiry into the Lived Experiences of Entrepreneurship Students' Career Decision-Making		Mark Anthony N. Polinar Imie Jasmin L. Flores Christopher Z. Rodriguez Leah E. Aguas	Mabolo National High School
A Study of Clinical Reasoning of Medical Students of Fasa University of Medical Sciences in Clinical Environments and Its Relationship with Problem Solving in 2024-2025		Nasrin Shokrpour Shadab Moslehi Mahbubeh Pedram	Shiraz University
Adoption Of Artificial Intelligence Tools In Animal And Veterinary Science In West Africa: Evidence From Nigeria On Use, Barriers, And Impacts		Dr. Emmanuel U. ANASO	Federal University of Agriculture
Factors Impact On Consumers' Online Food Purchase Behavior In Can Tho City Vietnam		Tien Dung KHONG Thuy Duong VU Do Nhu Loan NGUYEN	Can Tho University

27.12.2025 / Hall-6, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Clementina Hashimu Bulus</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Analysis Of The Implementation Of Final Income Tax Rates For Msmes On The Growth Of Micro, Small, And Medium Enterprises		Nadia Safira Meisyifa Nur Nabila Harry Fadilla Yusuf Meilisa Sarah	University of Lampung
Effect Of Feedback On Students' Achievement In Economics In Senior Secondary Schools In Jos North, Plateau State, Nigeria		Clementina Hashimu Bulus Buhari Garba	University of Jos
Effects Of Constructive Play Strategy On Primary Two Pupils' English Language Skills Achievement In Maiduguri Metropolis, Borno State, Nigeria.		Hauwa Samaila Mary P. Haggai (PhD) Jacob Omede (PhD)	University of Jos
Diagnostic Pathology In The Era Of Artificial Intelligence: The Pros And Cons		Ochuko Orakpoghenor	University of Abuja
Heritage Resources And Tourism Development In Southwestern Nigeria: Focussing On Challenges And The Way Forward		Dr. Akintunde John Oloidi Dr. Okechukwu O. Anozie Dr. Emmanuella U. Anozie	University of Nigeria
Biotechnological Potential Of Mentha Piperita L. Extract In Enhancing The Nutritional And Physicochemical Quality Of Postharvest Tomato		Houari Fatima Zohra Gaouar Naila Mechaala Sara Houari Hakima Yahia khelaf	University of Batna/University of Oran/ El Oued University
Effects Of Phenols, Flavonoids, And Saponins From Boss Yam Peels (Dioscorea Rotundata) On Aflatoxin Producing Fungi.		Odu Nwamaka Maureen Ganiyu N. Joan	Federal University of Technology
Technology Investment And Performance Of Banks In Era Of Disruptions In Nigeria		Mayah, Eunice (PhD) Onuigwe, Gladys Chiebonam (PhD)	Federal College of Education

27.12.2025 / Hall-7, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Mulikat Folashade Usman*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Cultural Foundations And The Role Of Art In Economic Development	Mobina Eskandari Diba Tanhayeh Vash Mahdi Yousefi Gharamaleki	University of Tabriz
Synthesis And Characterization Of Thymol Derivatives As Corrosion Inhibitors For Carbon Steel In Acidic Environments: Experimental And Computational Approaches	Hassan Haddouchy Saliha Loughmari Youness Tahiri Bendaoud Ahmed Salah Eddine El Qouatli	Moulay Ismail University
Comparative Analysis Of The Effectiveness Of Environmental Awareness Formation Among Schoolchildren In Belarus And The Uk Through Digital Educational Resources	Anastasiya Grits Mariya Grigorovich Ekaterina Kaplinskaya Irina Kopytich	Baranovich State University
Examining How E24 Steel Prevents Corrosion in Acidic Environments Using 1,4-Trans Plymyrcene and Myrcene-Lactide Block Copolymers: An In-Depth Analysis Combining Chemical, Electrochemical, and Theoretical Modeling Approaches	Hassan Haddouchy Saliha Loughmari Youness Tahiri Bendaoud Ahmed Salah Eddine El Qouatli	Moulay Ismail University
On The Factors Of Entrepreneurial Failure: A Study Of Causes And Consequences	Dr. Mulikat Folashade Usman Sani Fadilat Bello	Usmanu Danfodiyo University
A Study Of Irony And Satire As Stylistic Tools In The Representation Of Race And Immigration In Chimamanda Adichie's Americanah	Adesanmi, Moses Ademola	Federal University of Technology
The Impact Of Geopolitical Tensions On Blue Economy Supply Chains: A Comparative Analysis Of Major Trade Blocs	Sadiq, Mohammed Sanusi Singh, Invinder Paul Ahmad, Muhammad Makarfi Sani, Bashir Sanyinna Kumawat Subhita	Agricultural Economics and Agribusiness
Wearable Monopole Microstrip Antenna For Special Applications	J. Salai Thillai Thilagam	G. Pulla Reddy Engineering College
View On Improving Recruitment Criteria For A University Entry-Level Student	RAHMOUNI Hanane	University of Oran 2 Mohamed Ben Ahmed
Adaptive Usability Model for E-Transportation Accessibility	Samar Jamal Hassan Mahmoud ,Prof Ts. Dr. Noor Maizura Binti Mohamad Noor Associate Prof. Ts. Dr. Zuriana Abu Bakar	Universiti Malaysia/MALAYSIA

27.12.2025 / Hall-8, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Gergana Gozanska*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Study Of Crime And Deviation, Family Relations In The City And Their Role In The Spread Of Violence In It	Amara Sahraoui	School for the Deaf and Mute, Khenchela, Algeria
Charlson Comorbidity Index In Endometrial Lesions	Loichita Mihai Petre Ion Suciu Oana Bobora Razvan Furau Alexandru-Marius Petre Izabella	"Victor Babes" University of Medicine and Pharmacy Timisoara/ROMANIA/"Vasil e Goldiş" Western University of Arad
Study Of Tin Oxide Thin Films Deposited By Ultrasonic Spray Pyrolysis For Enhanced Photovoltaic Applications	Sabrina Roguai	Abbes Laghrour university
The Impact Of Thrombocytopenia In Pregnant Women Diagnosed With Thrombophila	Loichita Adrian Samfireag Miruna Oros Dacian Mirica Nicoleta Petre Izabella Petre Ion	University of Medicine and Pharmacy "Victor Babes"/ West university/ROMANIA
The Word "Communications" In The International Human Rights Treaties Adopted By The UN General Assembly And Its Bulgarian Translation	Assoc. Prof. Gergana Gozanska	Plovdiv University/BULGARIA
Multisectoral Biotechnological Applications Of Bacteriophages In Combating Antimicrobial Resistance	Harshita Marwal Dr. Swati Joshi R. Y. Hiranmai	Central University/
Behavioural Patterns Of Internet Addiction Among Teenagers In Nigeria	Udevbure, Bola Khadijat Musah Khadijat Toyin Adekola S.A, Bakare Mustapha Umar Sodiq Adetunji Adekola.	University of Abuja.
Digital Humanities And The Changing Landscape Of English Literary Studies	Sadaf Mushtaq Nasti Yawer Ahmad Mir	University of Kashmir

27.12.2025 / Hall-9, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Dr.Ardelean Maria Ioana</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Rewriting Authorship: Artificial Intelligence And The Future Of Literary Imagination		Sadaf Mushtaq Nasti Yawer Ahmad Mir	University of Kashmir
In-Vitro Anticancer Potential Of Ethanolic Extract Of Camellia Sinensis Leaves On Cervical Cancer (Hela) Cells		Mrs.E.Elavarasi J.Jayadurka Ardhrasunil Sudharsan.C Karthik.S	Bharath Institute of Higher Education and Research
Human Resource Management As A Strategic Driver Of Sustainable Business Growth		Dr.Venet Shala Dr.Demir Lima Mr.sc.Halil Hasani	University of Prizren/KOSOVO
Development Of An Electrochemical Biosensor For The Treatment Of Scaling In The Presence Of Herniaria Hirsuta		Youness Tahiri Hassan Haddouchy Mustapha Oukbab Salah Eddine El Qouatli Rachida Najih Abdelilah Chtaini	Sultan Moulay Slimane University
The Influence Of Price And Production Factors Of Damar Mata Kucing (Shorea Javanica) On Farmer Income In Pesisir Barat Regency		Yuda Ferdiawan Christine Wulandari Dadang Trianahadi Hari Kaskoyo	University of Lampung
Reactive Solute Transport In Semi-Infinite Heterogeneous Aquifers: Analytical And Numerical Solutions With Peclet-Dependent Dispersion		Sanjay Kumar Pintu Das	Sarala Birla University
Evolution Of Augmentation Index And Pulse Wave Velocity During Pregnancy In Pregnant Women Who Practice Physical Activity		Dr.Ardelean Maria Ioana Iurciuc Stela Petre Ion Petre Izabella	University of Medicine and Pharmacy "Victor Babes" Timisoara /ROMANIA

27.12.2025 / Hall-10, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13:³⁰ 16:⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Suganthi P*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Role of Probability in Modern Computing Systems	Suganthi P Aashish B L Aswin Sivakumar Balamurugan B	R.M.K. Engineering College
Practical Use of Volume Integrals for Material Estimation in Engineering Systems	Suganthi P Adarsh H Gokul V Jason Sathia	R.M.K. Engineering College
Role of Matrices in Modern Computing Applications	Suganthi P Aarthi I Agalya A Aishwarya S Ananya R	R.M.K. Engineering College
Ordinary Differential Equations-Based Modeling for Real-Time Engineering and Computing Problems	Suganthi P A Ayisathul Reshma Bayyapureddy Lakshana Bhuvaneshwari T Boggala Porkavi	R.M.K. Engineering College
Analyzing Psychological Challenges and Socio-Cultural Dynamics in Badakhshan	Bibi Sayeda Sayedi Nasrin Ziayee	Ahlul-Bayt International University Tehran
Design of a Rectangular Microstrip Patch Antenna using HFSS	V.V. Jahnvi Reddy G. Hima Bindu M. Mahitha C. Navya	G.Pulla Reddy Engineering College
Design and Analysis of a Wideband Microstrip Patch Antenna for 5G Applications	P C Praveen Kumar Paladi Manikanta Cirimala Hemanth Kumar B.Lakshmi Ranga Reddy B.Hari Rama Raju	G.Pulla Reddy Engineering College
Design and Simulation of a Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wi-Fi Communication	P C Praveen Kumar, S. Swarna, K. Manasa, K. Meghana, Nandhini	G.Pulla Reddy Engineering College

27.12.2025 / Hall-11, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: **K.PRASANNA DEVI**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Design and Simulation of a Rectangular Microstrip Patch Antenna for Wi-Fi Communication	P C Praveen Kumar, S. Swarna, K. Manasa, K. Meghana, Nandhini	G.Pullu Reddy Engineering College
Design and Performance Analysis of a Compact Microstrip Patch Antenna for 2.4 GHz Wi-Fi Applications	P C Praveen Kumar, S. Vishnu Priya, R. Udaya Bhanu, M. Indhu, J. Janaki	G.Pullu Reddy Engineering College
A Compact ECE-Shaped Microstrip Antenna for 5 GHz Wireless Applications	P C Praveen Kumar, A. Aliya Kousar, B. Geetha, B. Jahnavi, B. Gagana Tripura	G.Pullu Reddy Engineering College
HFSS-Based Design and Analysis of a Rectangular Monopole Antenna	P C Praveen Kumar, B. Uday Kumar Reddy, Gandla Roopeshwar	G.Pullu Reddy Engineering College
Design and Implementation of AI-Integrated Enterprise Systems	S. Reashmi Dr. S. Selvam	Kamaraj College of Engineering and Technology/S. Vellaichamy Nadar College Madurai
From Prompts to Programs: The Rise of Intelligent AI-Driven Coding Assistants	DHARANI.M, KIRTHIKA.C Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College
Urban Intelligence: AI-Driven Cognition For Adaptive Ci	K.PRASANNA DEVI B.KOPIKA Dr.S.Selvam	Nadar Mahajana Sangam S.Vellaichamy Nadar College
Challenges And Opportunities Of Virtual Classrooms In Education: An Empirical Study	Dr.Rohi Rani Dr.yogita kamal	-----

27.12.2025 / Hall-12, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>ABDULLAH ABDULRHMAN AL-SARRAF</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
The Ecological Risk Of Contamination With Toxic Metals In The Soils, Waste And Ash, Around The Complex, The;Kosovo Thermal Power Plants And The New Ferronickel Complex		MSc. Islam ZUZAKU Prof. Dr. Skender DEMAKU, MSc. Arbnorë ALIU MSc. Donika SYLEJMANI	University of Pristina
Prevalence And Psychosocial Impact Of Loneliness And Social Isolation On The Well-Being Of Older Adults: A Systematic Review		Bakut Janet Naman Musah Khadijat Toyin Dhikroh Oriyomi Adekola Adekola Saheed Ayodeji Obande Ifeoma Elizabeth Sodiq Adetunji Adekola	University of Abuja
Salary And Cost Of Living In Albania		PhD. Romina RADONSHIQI Msc. Bledar RADONSHIQI	University College LOGOS/ CEO Eventalb
Topical Silver Nanoparticles For Wound Healing Mechanisms, Efficacy And Future Perspective		PARTHASARATHI.V DEVLR SRIRAM.R	BHARATH INSTITUTE OF HIGHER EDUCATION AND RESEARCH CHENNAI INDIA
Urban Heritage As A Swarm System: The ASHL Framework For Emergent Urban Development And Decentralized Adaptation		Suhaib Abbas Ali ABDULLAH ABDULRHMAN AL-SARRAF	University of Karbala/ University of Mosul/IRAQ
Effect Of Adding Okra Calyx Powder On The Sensory Properties And Nutritional Value Of Wheat Biscuits		Zena Mahmud Abidmossa Mahmed Ashraq Monir	University Baghdad/Iraq
Studying The Chemical And Nutritional Properties Of Almond Flour And Its Use In Laboratory Biscuit Manufacturing		Hasananain Hadi Fadhil Baidaa Hafidh Mohammed	University Baghdad/Iraq
A Weighted Triangular Approximation Method For Fuzzy Numbers		Mohamed AIT MOHAND Aziz EL GHAZOUANI Mhamed EL OMARI	Sultan Moulay Slimane University

27.12.2025 / Hall-13, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. BELAID L'KAIHAL*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Pricing Financial Options under Uncertainty Using Fuzzy Fractional PDE Models: A Hybrid Analytical Approach	Mohamed OUALD-MOUNTI Aziz EL GHAZOUANI Hamid SADIKI	Sultan Moulay Slimane University
Mathematical Study of a Thermo-Viscoelastic Contact Problem Involving a Hemivariational Inequality	Prof. Dr. BELAID L'KAIHAL Prof. Dr. BOUALLALA MUSTAPHA Prof. Dr. ESSOUFI EL HASSAN	Hassan first University
Financial Performance Of Cryptocurrency-Enabled Tokenized Real Estate Assets: An Empirical Evaluation Of Liquidity, Participation, And Returns	Aminu Yakubu Boyi Sani Inusa Milala	Universiti Tun Hussein Onn Malaysia
Women In Decision-Making Roles: From Structural Barriers To Leadership Expansion	Dr. Jayasree Krishnan	Vels Institute of Science, Technology and Advanced Studies
Methodology In Research: Qualitative Data Analysis And Case Study	Dr Khalida Madoui	The Higher School of Teachers Assia Djebbar Constantine Algeria
Advanced Physico-Chemical Treatment Of Agro-Food Industry Effluents	Mohamed El Morsy Laila Afia	Ibnou Zohr University
Effects Of Flipped Classroom Modes On The Retention Of Pre-Service Mathematics Teachers In Colleges Of Education, North-Central	Job, S. J. Hassan, A. A. Prof. Gimba, R. W. Prof. Enagi, A. I.	Federal University of Technology
Strengthening Multisectoral Governance For Stunting Reduction In Indonesia: A Comprehensive Policy Analysis And International Comparative Review	Syed Agung Afandi Muslim Afandi Rizki Erdayani	Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim/INDONESIA

27.12.2025 / Hall-15, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof.Svitlana MYSHKO*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Vitamin D Levels Correlated With Hormonal Levels In Early Menopause	Burlica Sorin Ardelean Anamaria Furau Cristian Buleu Florina Burlica Adela Petre Izabella Petre Ion	University of Medicine and Pharmacy "Victor Babes"/ 2 Western University
Solo Song And Vocal Cycle In Ukrainian Music: Paths Of Genre Evolution And Stylistic Synthesis	Oksana Pysmenna Assoc. Prof.Svitlana MYSHKO	Mykola Lysenko Lviv National Music Academy/ Uzhhorod National University/UKRAINE
Promoting The Formation Of Solo Garlic At Low Altitude By Spraying Coumarin And Applying Liquid Fertilizer At Different Rates	Usman K.J. Suharjo T. Pamekas M. Simarmata H. Harioski1	Bengkulu University
5G Antenna Gain Enhancement Using A Novel Metasurface	P C Praveen Kumar,P. Keerthi, M. Lalitha, P. Lakshmi Deepthi, P. Sujitha, P. Rushitha	G. Pulla Reddy Engineering College
HFSS-Based Design And Performance Analysis Of A Rectangular Microstrip Patch Antenna For ISM Band Applications	P C Praveen Kumar 1 ,K. Nuthana1, K. Lakshmi Navya2, M. Geethanjali3, K. Mamatha4	G. Pulla Reddy Engineering College
Design Of An ECE-Shaped Microstrip Patch Antenna Using HFSS	P C Praveen Kumar,G.Sreeja, J.Sukanya, J.Rupa, M. Yeswitha	G. Pulla Reddy Engineering College
Design And Simulation Of A 2.4 Ghz Circular Microstrip Patch Antenna Using HFSS	P C Praveen Kumar,R. Naga Roshan , R. Ganesh Reddy, P. Chanakya, S.Hemanth	G. Pulla Reddy Engineering College
Design And Simulation Of A Dual-Frequency Wearable Antenna For Smart Watch Supporting NFC And Bluetooth Communication	P C Praveen Kumar,G. Tejaswini, G. Shirisha, G. Mamatha, J. Lakshitha	G. Pulla Reddy Engineering College

27.12.2025 / Hall-16, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13:30 16:00		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Praveen Kumar*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Design and Analysis of a Wearable Textile Antenna for a Biomedical Application	P C Praveen Kumar,B.Sowmya, D.Swathi, D.Dilshad, G.Reddy Hari Priya	G. Pulla Reddy Engineering College
Hexagonal Graphene Patch Antenna with CPW Feed for 5G Systems	P C Praveen Kumar , A.Nageshwari , B.Deepthi , C.Meghana , D.Varshini	G. Pulla Reddy Engineering College
Cross Shaped Microstrip Patch Antenna Using Hfss	P C Praveen Kumar, Kalamalla Naga Padmini Kalva Vishnu Priya,Kamle Indhu ,Karre Varshitha	G. Pulla Reddy Engineering College
Compact Infinity-Shaped Microstrip Antenna With Improved Impedance Matching For Wireless Communication	P C PRAVEEN KUMAR 1 ,A.DIVYA 2 , A.PRIYADARSHINI 3 , A .YASHASWINI 4 , R.BHARGHAVI 5	G. Pulla Reddy Engineering College
HFSS-Based Design And Performance Analysis Of A Rectangular Patch Antenna	P C Praveen Kumar, P.Maneesha, S.Hafizun, N.Wagdeevvee, P.Pushpanjali	G. Pulla Reddy Engineering College
Design And Analysis Of A Star-Shaped Variable Microstrip Patch Antenna For 5G Wireless Communication Using Polystyrene Substrate	P C Praveen Kumar 1 ,Shaik Mohammad Fazil 2 ,T. Jay Simha S.Dheeraj Kumar 4 ,S.Abdul Nadeem	G. Pulla Reddy Engineering College
ANSYS HFSS–Based Design And Simulation Of An FR4 Epoxy Microstrip Patch Antenna Operating At 6.64 Ghz	P C Praveen Kumar 1 , G Shravya Sri 2 , S Nakshathra Bai	G. Pulla Reddy Engineering College
Electromagnetic Performance Analysis Of An E-Shaped Microstrip Patch Antenna	PC.Praveen Kumar 1 , G.Mahidhar Reddy 2 ,K.Vinil Sai Kumar Reddy 3 ,B.Jagan 4 ,D.Manideep	G. Pulla Reddy Engineering College

27.12.2025 / Hall-17, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 16.⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>MUHAMMAD FAISAL</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Artificial Intelligence–Enabled Risk Management In Pension Finance Under Population Aging: A Governance Perspective Based On A Life-Cycle Asset–Liability Framework		Dr. Li Zeng Prof. Wee-Yeap Lau	Henan Polytechnic University/CHINAUniversiti Malaya/MALAYSIA
Growth Assessment and Economic Indices of <i>Clarias gariepinus</i> cultured in a <i>Clarias</i> -Duckweed Aquaponics System		Isah M. C. Hamzat A. Olatunde, A. A. Ndana, T. K. Abdulmalik R. H. Ndaiji A.	University of Abuja/Ibrahim Badamasi Babangida University Lapai
Ethical Challenges And Bias Mitigation In Artificial Intelligence Models		J.Jeyavarshana Dr S.SELVAM	S.Vellaichamy Nadar College
Strategic Revitalization Of Special Education Institutions In Pakistan With Methodological Framework For Institutional Transformation		MUHAMMAD FAISAL	Allama Iqbal Open University
The Importance Of Early Diagnosis And Treatment Of Types Of Malocclusions In Children Collaboration Between General Dentist, Pedodontist And Orthodontist, A Literature Review		Doc. Elona Hasalla Prof.As. Dr. Celjana Toti Dr. Gerta Kacani, Ilda Taka Brandi Fahriu	University of Tirana/ “Aleksandër Xhuvani” University
Modern Dance In Tourism Events: Strengthening Tourism Experiences, Destination Image, And The Value Of The Creative Economy		Ade Irma ANGGRAENI Marsya Amurah UFAIRAH Rezanto NURUDIN	Universitas Jenderal Soedirman/INDONESIA
Meta-Analysis Of Role Of 21st Century Skills In The Field Of Education		Dr. YOGITA KAMAL Dr. ROHI RANI	School of Education Davv Indore/ Jammu and Kashmir
The Effect Of Indoleacetic Acid And Indole-3-Butyric Acid Concentrations On The Rooting And Growth Of <i>Thymus Atlanticus</i> Cuttings		Ranya Hajjami Ahmed rida Hajjami Amine Oubrhou Chakib Alem	Prefectural University/ Sciences and Techniques, Errachidia, Moulay Ismail, Morocco/JAPAN

27.12.2025 / Hall-18, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 15.³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Talha Suhayeb Arko</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Bindu - A Non-Invasive Blood Group Detection System Using Fingerprint		Talha Suhayeb Arko Nusrhat Jahan Sarker	Daffodil Institute of IT/BANGLADESH
Yield And Quality Of Cucumber (Cucumis Sativus L.) As Influenced By Staking Operation And The Size At Harvest In An Organic System		AyanfeOluwa, O. E. Komolafe, A. F. Kayode, C. O.	Federal College of Agriculture
Recent Advances in Targeted Carbon Based Nanoparticles for Cancer Therapy : Concise Review - Groundwork for Applied Research		A.AZOUAGHE M. EL MAHAMDI W. DAOUDI A. EL AATIAOUI	Mohammed First University/ Hassan First University
Institutional Readiness For AI Transformation In Educational Management: A Mixed-Methods Assessment		Moses Adeolu AGOI Oluwakemi Racheal OSHINOWO Samuel Olayiwola AJAGA Oluwanifemi Opeyemi AGOI	Lagos State University/ Obafemi Awolowo University
Renewable Energy And The Energy Transition In Albania		Silvana Nakuci	Agricultural University of Tirana
The Applying Of Four-Dimensions Concurrent Engineering In Iraqi Manufacturing Firms		Karrar Abdullah Azeez Marwah Abdulkareem Mahmood, Sarah esaam hasan haider naama	University of Kufa
The Psychology Of Digital Spending: How E-Wallets Shape Impulsive Buying Among Young Consumers		Dr. Jayasree Krishnan	Vels Institute of Science Technology and Advanced Studies (VISTAS)
Times New Roman, 11 Pt, Bold		Abu Kowsar Mahatir Ahmed Tusher	Islamic Unisersity/VIT-AP University
Older Adults As Strategic Actors In Community Development: From Social Service Beneficiaries To Active Resources For Social Cohesion And Sustainability		Sorina Corman Alin Croitoru	Lucian Blaga University/ROMANIA

27.12.2025 / Hall-19, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13:³⁰ 15:³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Olga Berta Szabóné*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Women In The Labour Market: Economic Perspectives On Equality And Barriers	Olga Berta Szabóné PhD	University of Nyíregyháza
Fraud And Deposit Money Banks' Performance Nexus In Nigeria	ACHUGAMONU Bede Uzoma NWANKWO Alexius Ndudi OMANKHANLEN Alexander Ehimare	Covenant University
The Methodology Of Imam Al-Nawawi In Addressing Contradictory And Problematic Hadiths In Al-Minhāj: A Critical Analysis	Fazirun Md Hanipah Mohd Farhan Md Ariffin	-----
Prevalence & Management Practices Of Food & Mouth Disease (Fmd) In Cattle In Chandpur Sadar, Chandpur	Musfikah Jannat Dr. Sajeda Sultana Dr. Sajedul Hayat	Sher-e-Bangla Agricultural University
Hybrid Lstm–Gnn–Ppo Framework For Adaptive Resource Allocation In Energy-Efficient 5g Networks	Tanimu BALA Ibrahim ALHAJI LAWAN	Aliko Dangote University
Times New Roman, 11 Pt, Bold How To Localize Efl Speaking Lessons For Cambodian Learners	Shally TOUN	Pannasastra University of Cambodia (PUC)
Therapeutic Potential Of Seagrass Bioactives In Inflammation Management	Dr. Vani Mathakala P. Uma Maheswari Devi	Sri Padmavati Mahila university
Gender As A Determining Factor In Albanian Political Leadership	Miranda Prifti	Tirana Business University College

27.12.2025 / Hall-20, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 15.³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: ***KHERRAB Mohamed***

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Genetic Algorithm–Optimized PID Control for 3R Robotic Manipulator Modeling and Simulation in MATLAB/Simulink	SATLA Zouaoui BENDINE Kouider KHERRAB Mohamed	Tissemsilt University/Djillali Liabes University
Artificial Intelligence Assisted Molecular Design in Chemical Sciences	GAAYATHRI DEVI R Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Agro-Waste Derived Bioplastics for Sustainable Packaging	VIJAY I Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Chemical Sensor Materials for IoT-Based Environmental Monitoring	GOKUL S Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
ELECTROACTIVE POLYMERS FOR SOFT ROBOTICS	NAGA HARINI V K Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Carbon Capture Materials for Climate Change Mitigation	AVUGADDI HARIN RAJADITYA Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Parenting in a Contemporary Changing World: Lessons from the Epic Ramayana	Sadhna Jain	University of Delhi
A Systematic Literature Review Of Personal Branding On Social Media	Ade Irma ANGGRAENI Eka AGUSTINA	Universitas Jenderal Soedirman

27.12.2025 / Hall-21, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13:³⁰ 16:⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. M. Meena*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Functional Nanomaterials for Cancer Diagnosis and Drug Delivery	GAYATHRI D Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Photocatalytic Materials for Wastewater Treatment and Pollution Control	K GOKUL SURYA Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Green Hydrogen Production via Advanced Catalytic Materials	GANESH BAABU S Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Nanomaterials For Food Preservation And Safety	LOKINA JYOTHI Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Smart Biodegradable Polymers for Environmental and Biomedical Sustainability	GANDAVARAPU KAMALANI SRI DR. M. MEENA	R.M.K. Engineering College
Sustainable Construction Materials from Industrial Waste	NASHITHA M S Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Sustainable Polymer Nanocomposites for Next-Generation Packaging Applications	FENY CHRISTOPHER J S DR. M. MEENA	R.M.K. Engineering College
Wearable Polymer-Based Biosensors for Healthcare	VIJAY SUNDAR V Dr. M. Meena	R.M.K. Engineering College
Addressing and Normalizing Chemical Misconceptions Through Technology-Enhanced Instructional Strategies in the 21st-Century Chemistry Classroom	Hassan Aliyu	Sokoto State University

27.12.2025 / Hall-22, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13.³⁰ 15.¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Ourida BENOUMANE</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Statutory Removal And Contractual Protection Of Directors Under CAMA 2020: A Comparative Analysis Of Uk And South African Company Law		Tarms Kagbala Esq	Federal Polytechnic Ekowe
Sustainable Nitrogen Management For Reducing Environmental Impacts In Agriculture		ELABBARI Chaimaa Pr. Labjar Najoua Pr.EL Hajjaji souad	Mohammed V University
Physical And Mechanical Performance Of A Sustainable Geopolymer Mortar Produced From Algerian Ggbfs		Zineb Abeoub Samira djaknoun	Houari Boumediene University of Science and Technology
Isolation, Identification and Phenotypic Analysis of the Oral Bacterial Species from Supragingival Dental Plaque and Their Association with Different Factors		Dr. Mehwash Kashif Prof. Dr. Mehmooda Kazmi Prof. Dr. Farzeen Tanwir Prof. Dr. Shazia Akbar Fatima Mujtaba	Bahria University of Health Sciences/Jinnah University for Women/Dow Dental College/Karachi Medical and Dental College/ Karachi Metropolitan University
Valorization Of Agricultural By-Products Through Small-Scale Production Units: A Case Study On Red Beer With Rosehip Waste		Andrei Borşa Alexandra Raluca Borşa (Bogdan) Cristina Anamaria Semeniuc Salanta Liana Farcas Anca Mircea Valentin Muntean	University of Agricultural/ROMANIA
Mutagenic Effects Of Ethyl Methane Sulfonate (Ems) On Agromorphological Parameters And Oil Quality On Groundnut (Arachis Hypogaea L.) In North Central Nigeria		DANGANA, M.C. DAUDU, O.A.Y. ABDULLAHI, A	Federal University//Nigeria
Phytochemical Study and Valorization of Date Seeds		Ourida BENOUMANE	Scientific and Technical Research Center on Aride Areas /ALGERIA

27.12.2025 / Hall-23, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13. ³⁰ 16. ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: Prof. Dr. Syed Ali Raza NAQVI			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Effect Of Lipid-Based Multiple Micronutrients Supplementation In Underweight Primigravida Pre-Eclamptic Women On Maternal And Pregnancy Outcomes: Randomized Clinical Trial		Dr. Kalsoom TARIQ Dr. Nabila SHER Hashim KHAN	-----
Demographic Differences In The Seroprevalence Of Co-Infection Of Hcv Hbv In Hiv Patients In Peshawar		Bela Inayat Kalsoom Tariq Ayesha Jameel	Khyber Girls Medical College
Towards Agile Auditing: How Digital Transformation Redefines Practices In Morocco		Fatine BENKIRANE Mohamed AIT OUDRA Samir ERRABIH Salma LAKHSSASSI Mimoun BENALI	Mohamed Ben Abdellah University/MOROCCO
Automation Of The Audit Process : Between Technological Revolution And Employment mj0*Challenges		Fatine BENKIRANE Mohamed AIT OUDRA Samir ERRABIH Salma LAKHSSASSI Mimoun BENALI	Mohamed Ben Abdellah University/MOROCCO
Antioxidant, Enzyme Inhibition And Toxicology Studies Of Methanol Extracts Of Selected Medicinal Plants		Hiba Shahid Prof. Dr. Syed Ali Raza NAQVI	Government College University
Agroecology and Indian Farming: Towards a Sustainable Agricultural Revolution		Dr. Sanchita RAY Dr. Preeti RANI	ShardaUniversity /INDIA

28.12.2025 / Hall-1, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11⁰⁰ : 13⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ALKIŞ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Theoretical Examination Of The Relationship Of Accounting Information System With Sustainable Development Goals	Assist. Prof. Dr. Abdulrezzak İKVAN	Adıyaman University
Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Methods In Digital Markeing Research: A Systematic Review Based On Web Of Science Database	Yunus AKTAŞ Assoc. Prof. Dr. Ömer Faruk RENÇBER	Gaziantep University
A Bibliographic Analysis Of Postgraduate Theses Published In Türkiye On The Topic Of The Glass Ceiling Syndrome	Assist. Prof. Dr. Aydın ÖZDEMİR Ece CİGAL Mehmet Ercan BALTALI	Adıyaman University/Gaziantep Islam Science and Technology University
Bibliometric Analysis Of Doctoral Theses On Strategy Prepared In Turkey Using Data Envelopment Analysis	Assoc. Prof. Dr. Hüseyin ALKIŞ Assist. Prof. Dr. Aydın ÖZDEMİR Ece CİGAL	Adıyaman University
Retro Marketing In Azerbaijan Technology Retailing: The Impact Of Kontakt Home's Nostalgic Advertisements On Consumers	Mahammad MAMMADLI Assist. Prof. Dr. Abdulkadir ŞENCAN	İstanbul Ticaret Üniversitesi/İstanbul Kent Üniversitesi
The Concept Of Sustainable Fashion	Assoc. Prof. Dr. Onur ÇETİN	Trakya University
The Future Layer By Layer: 3d Printing Technologies	Hilal UCAK	Süleyman Demirel University
The Context Of Workplace Inclusion And Business Model Innovation	Assist. Prof. Dr. Mustafa ŞENYÜCEL	Haliç University

28.12.2025 / Hall-2, Session-1

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11⁰⁰ : 13¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Mustafa METE*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Health Financing Models	Meryem YAĞMUR	Aksaray Üniversitesi
Asgari Ücretli Çalışanlarda Yoksulluk Ve Sosyal Dışlanma İlişkisi	İpek ERGÜLEÇ Assoc. Prof. Dr. Ali Kemal NURDOĞAN	Süleyman Demirel Üniversitesi
The Effects Of Maritime Transportation On Economic Growth And International Trade	Melike ÖZDEMİR Prof. Dr. Mustafa METE	Gaziantep University
Dumping Margin Effects: Applications Of Market Economy Classification For Chinese Imports Into Turkey Between 2015 And 2025	Veliburak KAHRAMANOĞLU Abdulrazak SAYED DARWISH Prof. Dr. Mustafa METE	Gaziantep University
Global Income Inequality, International Trade And Purchasing Power Parity (Ppp)	Hamide Nur YAZAR Prof. Dr. Mustafa METE	Gaziantep University
International Trade Policies And The Environment: An Analysis Within The GATT/WTO Framework	Muhsin Çağlar ASLAN Mustafa METE	Gaziantep University
International Trade And Global Currency Wars: A Theoretical And Factual Perspective	Prof. Dr. İlhan EROĞLU Assoc. Prof. Dr. Nalan KANGAL EROĞLU Dr. Esra KANGAL	Tokat Gaziosmanpaşa University/Sivas Cumhuriyet University
Next-Generation Service In Call Centers: AI-Assisted Customer Representative	Dr. Tuğkan ARICI Emre KAYACI	Gebze Technical University/Turkcell Global Bilgi
Lebanon In The Light Of Global And Regional Competitions In The 20th Century	Ph.D. Student, Canan EFE Prof. Dr. Sibel TURAN	Trakya University

28.12.2025 / Hall-3, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11 ³⁰ : 13 ¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Andaç Kutay SAKA*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Determination Of Biochemical Properties In Some Hot Pepper (<i>Capsicum Annuum</i> L.) Genotypes Collected From Ordu Province	Assist. Prof. Dr. Andaç Kutay SAKA Adnan UĞUR	Ordu University
The Role Of Artificial Intelligence–Enabled Personalization In Digital Marketing On Shopping Well-Being And Shopping Ill-Being: A Conceptual Approach In The Context Of Emerging Economies	Nazlı TIĞLI	Van Yuzuncu Yıl University
The Relationship Between Country Image, Digital Trust, And Marketing In International E-Commerce: A Theoretical Review	Nazlı TIĞLI	Van Yuzuncu Yıl University
An Analysis Of Opportunities And Challenges For Reconstruction In A Fragmented Political Landscape: A Case Of Syria	Tamam DUBEL Pelin ALİYEYEV	Hasan Kalyoncu University
Constraints On Afghan Repatriation: Push And Pull Factors Shaping Return Decisions	Abdulwareth ALKASEM Pelin ALİYEYEV	Hasan Kalyoncu University

28.12.2025 / Hall-4, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11³⁰ : 13³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Uzm. Yasemin AĞAOĞLU</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Türkiye’de Belediyelere Kayyum Atanması Uygulamaları		Fatih ACAR Prof. Dr. Çiğdem AKMAN	Süleyman Demirel University
(Brand Silence In Times Of Crisis And War: The Effects Of Digital Silence Strategies On Consumer Perception And Brand Loyalty)		Dönüş ELRİ Assoc. Prof. Dr. Cihat KARTAL Prof. Dr. Tülin DURUKAN Assist. Prof. Dr. Serhat KARAOĞLAN Yunus Emre BENLİ	Kırıkkale University
The Impact Of Sustainable Marketing Strategies And Ethical Communication On Brand Reputation In Health Tourism		Yunus Emre BENLİ Dönüş ELRİ Assoc. Prof. Dr. Cihat KARTAL Prof. Dr. Tülin DURUKAN Assist. Prof. Dr. Serhat KARAOĞLAN	Kırıkkale University
Designing A Module For Developing Critical Thinking Skills Of Candidate Teachers		Prof. Dr. Sevilay ŞAHİN Zahir ATTAL	Gaziantep University
The Impact Of Artificial Intelligence And Digital Transformation On Service Employees’ Perceptions And Job Roles		Nurgül KARAÇAM Şemseddin GÜNDÜZ	Necmettin Erbakan University
The Role Of Cooperatives In Financing The Agricultural Sector In Turkey And Accounting Practices		İbrahim UYSAL Assoc. Prof Dr. Ferhat BİTLİSLİ	Burdur Mehmet Akif Ersoy University
Katılım Bankalarının Sorunlu Kredilerini Varlık Yönetim Şirketlerine Satışına Yönelik Bir İnceleme		Cemil BALKANLI	Sakarya Uygulamalı Bilimler University
A Two-Dimensional Examination Of Customer Satisfaction In Turkish Airlines: An Analysis Of Internal And External Customer Reviews		Res. Assist. Ayçe YILMAZ Res. Assist. Gülnur YAĞICI	Yeditepe University

28.12.2025 / Hall-5, Session-2

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	11 ³⁰ : 13 ³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. İshak KESKİN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Interest In Homemade Food Within Out-Of-Home Consumption: Motivations Behind Consumers' Purchases Of Home-Cooked Meals	Assist. Prof. Dr. Çiğdem ALİÇAVUŞOĞLU	Tokat Gaziosmanpaşa University
Unifying Voices: Why Teachers And School Leaders Join Education Unions	Dr. Suna UTAR ÖZKAN Serdar DEMİR Sevilay ŞAHİN	Gaziantep Islam Science & Technology University/Gaziantep University
Management Of Logistics Operations According To The Characteristics Of Incoterms In International Trade	Metin KETBOĞA	Malatya Turgut Ozal University
The Importance Of Contracts In International Trade: Legal Protection And Commercial Sustainability	Metin KETBOĞA	Malatya Turgut Ozal University
The Role Of The Economic Development Foundation (IKV) In Türkiye–Eu Relations	Ekrem Yaşar AKÇAY	Suleyman Demirel University
Türkiye–Eu Relations In The Election Manifestos Of Political Parties In The 2023 General Elections	Ekrem Yaşar AKÇAY	Suleyman Demirel University
Preserving The Document, Neglecting The Body: The Historical Transformation Of Archival Working Conditions	Prof. Dr. İshak KESKİN	İstanbul University
Within The Context Of Fundamental Political Ideologies: The Western Perception Of İsmet Özel And Ali Shariati	Sema AYDIN Assoc. Prof. Dr. Emre SAVUT	Mehmet Akif Ersoy University

28.12.2025 / Hall-6, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 14 ⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Selim KANAT*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Nexus Between Climate-Induced Food Insecurity And Irregular Migration: A Multidimensional Analysis	Assoc. Prof. Dr. Selim KANAT	Suleyman Demirel University
The Impact Of The European Green Deal On The ‘Climate Adjustment’ Of Türkiye-Eu Relations	Assoc. Prof. Dr. Selim KANAT	Suleyman Demirel University
Sustainability Of The Current Account Deficit In Türkiye: An ADF And Fractional Frequency Fourier ADF Approach	Ali Rauf KARATAŞ	Karabuk University
An Analysis Of Macroeconomic Factors Affecting Private Automobile Demand In Türkiye	Sefa ERKUŞ Ali Rauf KARATAŞ	Karabuk University
Digital Nomadism: A Conceptual Framework, Work Practices, And Economic Impacts	Res. Assist.Adnan SOYSAL Prof. Dr. Müslüme NARİN	Ankara Hacı Bayram Veli University
The Impact Of Syrian Refugees On Social Life And Crime Rates In Turkey: A Research Design On Kilis And Bayburt Natural Experiment	Res. Assist.Adnan SOYSAL	Ankara Hacı Bayram Veli University
Türkiye’s Comparative Advantages In The Foreign Trade Of Beverages (Alcoholic/Non-Alcoholic) And Tobacco Products (1996-2025)	Cansu ÇÖĞÜRCÜ Kazım SARIÇOBAN	Burdur Mehmet Akif Ersoy University
The Level Of Specialization In Türkiye’s Sunflower Foreign Trade (2002-2024)	Cansu ÇÖĞÜRCÜ Kazım SARIÇOBAN	Burdur Mehmet Akif Ersoy University

28.12.2025 / Hall-7, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Resc. Assist. Dr. Kaan YİĞENOĞLU</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	
An Empirical Examination Of Inflation Hedging Abilities Of Oecd Stock Markets		Prof. Dr. Önder BÜBERKÖKÜ Resc. Assist. Dr. Kaan YİĞENOĞLU	
Examining The Impacts Of The Level Of Financial Development On Income Distribution Inequality		Prof. Dr. Önder BÜBERKÖKÜ Resc. Assist. Dr. Kaan YİĞENOĞLU	
The Contribution Of Expenditure Components To Economic Growth In Türkiye (2010–2023)		Prof. Dr. Savaş ERDOĞAN Betül BAYRAM	
Financial Transfers On The Egyptian Economy During The Period 2005–2023		Habib Elfahd Mahmoud Abdelsamie Badr Aly Habib Prof. Dr. Mehmet ALAGÖZ	
Emotion Based Analysis In Financial Markets: The Theoretical Relationship Between Information, Perception, And Decision Making		Şafak Sönmez SOYDAŞ	
Climate Migrants Under The Convention Relating To The Status Of Refugees		Assoc. Prof. Dr. Emre CENGİZ Prof. Dr. Ömer UĞUR Prof. Dr. Metin AKSOY	
Rethinking Displacement In The Context Of The Climate Crisis		Assoc. PProf. Dr. Emre CENGİZ Prof. Dr. Metin AKSOY Prof. Dr. Ömer UĞUR	

28.12.2025 / Hall-8, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Levent KOÇER*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Evaluation Of The “Nature Journey For A Barrier-Free Life” Project Carried Out With Students Diagnosed With Mild Intellectual Disability Within The Scope Of The Tübitak 4008 Program	Eser TEMİZ Fatih ORÇAN Arzu TANRIVERDİ Hasan KIZILKAYA Ahsen Ela KIZILKAYA	Kahramanmaraş Provincial Directorate of National Education, R&D/ Kahramanmaraş Sütçü İmam University/ Afyon Kocatepe University/İnönü University
Evaluation Of The “Heroic City Celebrates Science With Festivals – 2” Project, Implemented Within The Scope Of The Tübitak 4007 Science Festivals Support Program	Eser TEMİZ Emre ARICI	Kahramanmaraş Provincial Directorate of National Education
Determination Of Aggregate Spillage On Belt Conveyors Using Discrete Element Method (Dem) Analysis	Levent KOÇER	Teknomak İmalat San. ve Tic. A.Ş.
Optimization Of A Mixing Tank Using The Dem-Sph Method	Levent KOÇER	Teknomak İmalat San. ve Tic. A.Ş.
The Effect Of Nozzle Angles On Pressure Losses In Diesel Burners	Nur ARTUÇ	Teknomak İmalat San. ve Tic. A.Ş.
Stress And Deformation Characteristics Of A Dust Collection Filter System Under Seismic And Wind Loads According To Eurocode Standards	Nur ARTUÇ	Teknomak İmalat San. ve Tic. A.Ş.

28.12.2025 / Hall-9, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ⁰⁰ : 13 ³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Lect. Çisil ÇAMLI PULAT*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Creating Analytical Decision Structures In The Energy Sector Using Hierarchical Clustering Methods	Ahmet GÜRGAŞIN	Astor Enerji A.Ş., AR-GE Merkezi
Supplier Performance Evaluation Using Vikor, Edas, And Topsis Methods: An Application In The Energy Sect	Ahmet GÜRGAŞIN	Astor Enerji A.Ş., AR-GE Merkezi
An Analysis Of The Production Of Aluminum Transmission Mounts Using Additive Manufacturing Methods	Beyzanur BAŞAR Osman ALINAK	Kentpar Otomotiv A.Ş., AR-GE Merkezi
Investigation Of The Hydraulic Rebound Stop (Hrs) System In Conventional Passenger Vehicle Shock Absorbers	Tuncay ALPAR Abdurrahim ARKAN	Maysan Mando, Demirtaş Dumlupınar
Dose- And Time-Dependent Cytotoxic Effects And Detection Of Its Volatile Components By Gc-Ms Of Equisetum Arvense L. In Human And Murine Triple-Negative Breast Cancer Cells	Lect. Çisil ÇAMLI PULAT Lect. Fatma DOYUK	Manisa Celal Bayar University
Phytochemical And Cytotoxic Assessment Of Resurrection Plant (Anastatica Hierochuntica) In Pc3 And Du145 Cells	Lect. Çisil ÇAMLI PULAT Lect. Fatma DOYUK	Manisa Celal Bayar University

28.12.2025 / Hall-10, Session-3

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Rifat ATAY</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
İjzazhs From The Ottoman Period To The Present: A Study Of Three Examples From The 18th, 19th, And 20th Centuries		Berkan ÇIRPAN Assoc. Prof. Dr. Ömer MÜFTÜOĞLU	Eskişehir Osmangazi University
The Doctrine Of Kant's Morality (Moralitat) Versus Hegel's Idea Of Ethical Life (Sittlichkeit)		Tuba İLHAN DALAR	Kilis 7 Aralık University
The Future World: Posthumanism, Feminism, And The Changing Roles Of The Father		Süleyman GÜMÜŞ Resul SUÇİN	Kırklareli Provincial Office of the Mufti / Kırklareli University
The Concept Of Adab In Islamic Educational Thought		Assist. Prof. Dr. Ahmet BEKEN	Çukurova University
The Concept Of Tarbiyah And Its Fundamental Dimensions		Assist. Prof. Dr. Ahmet BEKEN	Çukurova University
The Impact Of Ta' rîz (Indirect Expression) Style On Learning Processes In The Qur'an		Assoc. Prof. Dr. Servet DEMİRBAŞ	Ankara Yıldırım Beyazıt University
The Concept Of Reason In Necip Fazıl Kısakürek In The Context Of The Relationship Between Reason And Faith		Prof. Dr. Rifat ATAY Nesuh KAYA	Akdeniz University
Maturidi Readings In The Context Of Religious Diversity		Prof. Dr. Rifat ATAY Berat TIRAŞ	Akdeniz University

28.12.2025 / Hall-11, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 14¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Berna DUMAN AYDIN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Detection Of B-Sitosterol, Gelatin, And Starch In Dairy Products Sold In Diyarbakır And Determination Of Adulteration	Serap AKÇADAĞ YILDIZ Assoc. Prof. Dr. Berna DUMAN AYDIN	Tarım ve Orman Bakanlığı/Dicle Üniversitesi
The Advancement Of Digital Agriculture And Smart/Intelligent Production Systems	Wahidullah HILAL Assoc. Prof. Dr. Seyit HAYRAN	Cukurova University
Rutin As A Natural Flavonoid: Chemical Properties, Biological Activity, And Therapeutic Perspectives	Mehmet BAŞEĞMEZ Lect Dr. Senem TÜFEKÇİ	Pamukkale University
Genome-Wide Association Studies In Farm Animals	Eda KÖRLÜK Fatma İLHAN	Selcuk University
Optimization Of Sweetness Flour Formulation And Production Process	Nuri Serdar GÜNDOĞAN Ceyda KAÇMAZ GÜMÜŞ	Tellioğlu Yem Gıda Entegre Tesisleri San. ve Tic. A.Ş.
Some Economically Valuable And Endemic Plants Naturally Growing Around Yaylakonak Town (Adıyaman)	Dr. Talip ŞAHİN Prof. Dr. Ömer KILIÇ Şinasi YILDIRIMLI	Adıyaman University/Hacettepe University
Fumigant Resistance In Stored-Product Insects And Sustainable Fumigation Strategies	Assist. Prof. Dr. Fatma Nur ELMA Hüseyin ÇETİN	Selçuk University

28.12.2025 / Hall-12, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12³⁰ : 14³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Nacide KIZILDAĞ ÖZDAL</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Tarla Tarımında Twin-Row Ekim Yöntemiyle Yüksek Verim Potansiyeli		Prof. Dr. Erkan BOYDAK Selim ÖZDEMİR	Bingöl University
New Findings On The Transmission Of Plant Diseases By Insect Vectors And Studies On Vector Behavior		Lect. Nagihan KILIÇ Assist. Prof. Dr. Murat GÜVEN	Iğdır University
New Generation Formulations In Pheromone-Based Biotechnical Pest Control		Lect. Nagihan KILIÇ Res. Assist. Dilek Doğan AKDAĞ Assoc. Prof. Dr. İsmail ALASERHAT	Iğdır University
Relationships Between Somatic Cell Count And Some Milk Quality Traits In Bafra Sheep Milk		Ömer Faruk YILMAZ Prof. Dr. Mehmet Akif ÇAM	Ondokuz Mayıs University
The Impact Of Plant, Animal, And Microbial Fertilizers On The Sustainability Of Agriculture		Merve Nur EKTİREN Prof. Dr. Erkan BOYDAK Assoc. Prof. Dr. Zeynep DUMANOĞLU	Bingol University
Evaluation Of The Growth Performance Of Different Ornamental Plants Under Heavy Metal Stress		Fatma Nur KILIÇ Sude Nur ÖZCİHAN Osman SÖNMEZ	Erciyes University
Nanoparticle Production From Waste Biomass		Assoc. Prof. Dr. Nacide KIZILDAĞ ÖZDAL	Çukurova University
Influence Of Nanotechnology-Enabled Fungicides On Enzyme Activity		Assoc. Prof. Dr. Nacide KIZILDAĞ ÖZDAL	Çukurova University

28.12.2025 / Hall-13, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	12 ³⁰ : 14 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assist. Prof. Dr. Ali Fuat YALÇIN</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Students' Views On The Design Of An In-School Science Street: A Phenomenological Study		Sibel DEMİRTAŞ Bilge ÖZTÜRK Betül KÜÇÜK DEMİR	Milli Eğitim Vakfı Konursu İmam Hatip Ortaokulu/ Bayburt University
An Examination Of Students' Views On The Implementation Of The Harezmi Education Model		Sibel DEMİRTAŞ Bilge ÖZTÜRK Betül KÜÇÜK DEMİR	Milli Eğitim Vakfı Konursu İmam Hatip Ortaokulu/ Bayburt University
A Review Of Postgraduate Theses On Different Approaches Used In Preschool Education In Türkiye		Fatma ÇALIŞANDEMİR Elif Nihan KURT Özge ÖZEL	Mehmet Akif Ersoy University
An Examination Of Postgraduate Theses On Father-Child Communication /Interaction In The Preschool Period		Fatma ÇALIŞANDEMİR Elif Nihan KURT Özge ÖZEL	Mehmet Akif Ersoy University
Ortaokul Matematik Öğretiminde Yapay Zekâ Kullanımına İlişkin Öğretmen Görüş, Deneyim Ve Önerileri		Prof. Dr. Necdet KONAN Esmâ CİCİ	İnönü University
The Mediating Role Of Perceived Social Support In The Effect Of Psychological Rigidity On The Meaning Of Life		Assist. Prof. Dr. Ali Fuat YALÇIN Serdar ABBAS Gülfidan BUĞDAY Hatice GÖRGÜLÜ	Necmettin Erbakan University
The Importance Of Environmental Education In Early Childhood And Examples Of Some Effective Practices		Fatih KURT Assist. Prof. Dr. Mürşet Çakmak	Mardin Artuklu Üniversitesi
Teachers' Evaluations Regarding In-Service Training		Bayram GÖKBULUT Pınar ÇUKDAR Beyza KORKMAZ	Zonguldak Bülent Ecevit University
A Study On The Opinions Of 8th Grade Middle School Students Regarding Writing Motivation		Prof. Dr. Hasan BAĞCI Y. L. Öğrencisi Ahsen SAVAŞER	Burdur MAKÜ

28.12.2025 / Hall-14, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 15⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Aysel KOCAKÜLAH</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
The Peer Mediation System From The Perspective Of Teachers And Students		Prof. Dr. Şenay Sezgin NARTGÜN Eray METİN	Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi
Animal Embryo Production And Transfer Worldwide		Tahir KARAŞAHİN	Aksaray University
The Effect Of Zero Waste-Based Environmental Education On Environmental Awareness In Elementary School Students		Canan OKUMUŞ Rukiye Kübra ARTUNÇ KARA Gökhan UYANIK	Kastamonu University
An Examination Of Primary School Students' And Prospective Classroom Teachers' Metaphorical Perceptions Of Science Lessons: A Systematic Review		Rukiye Kübra ARTUNÇ KARA Canan OKUMUŞ Ahmet ÜNAL	Kastamonu University
Uncontrolled Use Of Dietary Supplements And Potential Health Risks		Elif Ebru ALKAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Use Of Probiotics In Some Cancer Types		Elif Ebru ALKAN	Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi
Teaching The “Propagation Of Light And Shadow” Unit Through The Context-Based Approach		Assoc. Prof. Dr. Aysel KOCAKÜLAH Esra KARAMAN	Bahkesir University/Ministry of National Education, Science Teacher
Meaning Making And Classroom Discourse In The Teaching Of Electromagnetic Induction		M. Sabri KOCAKÜLAH Assoc. Prof. Dr. Aysel KOCAKÜLAH	Bahkesir University

28.12.2025 / Hall-15, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 14 ¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Tolga AKTÜRK</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Traveling Wave Solutions Of The Nonlinear Benney–Luke Equation		Assoc. Prof. Dr. Tolga AKTÜRK	Ordu University
Obtaining The Complete Solutions Of A Non-Linear Mathematical Model Using The Modified Exponential Function Method		Assoc. Prof. Dr. Tolga AKTÜRK	Ordu University
Approximate Solutions Of Differential Equations By Using The Runge-Kutta Method		Ömer FIRAT Ebru YILDIRIM	Kilis 7 Aralık University
An Overview Of Hausdorff Measure And Hausdorff Dimension		Assist. Prof. Dr. Yasin KAYA	Dicle University
An Overview Of Elliptic Integrals And Elliptic Functions		Assist. Prof. Dr. Yasin KAYA	Dicle University

28.12.2025 / Hall-16, Session-4

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ⁰⁰ : 14 ¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Murat POLAT</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
An Investigation Of Pre-Service Teachers' Sustainable Development Awareness According To Gender And Academic Department		Simge KOÇ ÖZGÜR AY Şeyda KARŞIYAKA	Dokuz Eylül University
The Effect Of Modules Developed For Sustainable Development Goals In Science Education On Students' Awareness		Gülşah ÇETİN SİMGE KOÇ	Dokuz Eylül University
Education And Steam: A Comprehensive Analysis Of Postgraduate Theses Incorporating Steam Implementations In Turkey		Deniz KILIÇ Gizem Nur ÖZÜPEK Gökhan UYANIK	Kastamonu University
Middle School 7th Grade Students' Views On Geogebra-Supported Instruction Of The Topic 'Views Of Three-Dimensional Objects		Pınar KARATAŞ GÜL Prof.Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof.Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTİN	Bursa Uludağ University
Chen--Ricci Inequalities For (Almost) H-Semi-Invariant Riemannian Submersions From Quaternionic Space Forms		Assoc. Prof. Dr. Murat POLAT	Dicle University

28.12.2025 / Hall-17, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13⁰⁰ : 14³⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Gülay BEDİR*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The & Recognized Teacher& Model In The Minds Of Prospective Teachers: A Qualitative Analysis Of Teacher Characteristics That Leave A Lifelong Mark	Lect. Zeynep ERMEYDAN Prof. Dr. Gülay BEDİR	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Preschool Teachers' Perspectives on Universal Design for Learning (UDL) Practices in Early Childhood Education	Prof. Dr. Gülay BEDİR Lect. ZEYNEP ERMEYDAN	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
An Analysis Of Tuğba Coşkuner's Last People Of The Earth Book Series In Terms Of Values Education	Emine SAÇIKARALI	Adıyaman University
Koray Avcı Çakman's Work Titled "Red Feather" And The Enneagram Personality Types	Asuman ULUSOY Assoc. Prof. Dr. Semih ZEKA	Erciyes University
Cultural Foundations Of Language Education: The Educational Function Of The Müeddeb Daye	Bilal UYSAL Zeynep YİĞİT	Afyon Kocatepe University
Turkish Education In Sibyan Schools In The Ottoman Empire And The Educators Involved In This Education	Bilal UYSAL Zeynep YİĞİT	Afyon Kocatepe University

28.12.2025 / Hall-18, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Memet ŞAHİN</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
A New Metric On Uncertainty: Fuzzy Partial G-Metric Space		Prof. Dr. Memet ŞAHİN Tuğçe KÜÇÜKLER	Gaziantep Univeersity
Fuzzy Partial b-Metric Spaces		Prof. Dr. Memet ŞAHİN Özkan AYTEKİN	Gaziantep Univeersity
Neutro b-Metric Spaces		Prof. Dr. Memet ŞAHİN Teheni KABİRİ	Gaziantep Univeersity
Neutro-Normed Spaces		Prof. Dr. Memet ŞAHİN Safaa HALLAK	Gaziantep Univeersity
5.Sınıf İstatistiksel Araştırma Süreci Teması Kapsamında Purdue Modeline Dayalı Öğretim Materyali Geliştirilmesi		Büşra YÜKSAL SARAY Prof. Dr. Esra ALTINTAŞ	Aydın Adnan Menderes University
Türkiye Ve Japonya’da Okutulan 5. Sınıf Matematik Ders Kitaplarında Yer Alan Görevlerin Karşılaştırmalı İncelemesi		Zehra TAŞPINAR ŞENER Büşra DİKCE BENZEK	Yıldız Teknik Univeersity

28.12.2025 / Hall-19, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 14 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Zehra ÖZDEMİR</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Investigation Of 9th Grade Students' Opinions On Practices In The Mathematics Textbook Prepared According To The Turkey Century Education Mode		Selin TÜRKCAN Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN	Bursa Uludağ University
An Investigation Of Middle School Mathematics Teachers' Views On The Use Of Geogebra		Selin TÜRKCAN Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN	Bursa Uludağ University
Multiplicative Geometric Analysis Of Quaternion-Based Space-Time Curves In Minkowski Multiplicative Space		Assoc. Prof. Dr. Zehra ÖZDEMİR	Amasya University
Quaternionic Surfaces In Minkowski Multiplicative Space		Assoc. Prof. Dr. Zehra ÖZDEMİR	Amasya University
Vector-Like Quark Research		İlkay TÜRK ÇAKIR	Ankara University

28.12.2025 / Hall-20, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Muzaffer DENİZ</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
The Role Of National Holidays In The Construction Of National Identity During The Single-Party Period		Assoc. Prof. Dr. Muzaffer DENİZ	Van Yüzüncü Yıl University
The Reflection Of Germany's Policies Toward The Regions And Nations Captured From The Soviet Union During The Second World War In Turkish Diplomatic Archival Documents		Assist. Prof. Dr. Nurettin ÇAKICI	Trabzon University
President Cevdet Sunay's Visit To West Germany		Bahattin DEMİRTAŞ	Ankara Hacı Bayram Veli University
Riyaziyyatda Laplas Çevrilməsinin Əsas Rolu		Abbash Leyla Fərman	Naxçıvan Dövlət Universiteti/AZERBAIJAN
President Kenan Evren's Visit To West Germany		Bahattin DEMİRTAŞ	Ankara Hacı Bayram Veli University
The Corrosion Of Social Bonds: From Historic Antep Houses To Apartments		Ümran AÇIKGÖZ	Gaziantep University

28.12.2025 / Hall-21, Session-5

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 15 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Unemployment Anxiety Among University Students: The Example Of Bayburt University		Abdurrahman KESKİN Zeynep GÜNGÖR	Bayburt University
Üniversite Öğrencilerinin Sekülerleşmeye İlişkin Tutumları		Zülal YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Fatih ARSLAN	Sivas Cumhuriyet University
An Evaluation Of The Codification Movements In The Tanzimat Period In The First Half Of The Nineteenth Century		Prof. Dr. Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU	Sinop University
An Evaluation Of The Penal Code Of 1840 In The Context Of The Modernization Of Ottoman Law		Prof. Dr. Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU	Sinop University
Psychological Meaning In Internal Speech		Farzaliyeva Turkan Jalil qizi	Azerbaijan State Pedagogical University/AZERBAIJAN
The Mediating Role Of Meaning In Life In The Relationship Between Emotional Regulation And Mental Well-Being In Adolescents		Assist. Prof. Dr. Cihangir KAÇMAZ Mehmet Akif KAY	Kayseri Üniversitesi/Batman University

28.12.2025 / Hall-22, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 15 ¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assist. Prof. Dr. Hakan TURAN</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Kamu Yararı Gerekçesiyle Kamulaştırma: Hukuksal Meşruiyet Ve Toplumsal Etki Çerçevesinde Bir Değerlendirme		Assist. Prof. Dr. Hakan TURAN	Hitit University
Denetimli Serbestlik Görevlilerine İlişkin Araştırmaların İncelenmesi		Assist. Prof. Dr. Hakan TURAN	Hitit University
The Role Of Artificial Intelligence In Enhancing Cybersecurity: A Proactive Defense Approach		Gaini MUKHANOVA Aruzhan ABDYBAEYVA	Astana IT Üniversitesi/Kalkınma ve Uluslararası İşbirliği Dairesi/KAZAKİSTAN
Determinants Of The Aversion To Loss Trend On Investor Reactions		Msc Candidate Ali KÖSELER Prof. Dr. Fatih KONAK	Hitit University
The Impact Of Climate Risks On Financial Performance: A Conceptual Framework For Turkey		Msc Candidate Ali KÖSELER Prof. Dr. Fatih KONAK	Hitit University
Kamu Yönetimi Ve Politika Geliştirme Süreçlerinde Zorunlu Göç Olgusu		Assist Prof. Dr. Galip USTA Lect. Dr. Kemal TORPUŞ	Trabzon University Artvin Çoruh University
Evaluation Of The Effect Of Family Planning Education Provided To Adolescent Fertile Women Among Syrian Refugees On Their Family Planning Attitudes		Kafaa ALSHEİKH Adile NEŞE	Gaziantep University

28.12.2025 / Hall-23, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	13 ³⁰ : 14 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Lect. Dr. Yasemin GEZER TUĞRUL</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Türkiye’de Cumhuriyet Dönemi’nde Yaşanan Kitlemel Göçlerin Ve Uygulanan Politikaların Değerlendirilmesi		Fatma Buse İYİDİKER DOĞAN Dr. Atik ASLAN	Gaziantep University
1980’lerde Yaşanan Balkan Göçü İle 2010’larda Yaşanan Suriye Göçüne İlişkin Politikaların Kamu Politikası Ve Siyasal Söylemler Açısından Değerlendirilmesi		Burak Alp DOĞAN Dr. Onur TÜRKOÖLMEZ	Gaziantep University
Syrian Transnational Families: The Case Of Türkiye		Songül ÖGÖT Lect. Dr. Yasemin GEZER TUĞRUL	Van Yuzuncu Yıl University
Alternative Models And Family Roles In Elderly Care: Social And Gender-Based Changes		Lect. Dr. Yasemin GEZER TUĞRUL Mina Nur USLU	Van Yuzuncu Yıl University

28.12.2025 / Hall-24, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14 ⁰⁰ : 15 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Doğan AYDIN</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
The Impact Of Smote-Based Resampling On KNN For Automated Sleep Staging: A Comparison With MLP		Ahmet Sertol KÖKSAL Mehmet BAKIR Enes Eren SÜZGEN	Yozgat Bozok University
Integrating Prompt Engineering Into Software Development Education In Vocational High Schools: A Step Toward AI-Supported Learning		Sezgin ÇEKEREKLİ Gül Fatma TÜRKER AKKAŞ	Suleyman Demirel University
Determination Of Matching Rates Of University Publications With Yök Research Subject Headings Using Machine Learning Techniques		Murat RESULOĞULLARI Prof. Dr. Doğan AYDIN	İzmir Katip Çelebi University
The Effect Of Cognitive Disorder On The Volume Of Short-Term Visual And Auditory Memory In Schoolchildren		Ass. Prof. E. J. HUSEYNOVA F. H. GULIYEVA	Gandja State University/AZERBAIJAN
Optimal Production Schedule Design In Cable Manufacturing Using Composite Genetic Algorithm		Hilal ÖNLER Prof. Dr. Doğan AYDIN	İzmir Katip Çelebi University
A Prototype Study For An Artificial Intelligence–Based Video Summarization And Learning Support System		Tuğçe DURMAZ Birim BALCI	Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Creative Training And Its Pedagogical Foundations		Prof. Dr. Anvar ABBASOV	Baku Slavic University/AZERBAIJAN

28.12.2025 / Hall-25, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14⁰⁰ : 16⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assist. Prof. Dr. Müslüm ÖZTÜRK</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Insulin Dosage Detection Using Random Forest Algorithm With Ovo Strategy		Fahriye GEMCİ	Kahramanmaraş Sutcu Imam University
A Comparative Analysis Of Classical Image Processing Methods And Deep Learning-Based Approaches On Small-Scale Face Datasets		Lect. Dr. Yasin SANCAR	Ataturk University
Analysing The Relationship Between Art Therapy And Art Education: Mask Therapy Application Example		Cansu BEYHAN Prof. Dr. Aylin GÜRBÜZ	Trakya University
Creativity In Individuals With Special Needs: An Activity Example On Recycling With Buttons In The Field Of Visual Arts		Semanur ÇAKMIŞ Prof. Dr. Aylin GÜRBÜZ	Trakya University
Multi-Criteria Decision Making For The Evaluation Of Artificial Intelligence Models Using Fuzzy Cobra Method		Assist. Prof. Dr. Müslüm ÖZTÜRK	Kilis 7 Aralık University
The Role Of The Steam Approach In Informatics Education		Ayten MEMMEDOVA	Lankaran State University/AZERBEYCAN
In The Name Of Algorithms, The Power Is Mine: The Test Of Education And Democracy With Artificial Intelligence		Feyzullah ELAGÖZ Prof. Dr. Bülent ALAGÖZ	Gaziantep University
Laboratory Conditions In Science Education In Primary Schools: The Southeast Anatolia Region Example		Memet ŞAHAN Pelin METE	Atatürk University

28.12.2025 / Hall-26, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14 ⁰⁰ : 16 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Serdar Ethem HAMAMCI</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Objective Criteria Weighting And Compromise Ranking In End-Of-Life Tire Recycling: A Critic–Marcos Approach		Gülçin CANBULUT	Nuh Naci Yazgan University
The Use Of Phase Change Materials In Cooling Thermoelectric Modules		Perihan ÇULUN	Bingöl University
Comparative Analysis Of Modern Deep Learning Architectures For Disease Classification In Retinal Oct Images		Hasan ULUTAŞ Assoc. Prof. Dr. M. Emin SAHIN	Yozgat Bozok University/ Izmir Bakircay University
Design Of Pid Controller Based On Transient Response Control For Non-Minimum Phase Systems		Prof. Dr. Serdar Ethem HAMAMCI	İnönü University
Optimization Of Processing Parameters For Nanoclay-Reinforced E-Glass /Epoxy Composites In Terms Of Chip Formation		Assist. Prof. Dr. Sakine KIRATLI Hüseyin GÖKÇE	Çankırı Karatekin University
Economic Impact Of State-Of-Charge Estimation In Pv–Bess Hybrid Systems		Dr. Kübra Nur AKPINAR	Marmara University
Economic Performance Analysis Of Photovoltaic–Battery Energy Storage Systems		Dr. Kübra Nur AKPINAR	Marmara University
Multi-Stage Axial Compressor Performance Mapping: Parametric Scan Of Back Pressure, Speed, And Input Temperature		Mehmet Ali ÖZTÜRK Ahmet YAPICI	Iskenderun Technical University

28.12.2025 / Hall-27, Session-6

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14⁰⁰ : 16⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Cnts-Based Inorganic Hole Transport Material Enabling High Efficiency And Enhanced Stability In Perovskite Solar Cells	Fahriye SARI, Mahmut KUŞ Faruk ÖZEL	Konya Technical University/Recep Tayyip Erdogan University
Classification Of Laryngeal Lesions Using Artificial Intelligence-Based Deep Learning Methods	Orçun ORUÇ Prof. Dr. Ahmet ALKAN Kubilay Muhammed SÜNNETÇİ	Kahramanmaraş Sütçü İmam University
Detection And Grading Of Periapical Lesions In Dental Tomography Images: Performance Analysis Of Densenet201 In The Sagittal Plane	Mahmut Nedim EKERSULAR Assist. Prof. Dr. Emine ARARAT Prof. Dr. Ahmet ALKAN Assist. Prof. Dr. Emre CULHA Lect. Oğuz Burhan ÇETİNKAYA	Kahramanmaraş Sütçü İmam University/Gaziantep University
Machine Learning–Enabled Resource And Network Optimization For 5g Networks	Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ	Nuh Naci Yazgan University
Comparison Of Refrigeration Systems Using R290 As An Alternative To R404a Based On Cop, Tewı And Lccp	Rayyan Ahmad Mahmoud ALHASHASH Abdullah DAĞDEVİREN Şafak ATAŞ	Karabuk University
The Effect Of Battery Storage Systems On Power System Frequency In Primary Frequency Control	Prof. Dr. Ahmet KARAARSLAN Mehmet Emrah ŞEKER	Ankara Yıldırım Beyazıt University
A Secure Landing System For Autonomous Uavs Based On Deep Learning And Slope Analysis With Thermal Sensor Support	Sercan KÖSE Alperen SARI Mustafa NAMDAR Arif BAŞGÜMÜŞ	Kutahya Dumlupınar University/Bursa Uludağ University
Smart Walking Stick For An Inclusive Life	Emir KARA Uğur KARABIÇAK Mustafa NAMDAR Arif BAŞGÜMÜŞ	Kutahya Dumlupınar University/Bursa Uludağ University

28.12.2025 / Hall-28, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14³⁰ : 16¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Cenk YAVUZ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Production And Characterization Of Walnut Shell Reinforced Pvc Matrix Composites	Merve AKÇAKAYA Assoc. Dr. Eser YARAR Assoc.Prof. Dr. Fevzi Cakmak BOLAT Assoc. Prof. Dr. Emel KURAM Assoc. Prof. Dr.Alp Eren ŞAHİN	Kocaeli University/Gebze Techncl University
A Study Of Structural Parameters On The Vibration Characteristics Of Sandwich Plates With Tetrachiral Core And Functionally Graded Face Sheets	Fatih PEHLİVAN Kerim Gökhan AKTAŞ	Karabük University
Material Selections In Multifunctional Headlight Design For Commercial Vehicles	Hamdi YILDIZ Prof. Dr. Cenk YAVUZ	SANEL Sanayi Elektronik İmalat ve Ticaret A.Ş./ Sakarya University /Sakarya Innovation Center (SAYMER)
The Framework Of Off-Grid Energy Systems Legislation In Türkiye And A Comparative Assessment With The Eu	Prof. Dr. Cenk YAVUZ	Sakarya University
Keystream Generation In RNA Space And Statistical Validation	Alev KAYA İbrahim TÜRKOĞLU	Fırat University
RNA-Based Image Encryption And Lossless Decryption Implementation	Alev KAYA İbrahim TÜRKOĞLU	Fırat University
An Assessment Of Wind Energy Potential And Current Status Within The Scope Of Türkiye's Renewable Energy Vision	Tamer ÖZKAVUKCU Salih SÖZER	Akdeniz University

28.12.2025 / Hall-29, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14 ³⁰ : 16 ⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Bora ÇEKYAY</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
A Multi-Criteria Decision-Making Approach For The Selection Of New Product Development Projects In Generic Pharmaceutical Companies		Assoc. Prof. Dr. Bora ÇEKYAY Özge KÖSEM	Yıldız Technical University
Expertimental Investigation Of The Effects Of Oil Change On Seal-Piston Rod Friction Force And NVH Performance In Twin-Tube Telescopic Shock Absorbers For C-SUV Vehicles		Hasan Can KARAKAŞ	Bursa Uludağ University
Pid Velocity Control Of The Arm Slider Mechanism		Muhammet AYDIN	Firat University
Pid Position Control Of The Arm-Slider Mechanism		Muhammet AYDIN	Firat University
Ruled Surfaces With Smarandache Adjoint Base Curves Generated By Linear Combinations Of Bishop Frame Vectors		Esra DAMAR	Hitit University
Ruled Surfaces With A Smarandache Curve Derived From The Bishop Frame		Esra DAMAR	Hitit University

28.12.2025 / Hall-30, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14³⁰ : 16³⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	
Parking Site Selection Using Gis-Based Location–Allocation Modeling: A Case Study Of Gtu Campus		Ali Doğan GÜMÜŞSOY Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU	
Gis-Based Analysis Of Spatial Density And Pedestrian Accessibility: A Smart City Approach Through The Gtu Campus Case Study		Ali Doğan GÜMÜŞSOY Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU	
The Excavability Characteristics Of Basalts Along The Route Of The Yoncalı Dam (Malatya) Water Transmission Tunnel		Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK	
The Use Of Empirical Methods In Determining The Shear Strength Of Discontinuities		Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK	
Enhancing RT-DETR For Small Object Detection In Aerial Imagery Via Adaptive Feature Fusion		Ahmet ARAPOĞLU Assoc. Prof. Dr. Fatih ÖZYURT	
Utilizing Unmanned Aerial Vehicles (Drones) For Enhanced Security Surveillance In Sensitive Areas		Abdurrahman El NECCAR Sohayb ABDULKERİM	
Full Dynamic Modeling Of Coupled Dynamics And Energy Harvesting In A Gimbaled Pendulum System		Asaad Fawzy DARIJ Ghaida Ghaith Al-SMAEIL Sohayb ABDULKERİM	
Performance Analysis Of Recurrent Neural Network Architectures In Classifying Tennis Strokes		İbrahim Cem BALCI Rana GÜRSOY İrem SAYIN Serkan SALTÜRK Hüseyin ÜVET	
		Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü	
		Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü	
		Fırat University	
		Fırat University	
		Fırat University	
		Gaziantep University	
		Alsham University, Al-Sham University/ Gaziantep University/SYRIA	
		Yildiz Technical University	

28.12.2025 / Hall-31, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14 ³⁰ : 15 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Alp Eren ŞAHİN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Effect Of Chestnut Shell And Hybrid Inorganic Fillers On The Mechanical Behavior Of Polypropylene Biocomposites	Osman GÜNER Tuana ORHUN Harun SEPETÇİOĞLU İdris KARAGÖZ	Yalova University/Konya Selçuk University
Production Optimization Of Pa Filament In 3d Printers	Yılmaz ALBUNAR Assoc. Prof. Dr. Alp Eren ŞAHİN	Kocaeli University
The Effects Of Lean Production Techniques On Reducing Carbon Footprint	Şahika GÜVENÇLİ Nuşin UNCU Neşe YALÇIN	Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University
A Climate Application Aimed At Reducing The Carbon Footprint For The Purpose Of Protecting Nature	Uğurhan ÇOLAK Ali ERDEM Arif Kaan BOLEL Efe GENÇ	Sivas Cumhuriyet Üniversitesi/Karabük University
Explainable Machine Learning Models: A Case Study On Airline Ticket Price Prediction	Yasemin OKAN Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK	Yıldız Technical University

28.12.2025 / Hall-32, Session-7

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14 ³⁰ : 15 ⁴⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Resc. Assist. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAS</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	
Nanopartikül İlavesi İle Kompozit Zırh Yeleklerin Geliştirilmesi		Recep ÖZDAL Nazım KUNDURACI	
Effect Of Pre-Turning Workpiece Surface Roughness On Post-Turning Surface Roughness And Power Consumption		Aslan AKDULUM	
Numerical Investigation Of Airflow Rate Performance In Pyramid Type Cooker Hoods		Merih GÜLEN Abdullah Emre DEMİR Doğukan GÜNEŞ Öncel DİLBAZ Prof. Dr. İ. Etem SAKLAKOĞLU	
Biological Importance Of Phosphorus, Environmental Risks And Removal Technologies		Resc. Assist. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAS Prof. Dr. Güray KILINÇÇEKER	
Water Footprint Management And Mitigating Strategies In Industrial Facilities		Resc. Assist. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAS Prof. Dr. Behzat BALCI	

28.12.2025 / Hall-1, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	14³⁰ : 16⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Ali OKATAN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Determine Load Capacity Of Polymer Ball Bearing With Different Ball Count	Assist. Prof. Dr. Burcu KÜÇÜKOĞLU DOĞAN Abdurrahim DAL Tuncay KARAÇAY	Muş Alparslan University/Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University/Gazi University
Blood Test Ar: An Artificial Intelligence Based System For Disease Prediction Using Blood Test Analysis	Prof. Dr. Ali OKATAN Burak BAYRAKTAR	İstanbul Aydın Üniversitesi
Production, Microstructural And Thermal Characterization Of Carbon Nanotube Reinforced Pla Filaments For Additive Manufacturing	Aykut ÇANAKÇI Muzaffer BAKİ Müslim Çelebi Sedat Alper TUNÇ	Karadeniz Technical University
Fabrication And Characterization Of Cnt-Reinforced Pla Composites Via Fff/Fdm	Aykut ÇANAKÇI Muzaffer BAKİ Müslim Çelebi Sedat Alper TUNÇ	Karadeniz Technical University
Exergy Prediction For A Dual Ranque–Hilsch Vortex Tube Using Machine Learning With Brass Nozzles	Dr. Ayhan DOĞAN Dr. Murat KORKMAZ Prof. Dr. Volkan KIRMACI	Hacettepe University/Bartın University
Comparative Analysis Of Machine Learning Regression Models For Predicting Exergy Efficiency In A Dual Vortex Tube With Aluminum Nozzles	Dr. Murat KORKMAZ Dr. Ayhan DOĞAN Prof. Dr. Volkan KIRMACI	Hacettepe University/Bartın University

28.12.2025 / Hall-2, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15⁰⁰ : 16⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: Assist. Prof. Dr. Süreyya NUR

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Relationship Between DEXA And Bone Mineral Density In Senile Osteoporosis	Lect.Narin KÜÇÜK Assist. Prof. Dr. Süreyya NUR	Hatay Mustafa Kemal University /Muğla Sıtkı Koçman University
Molecular Power Against Senile Osteoporosis: Sirt-3	Lect. Narin KÜÇÜK	Hatay Mustafa Kemal University /Muğla Sıtkı Koçman University
Can ChatGPT Provide Reliable Answers To Frequently Asked Questions About Tinnitus?	Tuba YEŞİL Abdullah ŞEYLAN Bayram Sönmez ÜNÜVAR	KTO Karatay Üniversitesi
Primary Health Care Approach To Diabetic Foot	Gülsüm TOZLU BİNDAL	Isparta City Hospital
Clinical Application Of The Midline Parameter In Human Medicine And Its Potential In Veterinary Medicine	Buğra Çağrı SANLI Assist. Prof. Dr. Yasin PARLATIR	Vetprime Animal Hospital/Kırıkkale University
Diagnostic Performance Of MRCP In Isolated Pancreatic Duct Dilatation: Assessing Benign And Malignant Causes	Ayşe KEVEN	Akdeniz University
Psychological Resilience Among University Students: A Theoretical Review Of Individual Risk Factors	Sibel TORUNOĞLU Prof. Dr.Ömer Faruk ERDOĞAN	Kütahya Dumlupınar University

28.12.2025 / Hall-3, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15⁰⁰ : 17¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assist. Prof. Dr. Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Comparative Research Of Lvl And Clt In Wood-Concrete Composite Systems		Assist. Prof. Dr. Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER	Suleyman Demirel University
Investigation Of Lvl-Concrete Composites Behavior		Assist. Prof. Dr. Yasemin ŞİMŞEK TÜRKER	Suleyman Demirel University
Monthly Streamflow Prediction Using Era5-Land Reanalysis Data In Data-Scarce Basins		Dr. Abdulhadi PALA	Gaziantep University
Monthly Precipitation Prediction Using Merra-2 Reanalysis Data In Data-Scarce Basins		Dr. Abdulhadi PALA	Gaziantep University
Static Structural Analysis Of Fdm Parts With Honeycomb Internal Structure Using Finite Element Method		Mehmet Safa BODUR Assoc. Prof. Dr. Ali Avcı	Yildiz Technical University/Hakkari University
The Effect Of Annealing Poly(Lactic Acid) Produced By Additive Manufacturing At Different Temperatures On Its Mechanical Properties		Mehmet Safa BODUR Assoc. Prof. Dr. Ali Avcı	Yildiz Technical University/Hakkari University
Examination Of The Advantages And Disadvantages Of Crawler And Truck-Mounted Drilling Rigs In Open-Pit Mines		Mürsel ORAK Savaş KOÇ	Gumushane University/Bentaş Bentonit A.Ş.
PLC-Controlled Dual Roll Fluting Machine: Performance Comparison With Conventional Systems		Abdullah Zekai KIVRIM Ahmet BOZDEMİR Prof. Dr. Mehmet BAĞCI	Konya Teknik Üniversitesi/Yenar Döküm A.Ş.
Experimental Investigation Of Backwash Wastewater Recovery In Swimming Pools		Ahmet Burak GÜLBUDAK Hasbi KIZILHAN	Suleyman Demirel University

28.12.2025 / Hall-4, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15⁰⁰ : 17⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Neslihan ÇELİK*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Graduate Theses Related To The Field Of Visual Arts In Early Childhood In Türkiye	Lect. Dr. Hasan Uğur SERDAROĞLU	Tokat Gaziosmanpaşa University
The Rise Of Green Sukuk In The Global Sukuk Market: A Comparative Analysis With Traditional Sukuk	Muhammed Hadin ÖNER	Aksaray University
The Relationship Between Liquidity And Profitability In Islamic Banks: Panel Data Findings	Muhammed Hadin ÖNER	Aksaray University
From Compliance To Competence: A Longitudinal Content Analysis Of Aviation English Research In The Turkish Efl Context (2008–2025)	Lect. Dr. Mihriban ÖZGÜN	University of Turkish Aeronautical Association
We Speak, Therefore We Exist... Small Talks Among White-Collar Workers At The Workplace	Berna TURAK KAPLAN Assoc. Prof. Dr. Mehmet KAPLAN	Isparta University Of Applied Sciences
Working In A Shared Office: Expectations And Challenges	Berna TURAK KAPLAN Assoc. Prof. Dr. Mehmet KAPLAN	Isparta University Of Applied Sciences
The Logistics Sector In The Global Economy And In Türkiye: The Role Of Smart Contracts	Assist. Prof. Dr. Neslihan ÇELİK	Marmara University
Challenges Experienced By Individuals With Disabled Siblings: The Diyarbakır Example	Muhlise CANLI	Gumushane University

28.12.2025 / Hall-5, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15³⁰ : 17¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Prof. Dr. Gonca BÜYÜKMIHÇI</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Examination Of The Use Of Contemporary Additions In Historic Buildings Within The Context Of Ago Modena's Kinetic Roof Application		Deniz DEMİR Prof. Dr. Gonca BÜYÜKMIHÇI	Erciyes University
An Evaluation Of The Beşiktaş / Dolmabahçe Stadium Road Within The Framework Of Universal Design Principles		Begüm NİZAM	Işık University
The Psychological Reflections Of Space: A Comparative Period Analysis Of Seating Area Furnishing Arrangements From Past To Present		Zeynep Semanur USTACAN Assist. Prof. Dr Hüseyin ZÜLFİKAR	Istanbul Sabahattin Zaim University
Analysis Of Traditional Houses In Uzuntaş Village, Hizan District, From An Ecological Perspective		Mizgin GÖKÇE SALIK	Ağrı İbrahim Çeçen University
The Transformation Of Squatted Spaces In The Context Of Architectural Design Paradigms: An Examination Through The Phenomenon Of Squatter Settlements		Mizgin GÖKÇE SALIK	Ağrı İbrahim Çeçen University
Farklı Şehir İklimlerinin Ofis Binalarında Isı Kaybı ve Kazancı Üzerindeki Etkisi: 6 cm Yalıtım Kalınlığı İçin Karşılaştırmalı Bir Analiz		Mustafa Safa ORAKÇI Hatice Elif Beytekin Salih COŞKUN	Bursa Uludağ University
Yalıs In Istanbul Residential Architecture		Özgü AYDOĞDU	Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

28.12.2025 / Hall-6, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15³⁰ : 18⁰⁰		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assist. Prof. Dr. Sevde Gülizar DİNÇER</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
Artificial Intelligence In Interior Design Education: An Evaluation Of Current Research		Halil Yasin DİLEK Rabia KÖSE DOĞAN	Konya Food and Agriculture University/Selçuk University
A Bibliographic Analysis On The Interdisciplinary Use Of Eye Tracking Technology		Havva ÖZKAN Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY	Gazi University
Hourly PM _{2.5} Prediction Using Air Quality And Meteorological Data: A Deep Learning Approach		Assist. Prof. Dr. Erdem ÇOBAN	Haliç University
The Relationship Between Occupational Health And Safety In The Construction Sector And Digitalisation: A Bibliographic Analysis In The Context Of Industry 4.0		Elif AYGÜN Prof. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY	Gazi University
Urban Memory As Phantom Pain: The Space-Place Tension In Nusret Köklü's Maps		Lect. Dr. Fatma Sinem Akbulut	Celal Bayar University
Pasif Ev Kriterleri Ve Geleneksel Konut Plan Morfolojisi: Form Faktörü Odaklı Bir Değerlendirme		Assist. Prof. Dr. Sevde Gülizar DİNÇER	Konya Food and Agriculture University
Issues Of Developing The Infrastructure Of The Real Estate Market In Uzbekistan		Turdibekov Yusuf Ibragimovich	Samarkand State University/UZBEKISTAN
Preserving Identity In Historical Buildings: The Interior Design Of The Amsterdam Rijksmuseum		Assoc.Prof.Dr.Elif ÖZDOĞLAR Assoc.Prof.Dr.Çağrı YALÇIN	Dumlupınar University
A Spatial Exhibition Of Musical Memory: The Museum-Inspired Interior Design Concept Of Hard Rock Café		Assoc.Prof.Elif ÖZDOĞLAR Assoc.Prof.Dr.Çağrı YALÇIN	Dumlupınar University

28.12.2025 / Hall-7, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	15 ³⁰ : 17 ¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr. Eda ÖZ ÇELİKBAŞ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Constructing Masculinity In Daytime Cooking Shows: The Case Of Zuhall Topal'la Yemekteyiz	Res. Assist. Dr. Sumru YILDIRIM	Aydın Adnan Menderes University
New Representation Order: Artificial Intelligence And Hyperreality In Documentary Film	Res. Assist. Dr. Sumru YILDIRIM	Aydın Adnan Menderes University
Violin–Piano Arrangement of Joseph Haydn’s Op. 3 No. 5 Work, “Andante Cantabile” Movement: A Transcription Study in Structural and Performance Dimensions	Assoc. Prof. Dr. M. Güneş Açıkgöz Assoc. Prof. Dr. Hayri Akbudak	Inönü University
A Descriptive Examination Of Opera Vocal Competitions Organized In Turkey	Assist. Prof. Dr. Cemalettin BAYDAĞ	Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi
Archaeo-Therapy As Witnessing The Moment: A Multicultural State Of Being In The Here And Now	Assoc. Prof. Dr. Eda ÖZ ÇELİKBAŞ	Karabuk University
Art Therapy In Education: Dewey, Naumburg, Kramer, Malchiodi, Steiner, Stern	Assoc. Prof. Dr. Eda ÖZ ÇELİKBAŞ	Karabuk University
A Review On Use Of Uav’s In Postal Services	Lect.Özer Deniz ÇETİNTAŞ Ahmet ÖZCAN Mehmet KONAR	Kapadokya University/Erciyes Universty

28.12.2025 / Hall-8, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16⁰⁰ : 18⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Lect. Vildan KAVŞUT KAPLANOĞLU*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Determination Of Problems Of Businesses Operating In Jewelry Sector In Midyat District Of Mardin Province	Lect.Vildan KAVŞUT KAPLANOĞLU Elif İNCİ, Edanur İLBAŞ Pınar IŞIKLI, Şerif ARSLAN Ömer GELEN	Mardin Artuklu University
Hazardous Area Classification And Its Impact On HVAC Design: A Case Study Of A Gas Engine Generator Enclosure	M. Bilgehan ŞAHİN Yusuf SAYAN	Rönesans Endüstri Tesisleri Tasarım Merkezi
Designing An Error Prediction Algorithm For Intelligent Coding Education Platforms	Lect. Sevinç PARLAK	Doğuş University
The Metaphor Of Control And Surveillance In Advertisements: An Examination Of The Panopticon Concept Through Apple's Advertising Campaign	Lect. Şule ÖZEL Prof. Dr. Erhun ŞENGÜL	Muğla Sıtkı Koçman University/Isparta University of Applied Sciences
The Relationship Between Video Games And Violence: A Comparative Analysis Of The Movies "Playing Columbine" And "Elephant"	Leyla ULUÇAM Prof. Dr. Ali M. BAYRAKTAROĞLU	Trakya University
Comparison Of Natural Ventilation Methods According To Different Climate Zones In High-Rise Buildings	Res. Assist. Emine Şeyma ERKAN Assist. Prof. Dr. Fazilet TUĞRUL OKBAZ	Istanbul Rumeli University/Gebze Technical University
Symbolism And Aesthetic Perception Of Qızılbaş In The Tabriz School Of Miniature Painting	Sabina NAMAZOVA	Azerbaijan State University of Culture and Arts/AZERBAIJAN
Symbiogenesis; Evolution Through Symbiosis: Conceptualizing A Third Space For Employee Well-Being	Zoha Rafi Rimsha Imran	Lahore College for Women University/PAKİSTAN

28.12.2025 / Hall-9, Session-8

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16⁰⁰ : 18⁰⁰		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Professor Dr. Remus RUNCAN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
The Mediating Role Of Job Commitment In The Effect Of Job Satisfaction On Cyberloafing Behaviors: A Study On Hotel Employees	Yaren GÜNDOĞAN Assist. Prof. Dr. Saadet ÖZTÜRK	Hasan Kalyoncu Üniversitesi
Examining The Relationships Between Adhd Symptoms, Binge Eating Behavior And Emotion Regulation Difficulties In Woman	Şule Sıla TANIŞLAR Assist. Prof. Dr. Nilgün ONNAR	İstanbul Arel University
Examining The Mediating Role Of Cognitive Flexibility In The Relationship Between Mindfulness And Thought–Action Fusion	Ayşem BAHŞİ Assist. Prof. Dr.Gökhan ÖZCAN	Haliç University
Experiences Of Elderly Residents İn Residential Care Homes	Costan Ana-Maria-Otilia Professor Dr. Remus RUNCAN	Aurel Vlaicu University/ROMANIA
Investigation Of Psycho-Cognitive Performance In Married And Divorced Parents	Gizemay AKKIRIK SARIDEDE Assist. Prof.Dr. Zeynep KÜÇÜK	Işık University
Role Of Empathy İn The Relationship Between Pets Attachment And Mental Health Among Pet Owners	Bakhtawar Fakhar Umm Eman Syed	RAWALPINDI WOMEN UNIVERSITY
A Study Of Life Orientation Among Individuals Affected By War	Assoc. Prof. Dr. Ina Shanava Prof. Dr. Eliso Kereselidze Assoc. Prof. Dr. Mariam Gvilava	Georgian International University /GEORGIA
An Analysis Of Japan’s Example In Disaster Preparedness And The Importance Of Self-Help	Assoc. Prof. Dr. Feyza Çağla ORAN	Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi

28.12.2025 / Hall-10, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ⁰⁰ : 17 ¹⁵		PASSCODE: 450687
HEAD OF SESSION: <i>Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüseyin MUTLU</i>			
TOPIC TITLE		AUTHORS	AFFILIATION
The Body's Final Destination: 'Earth/Grave' In The Gülzâr-I İrfân		Res. Assist. Dilek YALÇIN	Gümüşhane University
Designing A Professional Development Program For In-Service Efl Teachers On 21st-Century Skills		Dr. Şeyda SAVRAN ÇELİK	SDÜ
Burhan Arpad's Theatre Criticism		Assist. Prof.Dr. Zeynep ŞENER	AHBV University
Current Issues In Teaching Turkish As A Foreign Language: An Evaluation From The Perspective Of Curriculum, Materials, And Implementation.		Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüseyin MUTLU	Ordu University
Current Issues In Teaching Turkish As A Native Language: Curriculum, Materials, And Implementation Dimensions		Assoc. Prof. Dr. Hasan Hüseyin MUTLU	Ordu University

28.12.2025 / Hall-11, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16⁰⁰ : 18¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: Assoc. Prof. Dr. Hikmet AKYOL

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Disaster Risk Reduction And Natural Disasters In Asean Countries	Assoc. Prof. Dr. Hikmet AKYOL Lect. Lokman ODABAŞ Res. Assist. Zümral ERDEM	Gümüşhane Üniversitesi/Trabzon Üniversitesi/Erzurum Teknik Üniversitesi
The Relationship Between Digitalization And Gender-Based Wage Inequality In G20 Countries	Assoc. Prof. Dr. Hikmet AKYOL Assoc. Prof. Dr. Melahat BATU AĞIRKAYA	Iğdır Üniversitesi/Gümüşhane Üniversitesi
Artificial Intelligence In Nursing Education	Kübra AYMELEK HACIOSMANOĞLU	Yüksek İhtisas Üniversitesi
Telehealth Applications And Nursing In The Management Of Chronic Diseases	Kübra AYMELEK HACIOSMANOĞLU	Yüksek İhtisas Üniversitesi
Artificial Intelligence Based Clinical Decision Support Systems In Psychiatric Care: A Systematic Review From The Perspective Of Psychiatric Nursing Practice	Assist. Prof. Dr. Tuba ÇÖMEZ İKİCAN	Istanbul University
The Relationship Between Health Concern And Self-Efficacy In Individuals Diagnosed With Chronic Obstructive Pulmonary Disease	Zeliha BÜYÜKBAYRAM GENÇ Assoc. Prof. Dr. Leyla ZENGİN AYDIN	Siirt University/Dicle University
Cultural Sensitivity In Patient-Centred Care And Its Reflections In Clinical Practice	Assoc. Prof. Dr. Leyla ZENGİN AYDIN	Dicle University
Determination Of Thirst-Related Discomfort During The Surgical Period In Patients Undergoing Neurosurgery	Mehmet Furkan KILIÇ	Gaziantep University
Trochanter Tertius: A Variation Of The Femur	Uzm. Dr. Melike TAŞCI Assist. Prof. Dr. Burhan YARAR	Ataturk University

28.12.2025 / Hall-12, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ⁰⁰ : 17 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: **Abdurrahman AKDAG**

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Corrosion Behaviour Of Poly(Aniline-Co-N-Methypyrrole) Film On ZnNi Plated Electrode	Abdurrahman AKDAG	Harran University
Poly(N-Methypyrrole-Co-N-Methylaniline) On Znfe Plated Carbon Steel	Abdurrahman AKDAG	Harran University
Flipped Learning Approach In Health Education: A Literature Review	Dr. Sümeyra DAMSARSAN Res. Assist. Gizem AYDEMİR	University of Health Sciences
Structured Instructional Approaches In Clinical Skills Training: Peyton's Four-Step Teaching Model	Res. Assist. Gizem AYDEMİR Dr. Sümeyra DAMSARSAN	University of Health Sciences
A Study On The Effect Of Covid-19 Fear On Stress, Depression, And Anxiety Levels	Fethiye YAKAR Assoc. Prof. Dr. Zülkif YALÇIN	Munzur University
A Research On The Application Of Activity-Based Costing Method	Gülcan ZENGİN Assoc. Prof.,Dr. Zülkif YALÇIN	Munzur University
The Relationship Between Perceived Spouse Support And Depression, Anxiety, And Stress	Beyzanur YILMAZ ÖZTÜRK Res. Assist.Merve İBRAHİMOĞLU Prof. Dr. Ercümen ERSANLI	Ondokuz Mayıs University

28.12.2025 / Hall-13, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ³⁰ : 17 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Prof. Dr. Elvettin AKMAN*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Analysis Of Postgraduate Theses On Fomo In Turkey	Prof. Dr. Elvettin AKMAN	Süleyman Demirel University
An Analysis Of Postgraduate Theses On Policy Boards	Prof. Dr. Elvettin AKMAN	Süleyman Demirel University
The Impact Of Sustainability In The Services Sector On The Capital Structure Of Eu Countries	Muhammed DEDE Prof. Dr. Ersan ERSOY	İnönü Üniversitesi/Uşak University
The Impact Of ESG Scores On The Capital Structure Of Manufacturing Industry Companies In European Union Countries	Muhammed DEDE Prof. Dr. Ersan ERSOY	İnönü Üniversitesi/Uşak University
Macro-Financial Drivers Of Bitcoin Monthly Returns: Evidence From U.S. Policy, Inflation, Term Structure, And Risk Sentiment	Çağlar SÖZEN	Giresun University

28.12.2025 / Hall-14, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16³⁰ : 17¹⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assist. Prof. Dr. Mustafa Furkan KESKENLER*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Predicting Divorce Probability Using Artificial Intelligence-Based Models: A Machine Learning Approach	Assist. Prof. Dr. Mustafa Furkan KESKENLER Eyüp Fahri KESKENLER	Atatürk University/ Bayburt University
Analytical Modeling And Parametric Optimization Of Abrasive Water Jet (Awj) Machining Process Based On Hydrodynamic And Tribological Principles	Arslan KAPTAN Fuat KARTAL	Sivas Cumhuriyet University/Kastamonu University
Mathematical Modeling Of Turning Operation With Abrasive Water Jet (Awj)	Arslan KAPTAN Fuat KARTAL	Sivas Cumhuriyet University/Kastamonu University
Analysis Of The Mechanical Performance Of Different Auxetic Patterns	C. Oktay AZELOGLU Metehan KARDELEN Hamit KENAN	Yildiz Technical University/Antalya Bilim University
The Role Of Active Rfid Systems In The Healthcare Sector	İlknur DÜNDAR ÖZÇELİK İlkay SARAÇOĞLU	Haliç University
Economic Comparison And Evaluation Of The Forecasting Challenge In The Energy Market Caused By Wind Power Generation Imbalances With Storage Systems	Simge ACAR	İstanbul Teknik Üniversitesi
Determining The Cleaning Period Of Pv Solar Panels Using Image Processing And Simulation	MALİK CEBRAİL Assoc. Prof. Dr. Ceyda AKSOY TIRMIKÇI	Sakarya University

28.12.2025 / Hall-15, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ³⁰ : 17 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Uzm. Dr. Muhammed KORKMAZ*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Feedback Approaches In Psychomotor Skill Instruction: A Literature Review Based On The Field Of Sports Sciences	Kürşat SENER	Kars Kafkas University
Rare Cause Of Chronic Left Shoulder Pain And Upper Extremity Paresthesia: Cervical Intradural-Extramedullary Mass	Uzm. Dr. Muhammed KORKMAZ	Elazig Fethi Sekin City Hospital
Examination Of Adolescents' Body Perceptions In Terms Of Various Variables	Ali DOĞAN Prof. Dr. Bekir MENDEŞ	Gaziantep University
A Research On The Legal Processes Of Sports Enterprises	Lect. Dr. Zafer GAYRETLİ Prof. Dr. İlker ÖZMUTLU	Karadeniz Technical University Tekirdağ Namık Kemal University
The Role Of Sponsorship Laws In Sports Clubs: A Legal And Financial Analysis	Lect Dr. Zafer GAYRETLİ Prof. Dr. İlker ÖZMUTLU	Karadeniz Technical University Tekirdağ Namık Kemal University

28.12.2025 / Hall-16, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ³⁰ : 17 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Assoc. Prof. Dr.Gülsüm KORKUT*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
An Examination Of Graduate Theses And Tr Dizin Articles Written On Aged-Friendly Cities In Turkey	Şirin KILIÇDOĞAN Prof. Dr. Harun CEYLAN	Yalova University
An Analysis Of Postgraduate Theses Written On Social Support For People With Disabilities In Türkiye	Res. Assist.Rümeysa ÇETİNKAYA Prof. Dr.Harun CEYLAN	Yalova University
Assessing Population Aging In Terms Of The Sustainability Of Social Security Systems	Assoc. Prof. Dr.Gülsüm KORKUT	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
Old Age As A Social Problem	Assoc. Prof. Dr.Gülsüm KORKUT	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi
The Dynamics Of Conflict, Power, And Violence In Marital Relationships	Zülal ŞAHİN	Yalova University

28.12.2025 / Hall-17, Session-9

	ANKARA LOCAL TIME		MEETING ID: 844 4053 5966
	16 ³⁰ : 17 ⁴⁵		PASSCODE: 450687

HEAD OF SESSION: *Dr. Süleyman DEMİR*

TOPIC TITLE	AUTHORS	AFFILIATION
Auditory And Visual Attention Deficits And Language Development In Children With Cerebral Palsy	Sinan ÖZYURT	Gaziantep Islam Science and Technology University
Emotional Regulation And Bipolar Vulnerability In The Early Language Acquisition Process	Sinan ÖZYURT	Gaziantep Islam Science and Technology University
The Transformation Of Naming Practices In Turkey Between 2003-2022: A Socio-Onomastic Assessment	Lect. Abdurrahman SEVER	Adıyaman University
The Construction Of Cultural Meanings Through Virtual Proverbs: Chatgpt's Language Generation	Dr. Süleyman DEMİR	Gümüşhane University
The Evaluation Of Turkish Course Curriculums Dated 2019 And 2024 In The Context Of Philosophy For Children (P4c)	Kübra SARAÇOĞLU Prof. Dr. Latif BEYRELİ	Marmara University

PHOTO GALERY

Hall-2 Alev Demir Hall 2 - Kaan Ca... Mehmet Enes E...

ISARC Melike KAYAHall-2 MERT CAN DEMİRMahir ŞAHİN (S1/H2)Hall-2 Alev DemirHall 2 - Kaan Can AKB...Mehmet Enes ERSÖZ

İçerik

- PREP (Plazma Destekli Dönel Elektrot Yöntemi)
- Gaz Atomizasyonu
- Ti6Al4V Tozlarının Hazırlanması
- Mikroyapısal Karakterizasyon
- İndentasyon Testi
- Sonuçlar

Hall-3 Kübra Nu... Mohammed Ah... Hall-3, Barış SU... Eyüp ÇAĞLAR

Kübra KESERsedrettin SüleHall-3 Kübra Nur ToprakMohammed Ahmed AL...Hall-3, Barış SUNAREyüp ÇAĞLAR

Tüm araçlar

PDF olarak dışa aktar

PDF düzenle

PDF oluşturun

Doğru alanı belirleyin

Sayıları organize et

Yorum ekleyin

Tarama ve OCR

PDF konu

PDF'ye Redaksiyon Yapın

PDF sıkıştır

Formu hazırla

Doküman ve imza

PDF'ye Dönüştür

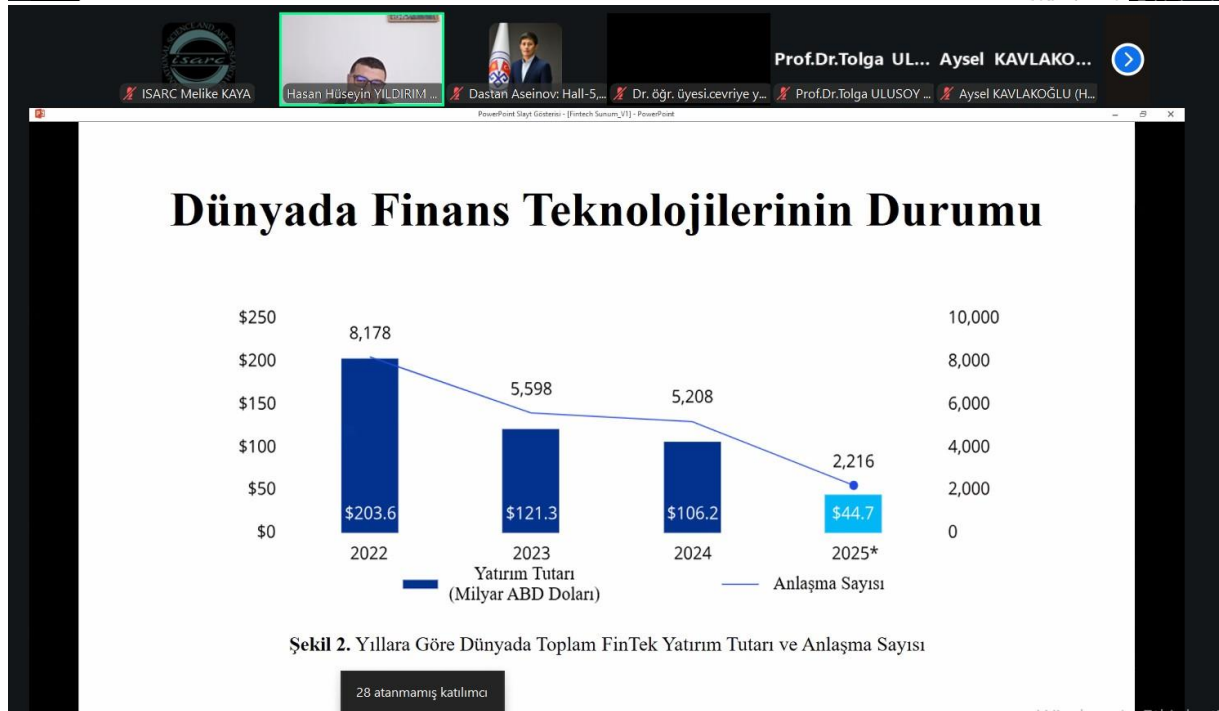
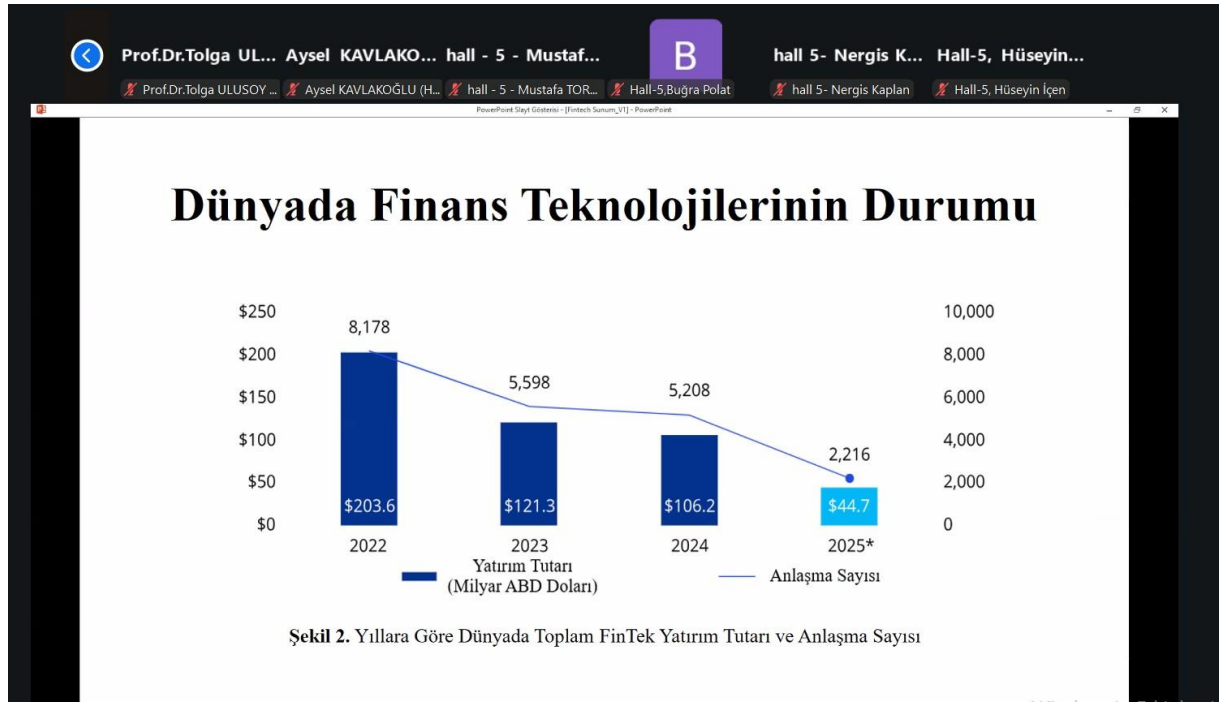
Daha fazla göster

The efficient and stable operation of renewable energy-based power systems depends heavily on the accurate and effective control of power electronic converters. The maintaining the output voltage at the desired level requires a highly precise control structure for PV based DC/DC boost converters. This study employs the global search capability of Genetic Algorithms (GA) to optimally tune the gains of a PI controller responsible for regulating the converter output voltage. The ability of GA to determine optimal PI parameters in nonlinear based converter structures significantly enhances the system's dynamic stability. Additionally, the error signal obtained by comparing the reference voltage generated with the PI algorithm and the output voltage is utilized for PI controller and the GA optimization process. The combination of MPPT and GA-optimized PI controller aims to improve power transfer efficiency for PV based systems.

Three performance criteria ITAE, IAE, and ISE are independently evaluated, and the system responses obtained with PI controllers optimized according to these metrics are comparatively analyzed. This approach presents the effects of different error functions for the transient behavior of the proposed converter. The simulation results demonstrate, the GA-optimized PI and MPPT based strategy improves voltage regulation, enhances dynamic response stability, and significantly increases overall system performance for PV based DC/DC boost converter. The results confirm, GA-based control design offers an effective and high-performance power conversion systems.

25 atanmamış katılımcı

Ücretsiz deneyin



Top bar: Gizem Yilmazer hall-6 (Gi... Erhan KIZMAZ, Hall-6, ... hall 6 Şule Bensu Kara... Hall 6-Kübra Aymelek ... Ezgi Ergin Hall-3, Session-6- Are...

Slide 1: GİRİŞ

- Beden algısı, bireyin bedeni hakkındaki olumlu ya da olumsuz düşüncelerinin bütünü olup kişiliğin önemli bir parçasıdır.
- Geleneksel güreşçilerde beden algısı; özgüven ve benlik saygısını doğrudan etkileyerek sportif başarıda önemli rol oynar.
- Olumsuz beden algısı; özgüven eksikliği ve sosyal beceri yetersizlikleri gibi psikolojik zorluklara yol açabilmektedir.
- Bu psikolojik zorluklar, etkili iletişim biçimi olarak tanımlanan **atılganlık düzeyini** olumsuz etkileyebilmektedir.

Not eklemek için tıklayın

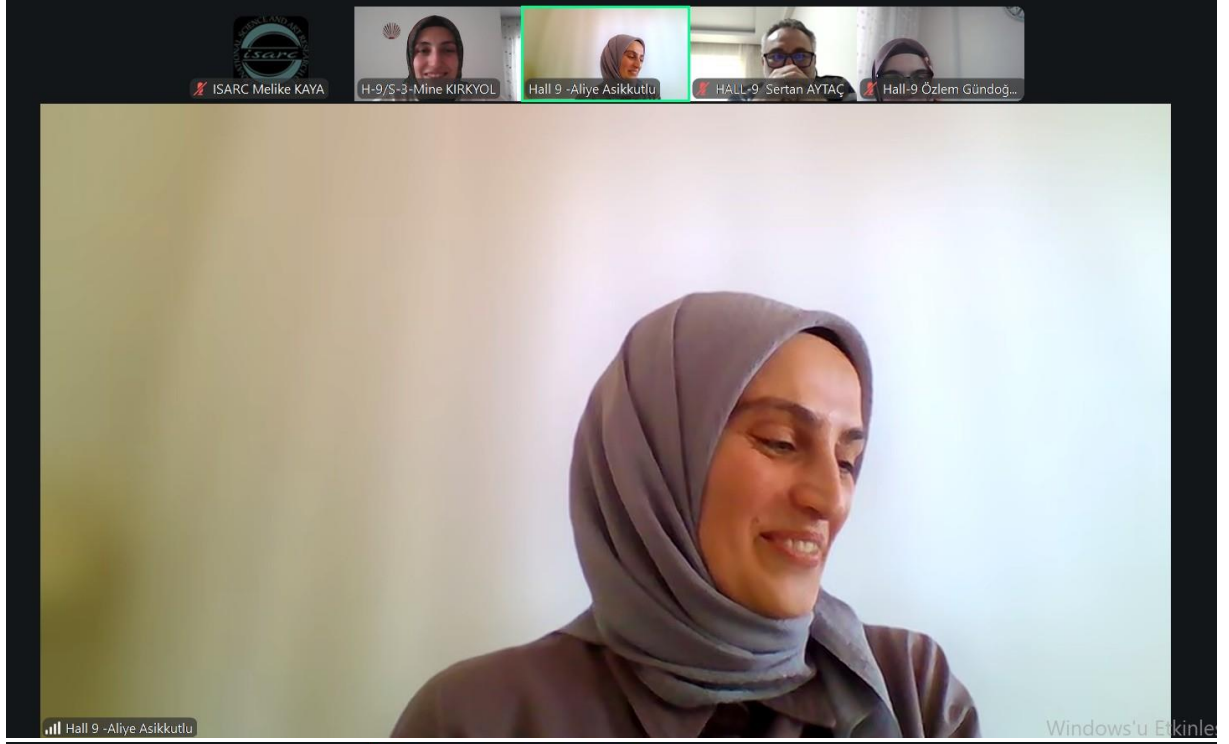
Top bar: ISARC Melike KAYA Hall-6 Ezgi DEMİR Serdar Alemdag Hall-6,session-3 Furka... Gizem Yilmazer hall-6 (Gi... Erhan KIZMAZ, Hall-6, ...

Slide 2: GELENEKSEL GÜREŞÇİLERİN ATILGANLIK VE BEDEN ALGISI DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ

GAZİANTEP ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
GELENEKSEL SPORLAR VE OYUNLAR ANA BİLİM DALI

EZGİ DEMİR

Not eklemek için tıklayın 14 atanmamış katılımcı



Beyza Bedir- hall11_sesi...

Hall-11,Eda Tür...

H11-93 Burcu Köse

Serhat Kaya-Hall 11

Hall 11-İlkay Çivelek

15

METOT	IC ₅₀
Tuzsuz-500W	134 µg/mL
Tuzsuz-700W	34 µg/mL
Tuzsuz-Demleme	126 µg/mL
NaCl-500W	68 µg/mL
NaCl-700W	89 µg/mL
NaCl-Demleme	194 µg/mL
KCl-500W	159 µg/mL
KCl-700W	89 µg/mL
KCl- Demleme	- Hesaplanamadı
CaCl ₂ -500W	283 µg/mL
CaCl ₂ -700W	162 µg/mL
CaCl ₂ -Demleme	373 µg/mL

IC₅₀ Metodu

- DPPH yöntemi IC₅₀ değerine göre anımlandırılır. IC₅₀, bir bileşimin %50 inhibisyon sağladığı konsantrasyon olarak tanımlanır.
- Düşük IC₅₀ değeri, daha az konsantrasyonla %50 inhibisyon sağlandığını ve bileşimin daha güçlü olduğunu gösterirken; yüksek IC₅₀ değeri, daha fazla madde gerektirdiği için daha düşük etkinliğe işaret eder (9).

11 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkinles

Hall 12 Özge GÜNGÖR

Hall 12 - Kenan Gök

Seyit Ali Güngör Hall-12

Hall12-Büşra Albayrak ...

GÖREV ÇUBUĞUNU GÖSTER GÖRÜNTÜ AYARLARI SLAYT GÖSTERİSİNİ SONLANDIR

0:06:24 13:11

Komet Testi Çalışması

- Flask yüzeyini tam olarak kaplayan HT29 hücreleri, tripsin-EDTA solüsyonu ile yüzeyden ayrıştırılmış ve ardından hücre sayımı yapılmıştır. Hücreler, altışarlı plaklardaki her bir kuyucuğa 2x10⁵ hücre şeklinde eklenerek, %5 CO₂ oranına sahip bir inkübatörde 37 °C'de 24 sa. **Şimdi bir ara odasındasınız** kuyucuklardaki hücrelere LC₅₀ ve LC₁₀₀ konsantrasyonlarında *U. barbata* liken ekstraktı ile besiyeri eklenerek yeniden 24 saatlik bir inkübasyon için inkübatöre alınmıştır.
- Inkübasyon süresinin sonunda, *U. barbata* liken ekstraktı ile işlenmiş hücreler PBS ile seyreltilmiştir. Farklı konsantrasyonlardan alınan örnekler, 1:1 oranında düşük erime noktalı agaroz ile karıştırılmıştır. Elde edilen karışım, önceden yüksek erime noktalı agaroz ile kaplanmış lamalar üzerine sürülmüş ve donmadan önce lameller ile kapatılmıştır.

• Preparatlar, +4 °C derincede bekletilmştir. Agaroz katılaşktan sonra, lameller dikülför okülünüş ve preparatlar lızzı bulanan kaplara konulmuştur. Lızzı işlemi de tamamlanıdıktan sonra, preparatlar elektrofores tamponu ile dolubardırılıp bir elektrofores tankına yerleştirilmiştir ve 200 V'lık bir gerilimde 4 dakika boyunca çalıştırılmıştır. Elektrofores süreci bitikten sonra, preparatlar 15 dakika boyunca diülför soda bekletilmiş ve ardından kuruma kağıdında kurutulmuştur. Kurutulmuş preparatlar, %0.5 oranında Etidyum Bromür (EBR) ile boyanmıştır.

Not eklemek için tıklayın

Slayt 10/20

Slayt 10/20

CXLI

Sesi aç

ISARC Melike KAYA

Arif Babanlı h-13

Orhan Cakir

Kadir AKSU

mustafa balci

15_ISARC_Talk_OCakir_V1.pdf

Page 4 of 11

Introduction

- After successful running period of the LHC and HL-LHC, the FCC-hh can significantly extend the mass reach for these particles predicted in many theoretical frameworks, including composite Higgs models, extra-dimensional theories, and other extensions [1] of the SM.
- The T(2/3) and B(-1/3) vector-like quarks have the same electric charges as the top quark and bottom quark of the SM. But their interaction is different than SM top and bottom quarks. However, X and Y are more exotics than the T / B vector-like quarks since they carry exotic electric charges such as 5/3 and -4/3, respectively [4].
- In this work, we focus on the pair and single production of these VLQs, and present some discussions on them. The production cross sections and expected signal significances have been calculated, taking into account background processes at the

Serra Acar

Meryem KAR

H-14 S-3 Ebru Solmaz

Hall 14, SÜMEYYE KÖŞE

FİRDEVS KÜZÜ

Serra Acar

Hall-14, Rukiye Betül Ç...

Meryem KAR

Sonuçlar: Katılımcıların Demografik Özellikleri

		n	%
Cinsiyet	Erkek	9	12,0%
	Kadın	66	88,0%
Eğitim	Lise	4	5,3%
	Önlisans	9	12,0%
	Lisans	42	56,0%
Kurum	Lisansüstü	20	26,7%
	Kurum İçi	54	72,0%
Birim	Kurum Dışı	21	28,0%
	Yb Ünitesi	26	34,7%
EKG Eğitimi	Diğer Birimler	49	65,3%
	Evet	21	28,0%
EKG B	Hayır	54	72,0%
	Az	48	64,0%
2 atanmamış katılımcı	Orta	23	30,7%

ISARC Melike KAYA H14-S3-Fatma İLTUŞ H-14 S-3 Ebru Solmaz Hall 14, SÜMEYYE KÖSE FIRDEVŞ KUZU Serra Acar

GEREÇ VE YÖNTEM

- **Veri analizi**
- Tanımlayıcı istatistikler frekans, yüzde, ortalama, standart sapma değerleri ile sunuldu.
- Bilgi ifadelerinin tutarlılığının incelenmesinde KR-21 testi yapıldı.
- Ön ve son test bilgi düzeylerinin farklılığının incelenmesinde Wilcoxon işaret testi uygulandı.
- Katılımcıların demografik ve mesleki özelliklerine göre gelişim düzeylerindeki farklılığının incelenmesi amacı ile Mann Whitney U ve Kruskal Wallis testi kullanıldı.
- Bilgi düzeyleri ile yaş, çalışma yılı, eğitimden beklenti ve önceden EKG eğitimi alma saati arasındaki ilişkilerinin incelenmesi için Spearman korelasyon analizi yapıldı.
- Çalışmada 0,05'ten küçük p değerleri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi. Analizler SPSS 22.0 paket programı ile yapıldı.

Windows'u Etkinleştir
Windows'u etkinleştirmek için Ayarlar'a gidin.

ISARC Melike KAYA Hall-15, S-4 Semra ŞİR... Ali SARIBIYIK Turgay TEHÇİ

SONUÇ VE ÖNERİLER

- ✓ Türkiye'de meydana gelen büyük depremler, yapı hasarlarının büyük ölçüde **tekrarlayan yapısal mekanizmalar** üzerinden geliştiğini göstermektedir.
- ✓ Yumuşak kat, kısa kolon, çekileme etkisi ve donatı detaylandırma hataları, farklı deprem bölgelerinde ve farklı yapı tiplerinde **benzer sonuçlara** yol açmaktadır.
- ✓ TBDY 2018 ile betonarme yapıların tasarımına ilişkin önemli iyileştirmeler yapılmış olmasına rağmen, bu kazanımların **yanlış imalat ve yetersiz denetim süreçleri** nedeniyle sahada etkin biçimde karşılık bulamadığı görülmektedir.
- ✓ Özellikle deprem sonrası sahada incelenen **natamam betonarme yapılar projeye uygun olmayan imalat, işçilik, ve malzeme yetersizlikleri** tespit edilmiştir.
- ✓ Yapı denetim sisteminin mevcut uygulama biçimi, sahadaki uygunsuzlukları erken aşamada tespit etmekte ve gidermekte **henüz yeterli düzeye ulaşmamıştır**.

Not eklemek için tıklayın

Slayt 25 / 27 Türkçe (Türkiye)

ISARC Melike KAYA

Esra Keser Hall 16

Hall-16 Mehmet AKA

Hall-16 Dilan güneş

Hall-16 Merve İbrahi...

Merve Barutcu

BU SONUÇLAR DOĞRULTUSUNDA;

ACCORDING TO THESE RESULTS;

☀ **Diyabetli bireylerin yüksek deprem takıntısına, düşük yaşam kalitesine ve yüksek deprem ruminasyonuna sahip oldukları tespit edilmiştir.**

- Studies have shown that individuals with diabetes have a high level of earthquake obsession, lower quality of life, and higher levels of earthquake rumination.

☀ **Hastalık öz yönetimlerinin yüksek; sağlıklı yaşam biçimi davranışlarının ve kan şekeri yönetimlerinin yüksek, sağlık hizmetini kullanım durumlarının düşük olduğu bulunmuştur.**

- The study found that disease self-management was high; healthy lifestyle behaviors and blood sugar management were high; and health service utilization was low.

1 atanmamış katılımcı
19

Windows'u Etkin

ISARC Melike KAYA

Selami eken

Zeliha Kaya ERTEN

Fatma Dilek Turan

Hall 17 Canan Akgül

YK - PowerPoint (Ürün Etkinleştirilmedi)

6 **Yazarlık Etik**

7 **Başlık Değişikliği**

8 **Yazarlık Etik**

9 **Yazarlık Etik**

10 **Yazarlık Etik**

Energy (keV)	Mass (g/cm ³)	Linear (cm ⁻¹)	Mass (cm ² /g)	Linear (cm ⁻¹)	Mass (cm ² /g)
10	1.130,00	4656,36	0.0001	0.0005	0.0002
15	1.140,00	1501,84	0.0005	0.0015	0.0007
20	1.150,00	757,1224	0.0009	0.0025	0.0013
25	1.160,00	379,5320	0.0018	0.0040	0.0021
30	1.170,00	277,1008	0.0025	0.0055	0.0029
35	1.180,00	219,4490	0.0032	0.0068	0.0036
40	1.190,00	178,0670	0.0038	0.0080	0.0044
45	1.200,00	147,1732	0.0043	0.0091	0.0051
50	1.210,00	124,2150	0.0048	0.0102	0.0058
60	1.230,00	102,8196	0.0054	0.0124	0.0065
70	1.250,00	84,4060	0.0061	0.0145	0.0072
80	1.270,00	69,5992	0.0067	0.0165	0.0079
90	1.290,00	57,5072	0.0072	0.0184	0.0085
100	1.310,00	47,5105	0.0076	0.0202	0.0090
120	1.350,00	37,5105	0.0080	0.0239	0.0099
140	1.390,00	29,5105	0.0083	0.0275	0.0107
160	1.430,00	23,5105	0.0085	0.0309	0.0114
180	1.470,00	18,5105	0.0087	0.0341	0.0120
200	1.510,00	14,5105	0.0089	0.0371	0.0125
250	1.590,00	9,5105	0.0092	0.0437	0.0132
300	1.670,00	6,5105	0.0094	0.0498	0.0138
350	1.750,00	4,5105	0.0095	0.0554	0.0143
400	1.830,00	3,5105	0.0096	0.0605	0.0147
450	1.910,00	2,5105	0.0097	0.0651	0.0150
500	1.990,00	1,5105	0.0098	0.0692	0.0152
550	2.070,00	1,0105	0.0099	0.0729	0.0154
600	2.150,00	0,7105	0.0099	0.0762	0.0155
650	2.230,00	0,5105	0.0100	0.0791	0.0156
700	2.310,00	0,3105	0.0100	0.0817	0.0157
750	2.390,00	0,2105	0.0100	0.0840	0.0158
800	2.470,00	0,1105	0.0100	0.0860	0.0159
850	2.550,00	0,0705	0.0100	0.0877	0.0160
900	2.630,00	0,0405	0.0100	0.0891	0.0161
950	2.710,00	0,0205	0.0100	0.0902	0.0162
1000	2.790,00	0,0105	0.0100	0.0911	0.0163

Hall-18, Zehra MERİÇ

Hall-18, Arzu KARABA...

Maşide HURMANLI

AYDIN SEVER

HALL-17 ECE ALAGÖZ

CONCLUSION

Cancer is a complex disease that affects the physical, psychological and social living areas of individuals in a multidimensional way. The management of the disease is not limited to medical treatment applications; It requires comprehensive and holistic care approaches in order to effectively control symptoms and improve quality of life. Fatigue, which is frequently observed in cancer patients, is directly related to the progression of the disease and the side effects of the treatments applied; This situation negatively affects patients' daily living activities and general well-being.

1 atanmamış katılımcı

karabag.aydin@gmail.com

19 Windows'u Ekinle

Hall-19 Beyza NACAR

Hall-19 Zafer EKER

Hamdi DAĞISTANLI H...

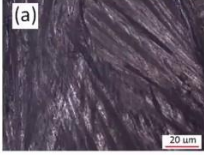
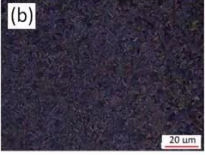
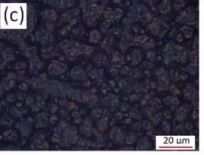
Kadir Sinan Aslan, Hall...

Büşra Avdan Durak, Ha...

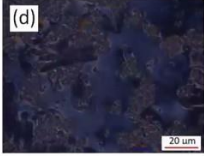
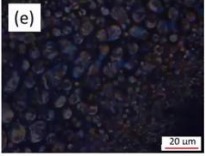
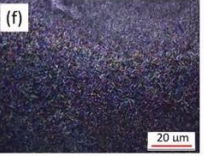
FTIR ANALİZİ

Saf 6BA, 3ABA ve 6BA/3ABA ikili karışımının FTIR spektrumları karşılaştırıldığında, karakteristik bağların piklerinin korunduğu, ancak bazı pik kaymalarının ve yeni etkileşimlerin ortaya çıktığı gözlemlenmektedir. Bu, 6BA/3ABA ikili karışımında molekül içi bağ yapılarının korunduğunu ve pik kaymalarının ve yeni pik oluşumlarının moleküller arası hidrojen bağlarının oluşumunu gösterdiğini belirtmektedir.

Şekil 3. Saf bileşenlerin ve ikili karışım kompleksinin FTIR spektrumları; (a): 6BA, (b): 3ABA, (c): 6BA/3ABA.

POM ANALİZİ

6BA/3ABA karışım kompleksinin mezofaz dokuları hem ısıtma hem de soğutma sırasında kristal, smektik C, nematik ve izotropik yapılar sergilemektedir. Sürekli ısıtma sırasında, kristal fazdan smektik C fazına geçiş sıcaklığı yaklaşık 92 °C'de, smektik C fazından nematik faza geçiş yaklaşık 103 °C'de ve nematik fazdan izotropik faza geçiş yaklaşık 157 °C'de gözlemlenmiştir. Sürekli soğutma sırasında, izotropik fazdan nematik faza geçiş yaklaşık 151 °C'de, ardından yaklaşık 96 °C'de nematik-smektik C faz geçişi ve son olarak yaklaşık 78 °C'de smektik C fazından kristal faza geçiş meydana geldi. Ayrıca, POM analizinden elde edilen sonuçlar, DSC ölçümlerinden elde edilen sonuçlarla iyi bir uyum içindedir.

Şekil 2. 6BA/3ABA ikili karışım kompleksinin sürekli ısıtılması ve soğutulması sırasında gözlemlenen POM görüntüleri; (a): kristal, (b): smektik C, (c): nematik, (d): nematik-izotropik faz geçişi, (e): nematik, (f): smektik C.



Youssef EL GHALI...
 H5 S2 - Dr. Mark Antho...



H5 S2 - Imie Jas...



Prof. Dr. Ameer...



BELAID L'KAHAL

Singular Nonlinearities In Non-Local Elliptic Equations

Y. EL GHALI

Laboratory LABSIPE, "ENSA"
 Chouaib Doukkali University, El Jadida 24000, Morocco

December 27, 2025

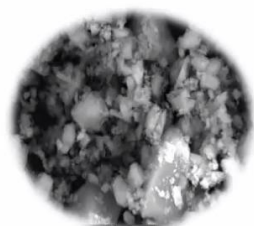
Y. EL GHALI (Laboratory LABSIPE, "ENSA")

December 27, 2025

1 / 10

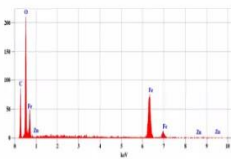
CXLVI

Results from my PhD study



- The Fe/Zn bimetallic MOF showed a large number of agglomerated microparticles with three-dimensional architectures. These particles exhibit irregular shapes and sizes, along with noticeable structural defects. These morphological characteristics are consistent with typical features of amorphous materials

Fig. 3. SEM image of Zn-Fe BMOF.



- As show in EDS result, the C and O signals originate from the organic ligand, while Fe and Zn correspond to the metal nodes, further confirm the successful introduction of both metal ions into the succinic acid centers

Fig. 4. EDS analysis of Zn-Fe BMOF.

8 atanmamış katılımcı

Hall-8, Session -... Hall-8 session 8,... Samsung SM-A... Ss-6, Hall-1, Ho...

Hall-8, Session -3 -Ger... Hall 27, Session 11- Hi... Hall-8 session 8, PROF... Samsung SM-A135F Ss-6, Hall-1, Ho Son DAI Rahmouni hanane hall7

Ara odalar - Devam Ediyor

Odalar (30)

- Hall 27, Session 11- Hilyatul Jannah
- Hall-22 CHAIMAA ELABBARI (katılma
- Hall-8 session 8, PROF AMZILE Rajaa
- Hall-8, Session -3 -Gergana Gozanska
- ISARC Melike KAYA
- Rahmouni hanane hall7
- Samsung SM-A135F
- Ss-6, Hall-1, Ho Son DAI

Oda 1

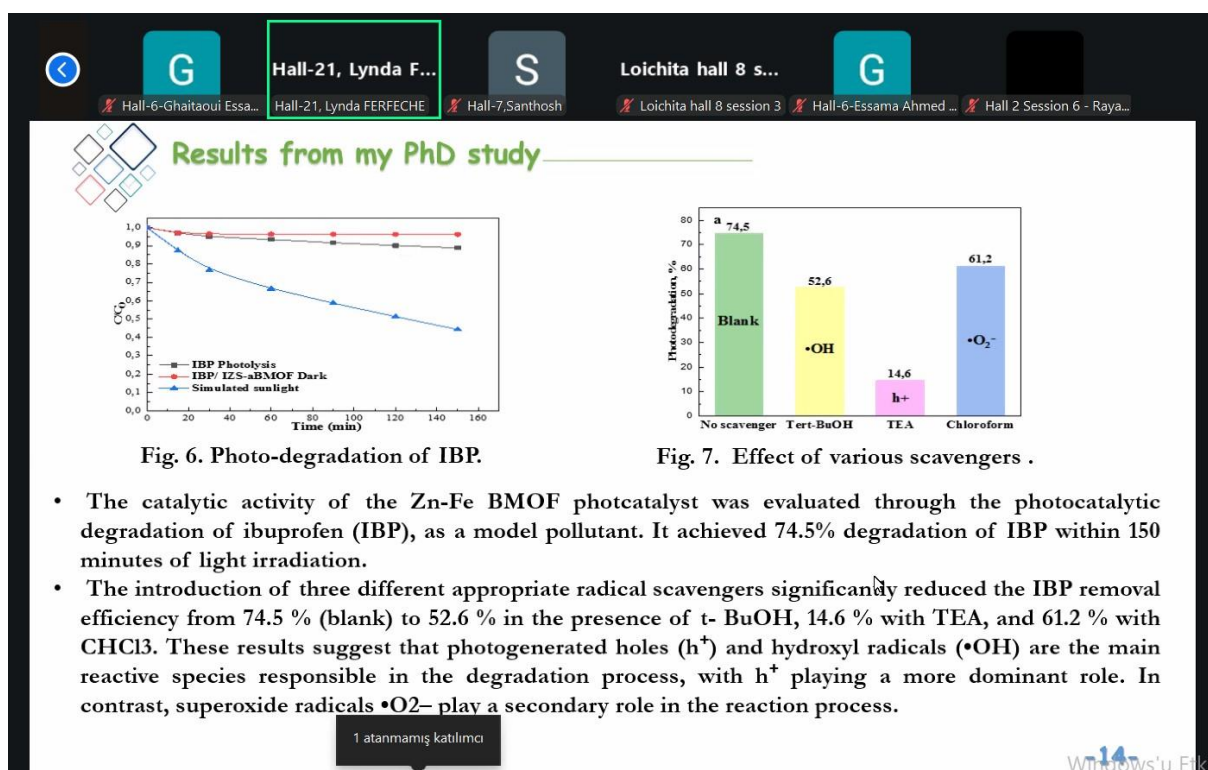
Oda 2

Oda 3

Acım KAVRULU17

Seçenekler Bir sonraki oturumu planla

Ss-6, Hall-1, Ho Son DAI



What do we know about Glossiphoniid leeches in Tunisia?

SUBORDER:
GLOSSIPHONIIFORMES

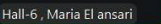
- Placobdella nabeulensis*
- Helobdella octatestisaca*
- Batrachobdella algira*
- Theromyzon tessulatum*
- Alboglossiphonia hyalina*



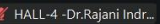
ISARC Melike KAYA



Mulikat Folashade Us...



Hall-6, Maria El...



HALL-4 -Dr.Raja...



جامعة مولاي إسماعيل
UNIVERSITÉ MOULAY ISMAIL



كلية العلوم
FACULTÉ DES SCIENCES



INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER
ISARC

**5th GAZIANTEP INTERNATIONAL SCIENTIFIC
RESEARCH CONGRESS**
December 27-28, 2025

**Ethnobotanical Diversity of Medicinal Plants in Rural Communities of
Rissani, Morocco**

Maria EL ANSARI^{1*}, Mariame NAJEM², Khalid BOURAADA³, Jamal IBIJBIJEN¹, Laila NASSIRI¹

¹Environment and valorization of microbial and plant resources Unit, Faculty of Sciences, Moulay Ismail University of Meknes, Meknes, Morocco.

²Laboratory of Drug Sciences, Faculty of Medicine, Pharmacy and Dentistry, Sidi Mohamed Ben Abdellah University, Fez, Morocco"

³Laboratory of natural Resources and Sustainable Development Economics Research, Abdelmalek Essaadi University, Polydisciplinary Faculty of Larache, Morocco.

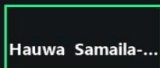
01
Windows Ekinl



ISARC Melike KAYA



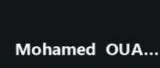
Hall-6-Essama Ahmed...



Hauwa Samaila-hall6



Hall-6-Ghailtaoui Essa...



Mohamed OUA...



ghailtaoui T

PowerPoint Slide Show - [EFFECTS OF CONSTRUCTIVE PLAY STRATEGY ON PRIMARY TWO] - PowerPoint (Product Activation Failed)

METHOD AND PROCEDURE

► **RESEARCH DESIGN**

► The researchers employed quasi-experimental research design, specifically the pre-test post-test non-equivalent control group design.

► **Population**

► The population was made up of 21,986 primary two pupils from 49 public primary schools in Maiduguri Metropolis, Borno State.

► **Sample**

► The sample was 85 pupils from two of the 49 public primary schools within Maiduguri Metropolis: Experimental group were 43 pupils from one intact class with 21 males and 22 females while control group were 42 pupils from another intact class with 20 males and 22 females

3 atanmamış katılımcı

SLIDE 9 OF 18

Top window (Zoom):

- Participants: Rahmouni hanane hall7, S3 H7 salaithillaithilagam j, Sani B.S - Hall 7, Tamanna Rathee, Hall-7, Session 8, Rasei, HALL10_MANIKANTA
- File Name: WidebandAntenna.pptx • Saved to this PC
- Slide 2 of 42
- Slide Title: Abstract
- Abstract Text:

This paper presents the design and simulation of a wideband microstrip patch antenna for sub-6 GHz 5G applications. The antenna is designed using ANSYS HFSS on an FR-4 and Rogers_R04350 substrate and operates over 3.0–5.5 GHz with a center frequency of 4.2 GHz. Simulation results show good impedance matching with $S_{11} \leq -10$ dB, VSWR below 2, a peak gain of about 7 dBi, and radiation efficiency of nearly 85%. The compact size and stable radiation performance make the antenna suitable for 5G wireless communication systems

Bottom window (Zoom):

- Participants: ISARC Melike KAYA, Hallname 10_session3, Raf Raf, Loichita hall 8 session 3, Zina mahmood, Alexandra Dinu - Hall ...
- Slide 2 of 42
- Slide Title: Ambedkarite Iconography
- Slide Content:
 - “Jai Bhim”, blue colour, Ambedkar–Phule imagery
 - Political assertion within mainstream cinema
 - Break from class-based metaphors
 - Visibility of Dalit political presence

Windows'u Etkinleştir

ISARC Melike KAYA Romina Radons... Hall-12, Dr. Muhamma... hall 12 Arbnorë Aliu Hall-12, Dr. Mohamed ...

Chemical investigation of the fly ash from the - PowerPoint

File Home Insert Draw Design Transitions Animations Slide Show Record Review View Help Tell me what you want to do Share

1 THE ECOLOGICAL RISK OF CONTAMINATION WITH TOXIC METALS IN THE SOILS, WASTE AND ASH, AROUND THE COMPLEX, THE KOSOVO THERMAL POWER PLANTS AND THE NEW FERRONIKEL

2

3

4 DEPARTMENT OF CHEMISTRY AND BIOLOGY, FACULTY OF NATURAL SCIENCE AND MATHEMATICS, UNIVERSITY OF PRISHTINA "HASAN PRISHTINA", STR. "GEORGE BUSH", NO. 31, 10000 PRISHTINA, KOSOVO

5 MSC. ISLAM ZUZAKU PROF.DR.SKENDER DEMAKU, MSC. DONIKA SYLEJMANI, MSC. ARBNORË ALIU,

6

Click to add notes

Slide 1 of 15 English (United States) Accessibility: Investigate Notes Comments



DEĞERLENDİRME

- KALIP MALİYETLERİNDEN TASARRUF
- ÜRETİM SÜRESİNİN KISALMASI
- DAHA KOLAY İŞÇİLİK
- YERİNDE ÜRETİM İMKÂNI VE TASARIM ESNEKLİĞİ

30 atanmamış katılımcı



Veri Odaklı Kapsamlı Bir Yaklaşım

1 Veri Toplama Çok değişkenli set (Tüketim, Meteoroloji, Zaman)	2 Veri Ön İşleme Eksik veri tamamlama, Z-skor standardizasyonu, SMOTE-Tomek ile dengeleme	3 Model Eğitimi 29 farklı makine öğrenmesi modeli	4 Doğrulama 5 katlı çapraz doğrulama (5-fold cross-validation)	5 Performans Değerlendirmesi Bağımsız test seti üzerinde metriklerin analizi
--	--	--	---	---

En iyi modeli belirlemek için adil, tekrarlanabilir ve kapsamlı bir metodoloji izlenerek, modellerin genelleme yeteneği ve sağlamlığı güvence altına alındı.

ISARC Melike KAYA Zeynep Güngör; H-21, ... Hall-21 Zülal Yılmaz hall-21, Vehbi İmamog... Turkan Ferzeliyeva Hall-21 - Cihan... Hall-21 - Cihangir KAÇ...

Literatüre ilişkin dönemsel eğilimler;

1. Erken dönem çalışmalar (1996-2006)
 - Sekülerleşme tartışmaları yeni olmamakla birlikte yaklaşık 30 yıl öncesine dayanmaktadır.
 - Osmanlı – Cumhuriyet dönemi arası geçiş süreci, merkezi bir bağlam oluşturmaktadır.
2. Sorgulama dönemi (2007-2015)
 - Bu dönemde kırılmalar yaşanmaya başlamıştır.
 - Klasik sekülerleşme teorilerinin evrenselliği sorgulanmaya başlamıştır.
 - Dini canlanma ve desekülerleşme kavramları literatürde görünür olmaya başlamıştır.
3. Güncel dönem (2015-2025)
 - Mikro alanlara inilen dönem
 - Kadın, gençlik, beden, müzik, tüketim, kentleşme, ve gündelik hayat gibi alanlar incelenmiştir.
 - Literatür daha yoğun ve çeşitli.

Windows'u Etkinle

Hall-1 Mustafa... Ece Cigal- Adıya... Aydın Özdemir

Hall-1 Mustafa ŞENYÜ... Hall-1, Hilal uçak Ece Cigal- Adıyaman U... Doç. Dr. Onur Çetin Aydın Özdemir Mahammad Mammadli

Sürdürülebilir Kalkınmanın Gelişim Süreci

- 1 1972: Çevresel Farkındalığın Doğuşu

Stockholm Konferansı: 20. yüzyılın son çeyreğinde küresel ticaretin gelişmesiyle kaynakların yanlış tüketimi arttı. İlk küresel çevre konferansı düzenlendi. Ortak geleceğimizin perspektifinde çevre sorunlarına dikkat çekmek ve önlemler almak amacıyla küresel farkındalık oluşturma çabaları başladı.
- 2 1980: Dünya Koruma Strateji Belgesi

Sürdürülebilirlik kavramı ilk kez resmi kayıtlarda yer aldı.
- 3 1987: Brundtland Raporu

Brundtland Raporu: "Gelecek nesillerin kaynaklara zarar vermeden günümüz ihtiyaçlarını karşılayan kalkınma" tanımı yapıldı.
- 4 1992: Rio Yeryüzü Zirvesi

Sürdürülebilirliğin çevresel, ekonomik ve sosyal boyutlarını içeren eylem planı oluşturuldu.
- 5 1997: Kyoto Protokolü

Sera gazı salınımının azaltılmasına yönelik hedefler belirlendi. İklim değişikliğini kontrol altına alma çabaları başladı.
- 6 2000: Binyıl Kalkınma Hedefleri

Birleşmiş Milletler, özellikle küresel yoksulluğun azaltılmasına odaklanan 8 hedef belirledi.

11 atanmamış katılımcı

ISARC Melike KAYA

Abdulrezak İKVAN (Hall-1)

Hall-1, Yunus AKTAŞ

HA

Hall-1 Mustafa ŞENYÜ...

Hall-1, Hilal uçak

Günümüz Teknolojileri ve Muhasebe

Yapay Zeka Klasik muhasebe işlemlerinin otomasyonu ve <u>akıllı analizlerin</u> mümkün olması	Blockchain Değiştirilemez ve merkeziyetsiz kayıt sistemlerinin gelişmesi
Bulut Bilişim Güvenli veri depolama ve <u>mekansız erişim kolaylığı</u>	Büyük Veri Kapsamlı veri analizi ve gerçekçi <u>karar desteğinin</u> sağlanması

Windows'u Etkinleştir

ISARC Melike KAYA

Yeli Burak Kahramanoğlu

HALL 2 / SES 1 - ...

HALL 2 / SES 1 - TUĞ...

Hall-2, Canan EFE

Prof.Dr Mustafa METE

hall 2-Esra Kangal

LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmanın Özgün Değeri Mevcut literatür genellikle hukuki boyuta odaklanırken; bu çalışma, Türkiye özelinde emsal ülke seçiminin maliyetleri teknik olarak nasıl yükselttiğini sayısal verilerle analiz etmektedir.	Hukuki Zemin: "Piyasa Dışı Ekonomi" statüsü, otoritelere geniş bir takdir yetkisi vermektedir
	Metodolojik Sorun: Bu yöntemle hesaplanan vergiler, normal piyasa koşullarına göre 4 kat daha yüksektir (%10 yerine %41).
	Ekonomik Amaç: Soruşturmalar, haksız rekabetten ziyade yerli üreticiyi koruma odaklıdır.

9 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkinleştir

Hall-2, İpek ERGÜLEÇ

M

İlhan EROĞLU

Muhsin Çağlar...

Sesi Açmayı İste...

Hall-2, İpek ERGÜLEÇ

Melike Özdemir

Abdulfazak SAYED DA...

İlhan EROĞLU

Muhsin Çağlar ASLAN

FNE

LİTERATÜR TARAMASI

Araştırmmanın Özgün Değeri Mevcut literatür genellikle hukuki boyuta odaklanırken; bu çalışma, Türkiye özelinde emsal ülke seçiminin maliyetleri teknik olarak nasıl yükselttiğini sayısal verilerle analiz etmektedir.

Hukuki Zemin: "Piyasa Dışı Ekonomi" statüsü, otoritelere geniş bir takdir yetkisi vermektedir

Metodolojik Sorun: Bu yöntemle hesaplanan vergiler, normal piyasa koşullarına göre 4 kat daha yüksektir (%10 yerine %41).

Ekonomik Amaç: Soruşturmalar, haksız rekabetten ziyade yerli üreticiyi koruma odaklıdır.

Windows'u Etkin

ISARC Melike KAYA

hall-2 Meryem YAĞMUR

Prof.Dr Mustafa METE

HALL 2 / SES 1 -...

HALL 2 / SES 1 - TUĞK...

Hall-2, Canan EFE

Hall-2, İpek ERGÜLEÇ

(3) WhatsApp

Rolsüz Katılımlar için Etkinlik

seminer özet son.pdf

Dosya

C:/Users/Lenova/Desktop/seminer%20özet%20son.pdf

seminer özet son.pdf

1 / 2

100%

ORCID: 0000-0001-7590-7393

ÖZET

Ülkeler halkının temel ihtiyaçlarını karşılamakla yükümlüdür. Bu ihtiyaçların en temeli sağlık hizmetidir. Bu hizmeti karşılamak için belirli bir bütçe ayırmak zorunda kalmaktadır. Ülkenin bu hizmeti sunması için belirli bir gelirde olması gerekmektedir. Buna ayırdıkları bütçenin yetersizliği ve birçok farklı nedenden finansman modelleri kullanmak zorunda kalmaktadır. Her ülke farklı bir sağlık finansman modeli tercih eder. Bunun birçok sebebi vardır; ülkenin ekonomik durumu, sosyo kültürel yapısı, eğitim seviyesi, nüfus sayısı, tüketici davranışları etkilemektedir. Ülkeler genellikle tek bir finansman modeli kullanmadıkları ve zaman içerisinde politika değişikliklerine gidebildikleri için ülkeleri bu modellere atamak ve net bir sistem sınıflandırmasından bahsetmek her zaman mümkün olmayabilir. Sağlık finansman modelleri; Bismarck, Karma model, Beveridge ve özel sağlık sigortası olarak 4 tane finansman modeli bulunmaktadır. Türkiye de hem kamu sağlık yardımı modelinin (beveridge) geçerliği olduğu hem sosyal sigorta mantığı olan (Bismarck) modeli kullanıldığı karma bir model uygulanmaktadır. Genel Sağlık Sigortası(GSS) temelinde işlenen bir karma modeldir. Türkiye de sağlık sigorta sistemini tek çatı altına toplamak amaçlı kapsayıcı, merkezi bir finansman modeli kullanmaktadır. 2003 yılında başlayan Sağlıkta Dönüşüm Programı, bu sistemin temel taşlarından biri olarak bilinmektedir. Genel sağlık sigortası sisteminin en temel özelliği toplumun büyük kesimine hitap etmektedir. Sağlık sigortası dışında kimsenin kalmamasını sağlamaktadır. Bu çalışmada genel sağlık sigortasının kapsamını, dışında tutulanları, özelliğini ve amacını bakmak. Sağlık finansman modellerini birçok ülkede farklılık göstermektedir.

Windows'u Etkin

Abdulwareth AL... Tamam DUBEL Pelin ALIYEV

Hall-3-Nazlı Tıgılı Hall-3, Andaç Kutay Sa... Abdulwareth ALKASEM Tamam DUBEL Rifat Atay Pelin ALIYEV

Otomatik Kaydet Nazlı TİĞLİ- Dijital Pazarlamada Yapay Zeka Destekli Kişiselleştirme Alışveriş İyileştirme ve... bu bilgisayar konumuna kaydedildi

Dosya Giriş Ekle Çiz Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Kaydet Gözden Geçir Görünüm Yardım Acrobat

Yapıştır Yeni Slayt Pano Slaytlar Yazı Tipi Paragraf Çizim Düzenleme PDF oluşturma ve Bağlantı paylaşma PDF oluşturma ve Outlook üzerinden paylaşma Adobe Acrobat Dikte Eklenir Tasarımcı Copilot Ses Eklenir

14 15 16 17 18 19

SONUÇ VE ÖNERİLER

- Sonuç olarak, gelişmekte olan ülkelerde yapay zeka destekli kişiselleştirme uygulamaları, uygun biçimde tasarlandığında ve etik ilkeler çerçevesinde uygulandığında alışveriş iyi oluşunu artıran etkili bir dijital pazarlama aracı olarak değerlendirilebilir (Sirgy vd., 2001; Hwang ve Kim, 2023).
- Ancak şeffaflık, veri gizliliği ve tüketici farkındalığı yeterince sağlanmadığında, bu uygulamalar alışveriş kötü oluşunu tetikleyerek tüketici refahını olumsuz yönde etkileyebilmektedir (Zuboff, 2019; Lutz ve Tamó-Larrieux, 2021).
- Bu nedenle gelişmekte olan ülkelerde dijital pazarlama stratejilerinin, yalnızca teknolojik verimlilik açısından değil; aynı zamanda etik, psikolojik ve sosyo-kültürel boyutlar dikkate alınarak ele alınması gerekmektedir (UNCTAD, 2021).

Not eklemek için tıklayın

Slayt 18 / 25 Erişilebilirlik: Her şey hazır

Sesi Açmayı İste... Hall-4, İbrahim... Şemseddin Gün... Nurgül Karaçam GÜLNUR YAĞICI SŞahin

Ayçe Yılmaz Hall-4, İbrahim Uysal Şemseddin Gündüz Nurgül Karaçam GÜLNUR YAĞICI SŞahin

STRATEJİK SESSİZLİK.pptx - PowerPoint Resim Araçları

Dosya Giriş Ekle Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Gözden Geçir Görünüm Biçim Ne yapmak istediğinizi söyleyin... Paylaş

Yapıştır Kopyala Biçim Boyayıcı Yeni Slayt Bölüm Yazı Tipi Paragraf Metin Yönlendirme Metni Hizala SmartArt'a Dönüştür Çizim Yerleştir Hızlı Stiller Şekil Dolgusu Bul Şekil Anahattı Şekil Efektleri Düzenleme

14 15 16 17 18

“Sessizlik bir ‘susma biçimi’ değil, bir ‘ifade biçimi’dir.”

Bu nedenle bu stratejiyi etik, empatik ve planlı bir çerçevede yönetmek, uzun vadede güven ve istikrarın korunması için önemlidir.

Slayt 17 / 18

STRATEJİK SESSİZLİK.pptx - PowerPoint

Neden Boykot Ediliyorlar? Küresel Markaların Filistin Tutumu

Önde gelen uluslararası şirketler, Filistin meselesiyle ilgili algılanan sessizlikleri, sorgulanan ortaklıkları veya yetersiz insani çağrılarını nedeniyle küresel boykot kampanyalarının hedefi haline gelmektedir. Her marka için eleştirilerin temel nedenleri vurgulanmaktadır.

Apple: "Sessiz Ortak" Olarak Gösteriliyor
Boykot istisnalarında net bir durum sergilemediği için eleştiriliyor.

Google / Alphabet: Teknoloji Tedariki Nedeniyle Hedefte
Teknoloji işbirliği nedeniyle protesto ediliyor; insani çağrılar yetersiz görülüyor.

Microsoft: Çalışan Protestoları ve Askeri Bağlantılar
Şirketin teknoloji bağları ve net bir barış çağrısı yapmaması tartışılıyor.

TEKNOLOJİ DEVLERİ

YİYECEK, İÇECEK VE PERAKEDE MARKALARI

McDonald's: Satış Düşüşleri ve Yetersiz Açıklamalar
Merkezin açıklamaları "yetersiz" bulunduğu için boykot ediliyor.

Starbucks: Ateşkes Çağrısı Eksikliği Eleştirisi
Sosyal medya boykot çağrılarında en sık anılan markalardan biri.

Coca-Cola & PepsiCo: Uzun Süreli Boykot Hedefleri
Filistin yanlısı güçlü ve net bir mesaj vermedikleri için eleştiriliyor.

Gerçek dünya örnekleri 6 atanmış katılımcı

STRATEJİK SESSİZLİK.pptx - PowerPoint

Neden Boykot Ediliyorlar? Küresel Markaların Filistin Tutumu

Önde gelen uluslararası şirketler, Filistin meselesiyle ilgili algılanan sessizlikleri, sorgulanan ortaklıkları veya yetersiz insani çağrılarını nedeniyle küresel boykot kampanyalarının hedefi haline gelmektedir. Her marka için eleştirilerin temel nedenleri vurgulanmaktadır.

Apple: "Sessiz Ortak" Olarak Gösteriliyor
Boykot istisnalarında net bir durum sergilemediği için eleştiriliyor.

Google / Alphabet: Teknoloji Tedariki Nedeniyle Hedefte
Teknoloji işbirliği nedeniyle protesto ediliyor; insani çağrılar yetersiz görülüyor.

Microsoft: Çalışan Protestoları ve Askeri Bağlantılar
Şirketin teknoloji bağları ve net bir barış çağrısı yapmaması tartışılıyor.

TEKNOLOJİ DEVLERİ

YİYECEK, İÇECEK VE PERAKEDE MARKALARI

McDonald's: Satış Düşüşleri ve Yetersiz Açıklamalar
Merkezin açıklamaları "yetersiz" bulunduğu için boykot ediliyor.

Starbucks: Ateşkes Çağrısı Eksikliği Eleştirisi
Sosyal medya boykot çağrılarında en sık anılan markalardan biri.

Coca-Cola & PepsiCo: Uzun Süreli Boykot Hedefleri
Filistin yanlısı güçlü ve net bir mesaj vermedikleri için eleştiriliyor.

Gerçek dünya örneklerine bakacak olursak...

Windows'u Etkin

Hall 5 - Metin...

Çigdem Alicavusoglu

Hall 5 - Metin KETBOĞ...

EKREM YAŞAR AKÇAY

sunaozkan

PC

Sema Aydın

Teşekkür ederim...

cigdem.alicavusoglu@gop.edu.tr

7 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkin

Hall 6- Cansu Ç...

ISARC Melike KAYA

Hall 6, Ali Rauf Karataş

Adnan Soysal H6 S3

Selim Kanat (SDU) HALL-...

h6s3-Prof. Dr. Müslüm...

Hall 6- Cansu ÇÖĞÜR...

14 SONUÇ

- Enerji hariç serinin daha güçlü ortalama geri dönüş davranışı, Türkiye'nin dış denge dinamiklerini şekillendirmede enerji bağımlılığının kritik rolünü vurgulamaktadır. Enerji ithalatı, cari hesap üzerinde yapısal ve dışsal bir baskı kaynağı olarak hareket ederek, küresel enerji fiyat dalgalanmaları ve jeopolitik şokların etkisini artırmaktadır. Enerji bileşeni hariç tutulduğunda, kalan cari hesap dinamikleri daha fazla istikrar ve öngörülebilirlik sergilemekte ve Türkiye'nin dış dengesizliğinin öncelikle zayıf rekabet gücü veya sürdürülemez iç talep modellerinin sonucu olmadığı görüşünü pekiştirmektedir.
- Politika açısından bu sonuçlar, cari hesabın sürdürülebilirliğini artırmak için enerjiyle ilgili yapısal kısıtlamaların ele alınmasının önemini vurgulamaktadır. Enerji verimliliğini artırmayı, yenilenebilir enerji kapasitesini genişletmeyi ve ithal enerji kaynaklarına bağımlılığı azaltmayı amaçlayan politikalar, dış dengelerin sürdürülebilirliğinin iyileştirilmesine önemli ölçüde katkıda bulunacaktır. Bu bağlamda, kısa vadeli talep yönetimi politikaları, kapsamlı enerji ve sanayi politikalarıyla desteklenmedikçe, cari hesap pozisyonunda kalıcı iyileşmeler sağlamak için tek başına yetersiz kalabilir

15 atanmamış katılımcı

PowerPoint presentation titled "FINANSAL GELİŞİMİŞLİK DÜZEYİNİN GELİR DAĞILIMINA ETKİSİ" (The Effect of Financial Development Level on Income Distribution). The slide is titled "LİTERATÜR TARAMASI(1)" (Literature Review(1)).

The slide content includes:

- Finansal gelişmişlik düzeyi ile gelir dağılımı eşitsizliği arasındaki ilişkinin incelenmesine ilişkin literatür oldukça zengindir. Özellikle uluslararası literatür incelendiğinde konunun hala önemini koruduğu görülmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar birbirinden farklı olabilmektedir. Örneğin, Jauch & Watzka (2016) finansal gelişmenin gelir eşitsizliğini artırdığı sonucuna ulaşmıştır.
- Mushtaq vd. (2025) finansal gelişme, finansal kurumlar, finansal piyasalar ve gelir eşitsizliği arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu doğrulamıştır. Bu, belirli bir seviyeye ulaşıldıktan sonra gelir eşitsizliğinin azalabileceğini göstermektedir. Finansal gelişimin, finansal kurumların ve finansal piyasaların erken aşamalarında gelir eşitsizliği artırabilir.

The slide is part of a presentation with 15 slides, currently showing slide 5. The interface includes a top bar with user names (ISARC Melike KAYA, Kaan Yigenoğlu H7 S3, H7-Betül Bayram, Emre Cengiz, Hall-7 Şafak Sönmez S..., fahd mahmoud) and a bottom bar with navigation icons and a Windows taskbar.

PowerPoint presentation titled "FINANSAL GELİŞİMİŞLİK DÜZEYİNİN GELİR DAĞILIMINA ETKİSİ" (The Effect of Financial Development Level on Income Distribution). The slide is titled "LİTERATÜR TARAMASI(1)" (Literature Review(1)).

The slide content includes:

- Finansal gelişmişlik düzeyi ile gelir dağılımı eşitsizliği arasındaki ilişkinin incelenmesine ilişkin literatür oldukça zengindir. Özellikle uluslararası literatür incelendiğinde konunun hala önemini koruduğu görülmektedir. Bununla birlikte yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlar birbirinden farklı olabilmektedir. Örneğin, Jauch & Watzka (2016) finansal gelişmenin gelir eşitsizliğini artırdığı sonucuna ulaşmıştır.
- Mushtaq vd. (2025) finansal gelişme, finansal kurumlar, finansal piyasalar ve gelir eşitsizliği arasında ters U şeklinde bir ilişki olduğunu doğrulamıştır. Bu, belirli bir seviyeye ulaşıldıktan sonra gelir eşitsizliğinin azalabileceğini göstermektedir. Finansal gelişimin, finansal kurumların ve finansal piyasaların erken aşamalarında gelir eşitsizliği artırabilir.

The slide is part of a presentation with 15 slides, currently showing slide 5. The interface includes a top bar with user names (ISARC Melike KAYA, Kaan Yigenoğlu H7 S3, H7-Betül Bayram, Emre Cengiz, Hall-7 Şafak Sönmez S..., fahd mahmoud) and a bottom bar with navigation icons and a Windows taskbar.

ISARC Melike KAYA Hall-8 Eser TEMİZ (Sessiz) Levent Koçer-Hall 8-S... Nur Artuç-Hall 8

4008 Bildiri - PowerPoint Eser TEMİZ

Öneriler

- Bu sonuçlar doğrultusunda, benzer projelerin farklı bölgelerde ve daha geniş örneklemlemler uygulanması önerilmektedir.
- Uygulayıcılar için, doğa temelli kapsayıcı etkinliklerin yaygınlaştırılması önerilmektedir.
- Politika yapıcılar için ise bu tür projelerin desteklenmesine yönelik sürdürülebilir mekanizmaların geliştirilmesi önerilmektedir.

14 atanmamış katılımcı

Not eklemek için tıklayın

Windows'u etkinleştir

ISARC Melike KAYA çişil çamlı, Hall-9, Sessiz Ahmet Gurguşin hall-9-FATMA DOYUK Tuncay ALPAR Osman ALINAK

Gaziantep Kongresi Programı KÜMELEME YÖNTEMLERİ ÇOKY.pdf

UYGULAMA

➤ Önceden belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak VIKOR yöntemi ile en zayıf kriter performansına dayalı uzlaşmacı sıralama, EDAS yöntemi ile pozitif ve negatif ortalama uzaklıklara göre elde edilen sıralama ve TOPSIS yöntemi ile pozitif-ideal çözüme en yakın ve negatif-ideal çözüme en uzak olan çözüme dayalı olarak tedarikçi performans sıralamaları elde edilmiştir. Yöntemlere ilişkin skorlar ve elde edilen sıralama sonuçları aşağıda verilmiştir.

Tedarikçi	VIKOR (Skor)	EDAS (Skor)	TOPSIS (Skor)	VIKOR (Sıra)	EDAS (Sıra)	TOPSIS (Sıra)
T1	0.0953	0.9272	0.7673	2	1	1
T2	0.5371	0.8976	0.7043	9	2	4
T3	0.2858	0.8657	0.7319	4	3	2
T4	0.0000	0.8399	0.6638	1	4	8
T5	0.6456	0.8382	0.6775	12	5	7
T6	0.2302	0.8000	0.7087	3	6	3
T7	0.3255	0.7693	0.6933	5	7	5
T8	0.4207	0.7385	0.6779	8	8	6
T9	0.6932	0.6842	0.6448	13	9	9
T10	0.7065	0.6521	0.6335	15	10	10
T11	0.7012	0.6307	0.6046	14	11	12
T12	0.3678	0.5939	0.6161	6	12	11
T13	0.7223	0.5535	0.5586	16	13	17
T14	0.8229	0.5499	0.5940	21	14	14
T15	0.7409	0.5450	0.5955	18	15	13
T16	0.5768	0.5257	0.5715	11	16	16
T17	0.8546	0.5064	0.5719	23	17	15
T18	0.4154	0.4524	0.5374	7	18	18
T19	0.8070	0.3837	0.5092	19	19	19
T20	0.8203	0.3552	0.4961	20	20	21
T21	0.7382	0.3540	0.4921	17	21	23
T22	0.5583	0.2847	0.4961	10	22	22
T23	0.8414	0.2837	0.5056	22	23	20
T24	0.8547	0.2297	0.4541	24	24	24
T25	0.9129	0.1558	0.4202	26	25	25
T26	0.9129	0.1558	0.4202	27	26	26
T27	0.8891	0.1291	0.4110	25	27	27
T28	0.9341	0.0589	0.3755	28	28	28

Windows'u etkinleştir

Berkar Çirpan

Hall-10- Tuba İLHAN D...

Rifat Atay

Hall-10 / 3 Resu... Doç. Dr. Servet...

Hall-10 / 3 Resul Suçın...

Doç. Dr. Servet Demir...

Berat Tıraş

B

MUKAYESELİ DEĞERLENDİRME (III)

- İsmail Hakkı Efendi'nin icâzetnâmesi ta'lik hattı ile yazılmıştır.
- Hacızâde Muhammed Efendi ve Mehmet Sarıcaoğlu'nun icâzetnâmeleri nesih hatıyladır.
- Mehmet Sarıcaoğlu'nun icâzetnâmesinde resmî kurum mührü bulunmaktadır.

MUKAYESELİ DEĞERLENDİRME (IV)

- İsmail Hakkı Efendi ve Mehmet Sarıcaoğlu'nun icâzetnâmelerinde Şâtıbiyye, Dürre, Teyşir ve Tahbîr usulleri zikredilmiştir.
- Hacızâde Muhammed Efendi'nin icâzetnâmesinde bunlara ek olarak Mâhir tarîki de yer almaktadır.

ISARC Melike KAYA

H' Ahmet BEKEN

Berkar Çirpan

Hall-10- Tuba İLHAN D...

Rifat Atay

Hall-10 / 3 Resu...

B

MUKAYESELİ DEĞERLENDİRME (I)

- Hacızâde Muhammed Efendi, silsileyi saymayı Ebû Amr ed-Dânî'de bırakmıştır.
- İsmail Hakkı Efendi ve Mehmet Sarıcaoğlu ise sened zincirini tek tek zikretmiştir.

MUKAYESELİ DEĞERLENDİRME (II)

- Mehmet Sarıcaoğlu'nun silsilesinde Hacızâde Muhammed Efendi on birinci sırada yer almaktadır.
- Sarıcaoğlu'nun ve Balyalı İsmail Hakkı Efendi'nin senedleri Evliya Efendi'de birleşmektedir.

Bunun yanı sıra nanoteknoloji tabanlı feromon formülasyonlarının, biyolojik mücadele ajanlarıyla entegre kullanım potansiyeli de dikkat çekmektedir. “Çek-ve-enfekte et” ve oto-disseminasyon gibi stratejilerde feromonlar, zararlıların yönlendirilmesinde kilit rol oynayarak entomopatojen mikroorganizmaların yayılımını artırmaktadır. Bu bütüncül yaklaşımlar, entegre zararlı yönetimi (IPM) ve organik tarım sistemleri içerisinde feromonların stratejik önemini daha da güçlendirmektedir (Cook vd., 2007; Shashank vd., 2024).

8 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkinle

GİRİŞ

- Bu doğrultuda, öğrenci merkezli, disiplinler arası ve beceri temelli alternatif eğitim modellerine olan ihtiyaç artmıştır. Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli, bireyin bütüncül gelişimini esas alan ve 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılmasını hedefleyen bir eğitim yaklaşımını benimsemektedir (MEB, 2023).
- Harezmi Eğitim Modeli, yerli ve millî bir model olarak; problem çözme, iş birliği, üretim ve disiplinler arası öğrenmeyi temel almaktadır (MEB, 2023).

Windows'u Etkinle

ISARC Melike KAYA Hall 13 - SİBEL DEMİRTAŞ Lenovo 13,Fatih Kurt Prof. Dr. Necdet KONAN esma cici

GİRİŞ

- Günümüzde bireylerden yalnızca bilgi sahibi olmaları değil; problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği, üretkenlik ve sorumluluk alma gibi 21. yüzyıl becerilerine sahip olmaları beklenmektedir. (Trilling & Fadel, 2009; OECD, 2018).
- Bu beklentiler, eğitimi yaşam boyu devam eden bir süreç olarak ele alan anlayışla örtüşmektedir(UNESCO, 2015).

8 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkinle

ISARC Melike KAYA Aysel KOCAKÜLAH-HALL-... Tahir KARAŞAHİN Hall-14 Eray METİN Hall 14' Rukiye Kübra A... hall 14Canan Okumuş

Kavram Testinden Elde Edilen Bulguların Karşılaştırarak Verilmesi

Araştırma sonucunda Işık Konu Kavram Testi'nden elde edilen bulgular, konu başlıklarına göre aşağıda detaylandırılmıştır:

1. Işığın yayılması (ışık ışını çizimi): Işığın bir kaynaktan çıkarak her yöne ve doğrusal yayıldığını ölçen 3. soruda şimdi bir ara odasındasınız in "bilimsel olarak kabul edilebilir" yanıt oranı ön testte %5 iken son testte **%70**' e yükselmiştir. Deney-2 grubunda ise bu oran %36' dan **%66**' ya çıkmıştır. Yaşam temelli gruptaki artışın daha belirgin olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ışık ışını çizimini ölçen 7. soruda Deney-1 grubu başarı oranını %35' ten **%75**' e çıkarmıştır.

Windows'u Etkinle

Tolga AKTÜRK
Tolga AKTÜRK

5. GAZİANTEP KONGRE P...
GELİŞTİRİLMİŞ US...
+ Oluştur

Tüm araçlar Düzenle Donuşturma E-imza

Metin veya araç bul

solutions (Raza & Abdel-Aty, 2023). Motivated by these developments, the present study employs the Modified Exponential Function Method to derive new families of exact solutions for the KPP equation, thereby extending existing results in the literature and demonstrating the efficiency of the method for nonlinear reaction-diffusion models.

$$u_t - u_{xx} + \alpha u + \beta u^2 + \delta u^3 = 0, \quad (1)$$

The Kolmogorov-Petrovskii-Piskunov (KPP) equation is a prototypical nonlinear reaction-diffusion equation that has been extensively used to model wave-front propagation phenomena arising from the combined effects of diffusion and nonlinear reaction mechanisms. The equation is particularly effective in describing the spread of biological populations, where it models the invasion of a species into a new habitat through growth and diffusion processes. Beyond population genetics, the KPP equation has found important applications in ecology and epidemiology for modeling the spatial spread of species, diseases, and epidemics. In combustion theory and chemical kinetics, it is employed to represent flame propagation and autocatalytic chemical reactions, where reaction rates and diffusion play a dominant role. The equation has also been utilized in neuroscience, plasma physics, and materials science to

3
19
^
v
C
D
S

5 atanmamış katılıma

phase transitions, and pattern formation in extended media. Owing the KPP equation admits a variety of dynamical behaviors, most

Halk 16Gülşah
denizkilic

5. GAZİANTEP KONGRE P...
GELİŞTİRİLMİŞ US...
+ Oluştur

Tüm araçlar Düzenle Donuşturma E-imza

Metin veya araç bul

space forms. We obtain sharp upper bounds for the vertical and horizontal Ricci curvatures in terms of the ambient quaternionic sectional curvature and the O'Neill tensors. Moreover, we completely characterize the equality cases and show that they correspond to strong geometric conditions such as totally geodesic fibers and integrable horizontal distributions. Several examples are provided to illustrate the sharpness of the obtained inequalities.

2. PRELIMINARIES

Let $F:(M,g) \rightarrow (N,h)$ be a Riemannian submersion between Riemannian manifolds. According to O'Neill [3], the tangent bundle of M admits an orthogonal decomposition

$$TM = V \oplus H,$$

where $V = \text{Ker } F_*$ denotes the vertical distribution and $H = V^\perp$ the horizontal distribution. This decomposition plays a fundamental role in comparing the geometric properties of the total space with those of the base manifold. Let ∇ be the Levi-Civita connection on (M,g) . Following [3], the geometry of a Riemannian submersion is described by the O'Neill tensors T and A , defined for vector fields E, F on M by

$$T_E F = H \nabla_E F + V \nabla_E F,$$

$$A_E F = H \nabla_E F + V \nabla_E F.$$

3
10
^
v
C
D
S

5 atanmamış katılıma

ISARC Melike KAYA Zehra Özdemir İlkay Turk Cakir Hall-19, Selin TÜRKCAN

Otomatik Kaydet Sunum - Ma... • bu bilgisayar konumuna kaydedildi Ara Kaydet Teams'de Sun Paylaş

Dosya Giriş Ekle Çiz Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Kaydet Gözden Geçir Görünüm Yardım Acrobat

Yapıştır Yeni Slayt Pano Şekiller Yerleştir High Stiller Düzenleme PDF oluşturma Adobe Acrobat Ses Ekleniler Tasarımcı Copilot MathType

1 2 3

MULTIPLICATIVE GEOMETRIC ANALYSIS OF QUATERNION-BASED SPACE-TIME CURVES IN MINKOWSKI MULTIPLICATIVE SPACE

5. ULUSLARARASI
Gaziantep
Bilimsel Araştırmalar Kongresi
27-28 ARALIK 2025
GAZİANTEP

DOÇ. DR. ZEHRA ÖZDEMİR
AMASYA ÜNİVERSİTESİ

12 atanmamış katılımcı

Slayt 1 / 44 Erişilebilirlik: Önerilere göz atın Notlar Windows'u Etkile

ISARC Melike KAYA H-20-Bahattin Demirtaş Hall- 20, Nurettin ÇAKICI Ümran Açıkgöz İylela abbaslı

Hall- 20, Nurettin ÇAKICI

Windows'u Etkile

S

Sesi Açmayı İste...

F

H

Hall 24 - Sezgin Çeker...

Anvar Abbasov Hall 24...

doğan aydın

Tuğçe Durmaz

Fatima Quluyeva

Hilal Öner

RESULTS III: TÜM SINIFLAR ÜZERİNDE NET ETKİ

Tüm sınıflar üzerindeki net etki

- Toplam kazanımlar ve kayıplar
- Hangi varyantlar daha yıkıcı?
- Net etki tek başına karar verdirici değildir

NetDeltaSum_f1 by augmentation and model (vs original)

Augmentation	KNN (NetDeltaSum_f1)	MLPClassifier (NetDeltaSum_f1)
original	0.00	0.00
smote70	-0.05	-0.05
smote70_allknn	-0.25	-0.15
smoteenn	-0.35	-0.25
smotetomek	-0.15	-0.05
svmsmote70	-0.05	-0.05
svmsmote70_allknn	-0.15	-0.15

S

F

ISARC Melike KAYA

Ahmet Sertol Koksai

Hall 24 - Sezgin Çeker...

Anvar Abbasov Hall 24...

Tuğçe Durmaz

Fatima Quluyeva

RESULTS II: GLOBAL PERFORMANS BOZULMASI

Orijinal duruma göre değişimler

- Macro-F1'de küçük düşüşler
- Doğruluk ve kappa değerlerinde daha büyük düşüşler
- N1 iyileşmesinin kontrollü bir maliyeti var

Overall metric deltas vs original — MLPClassifier

Augmentation	Macro_F1 (Delta vs original)	Accohen_Kappa (Delta vs original)	Accuracy (Delta vs original)
smote70	-0.01	-0.04	-0.04
smote70_allknn	-0.02	-0.08	-0.08
smotetomek	-0.02	-0.05	-0.05
smoteenn	-0.05	-0.10	-0.10
svmsmote70	-0.02	-0.04	-0.04
svmsmote70_allknn	-0.02	-0.08	-0.08

Overall metric deltas vs original — KNN

Augmentation	Macro_F1 (Delta vs original)	Accohen_Kappa (Delta vs original)	Accuracy (Delta vs original)
smote70	-0.01	-0.04	-0.04
smote70_allknn	-0.02	-0.10	-0.10
smotetomek	-0.02	-0.08	-0.08
smoteenn	-0.05	-0.12	-0.12
svmsmote70	-0.02	-0.04	-0.04
svmsmote70_allknn	-0.02	-0.08	-0.08

5 atanmamış katılımcı

Veri Kümesi

Window

Hall-26, Session-6, Kü... HALL 26 SESSIO... Hall-26,session...

Perihan ÇULUN

Sunul_Termoelektrik_PCM - PowerPoint (Uzun Etkinleştirilmedi)

Yapıştır Kopyala Yeni Biçim Boyayıcı Yeni Slayt Bölüm Slaytlar Yazı Tipi Paragraf Çizim Veri Ekleme Bul PDF oluşturma

5

6

7

8

slayt 7 / 18

Notlar Açıklamalar

Windows'u Etkile

Layer	Thickness (mm)
PVC	4.5 mm
TiO ₂	3 mm
PCM	5 mm

Hall-26, Session-6, Serdar... Perihan ÇULUN

Hall-26, Session-6, Kü... HALL 26 SESSION 6 G... Hall-26,session 6, hasan u...

Sınırlı Termoelektrik PCM - PowerPoint (Ön Etiketli)

Doğru Giriş Ekle Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Gözden Geçir Görünüm EndNote X9 Acrobat

Yaz Tipleri Paragraf SmartArt'a Dönüştür

Yerleştir Hızlı Stiller Şekil Dolgu Şekil Anlatıcı Bul Değiştir Seç PDF oluşturma Adobe Acrobat

5 atanmamış katılımcı

Hall-27, Rayyan... U Emrah ŞEKER E

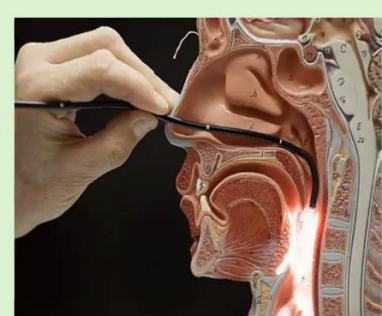
Hall-27, Rayyan Alhas... Uğur Karabıçak Hall27 (Asuman SAVAŞÇIHAŞES Emrah ŞEKER Elif Nur SELÇUK Dr. Öğr. Üyesi Kubilay ...

CE-NBI Teknolojisi

NBI (Narrow Band Imaging)

- Endoskop, beyaz ışık kaynağına sahiptir.
- NBI modunda bu ışık, dar bant filtrelerden geçirilir. Filtreler iki ana dalga boyunu iletir:
- Mavi ışık (~415 nm) Yeşil ışık (~540 nm) Bu dalga boyları hemoglobin tarafından güçlü şekilde absorbe edilir.
- Mavi ışık → yüzeysel kapiller damarları
- Yeşil ışık → daha derin damarları vurgular
- Kan içeren yapılar koyu ve kontrastlı çevre dokular daha açık görünür

Böylece mikrovasküler yapı belirginleşir.



5 Windows'u Etkinle

Hall-27, Orçun ORUÇ

Hall-27, Mahmut Ekers...

Hall-27, Fahriye Sarı

Hall-27, Sercan Köse

Hall-27, Rayyan Alhas...

ÇALIŞMANIN AMACI

- Bu çalışmada, CE-NBI görüntülerinden oluşan açık erişimli bir veri seti kullanılarak derin öğrenme tabanlı yapay zeka modeli ile gırtlak lezyonlarının iyi huylu (benign) ve kötü huylu (malignant) olarak otomatik sınıflandırılması amaçlanmıştır. Böylece öznel değerlendirmelere bağlı yanlış sınıflandırmaların azaltılması hedeflenmiştir.

Hall-28-Cenk Yavuz

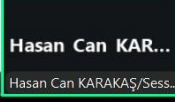
Merve Akçakaya Hall-28

Hall-28, Session-7 -Ale...

MATERIAL AND METHOD (Malzeme ve Yöntem)

Sıcak Pres Üretim Parametreleri		
Cihaz	Parametre	Değer
Sıcak Pres (CARVER)	Presleme Sıcaklığı (°C)	150
Sıcak Pres (CARVER)	Uygulanan Basınç (psi)	2200
Sıcak Pres (CARVER)	Presleme Süresi (dakika)	3
Sıcak Pres (CARVER)	Soğutma Sıcaklığı (°C)	25 (oda sıcaklığı)
Sıcak Pres (CARVER)	Soğutma Süresi (dakika)	3-5
Sıcak Pres (CARVER)	Kalıp Yapısı	Çelik, tek boşluklu
Sıcak Pres (CARVER)	Kalıp Ön Isıtma Süresi (dakika)	2

CLXXI



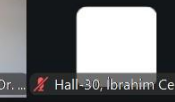
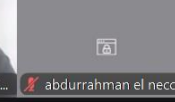
İÇERİK

1. ŞİRKET TANITIMI
2. SÜSPANSİYON SİSTEMLERİ- AMORTİSÖR
3. AMORTİSÖRLERİN TEMEL GÖREVLERİ
4. ÇALIŞMA ÖZETİ
5. MATERYAL VE METOT
6. BULGULAR VE TARTIŞMA
7. SONUÇLAR
8. KAYNAKÇA



8 atanmamış katılımcı

2



Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Çalışmanın Amacı

Tünelcilik projelerinde kaya kütlelerinin **kazılabilme özelliklerinin** gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi.

Güvenilir **maliyet tahmini** ve etkin tasarım için kritik verilerin sağlanması.

Tasarım aşamasında kazı sınıflarını belirleyerek, uygun **kazı yöntemlerinin** seçilmesine olanak sağlamak.

Çalışma Kapsamı

Malatya ili Arguvan ilçesinde yapımı devam eden **Yoncalı Barajı İsale tüneli** güzergâhı.

Tünel güzergâhı boyunca yer alan ve en uzun mesafeyi oluşturan **bazaltik kaya kütlesi**.

Kapsamlı arazi gözlemleri, laboratuvar deneyleri ve **17 farklı görgül yaklaşım** ile analiz.

Yoncalı Barajı İsale Tüneli Kazılabilirlik Analizi

8 atanmamış katılımcı

Windows'u E

Hall-31 Osman...

Hall-31, Yılmaz...

A

U

Assoc. Prof. Dr....

Hall-31 Osman GÜNER

Hall-31, Yılmaz Albunar

Ali - Erdem

Uğurhan - Çolak

Assoc. Prof. Dr. Alp Ere...

Arif Kaan BOLEL

SONUÇ

Bu çalışmada kestane kabuğu takviyeli ve MgO/ZnO hibrit katkılı polipropilen esaslı kompozitlerin mekanik, termal ve yapısal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kestane kabuğu ilavesinin kompozitlerin rijitliğini artırmasına karşın süneklik ve özellikle çentiksiz darbe dayanımında belirgin bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. MgO/ZnO hibrit katkılar, elastik ve eğme modüllerini önemli ölçüde artırırken çekme ve eğme dayanımlarını saf PP seviyelerine yakın koruyarak daha dengeli bir mekanik performans sağlamıştır. FT-IR analizleri, kestane kabuğunun PP matrisine başarıyla entegre edildiğini ve PP-g-MA uyumlulaştırıcısının matris-dolgu ara yüzey etkileşimini güçlendirdiğini ortaya koymuştur. TG-DTG sonuçları ise biyodolu ilavesiyle bozunma davranışının çok aşamalı hale geldiğini ve MgO/ZnO hibrit katkılarının kompozitlerin termal stabilitesini artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, geliştirilen hibrit biyokompozitlerin rijitlik ve termal dayanım gerektiren yarı yapısal uygulamalar için uygun bir malzeme alternatifi sunduğunu ortaya koymaktadır.

app.zoom.us ekranınızı paylaşıyor.

Paylaşmayı durdur

Gizle

Windows'u Etkinleştir

Hall 32 - Merih...

Hall 32 - Merih Gülen

Recep Özdal

s7.h32, Aslan AKDULU...

h32s7-Hasan Kı...

Emre Demir

Doğukan Güneş

14:54

Nanopartikül

SENYE-2	277
SENYE-1A	2
SENYE-1A	0.47
SENYE-2	7.62
SENYE-2	10.40

Çizelge 4.

SENYE-1A (ND) - Sınırlama
01/01/06/2008).

SONUÇ

Bu çalışmada nanopartikül ilavesi ile güçlendirilmiş alümina esaslı kompozit zırh yelek sistemleri tekniği açısından değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlardan bekleni, nanopartikül katkısı ile seramik mikroyapısı iyileştiği, gözenekliliği azaldığı ve mekanik özellikleri geliştirildiği görülmüştür. Bu mikroyapısal iyileşmeler, balistik darbe altında enerji sınırlama kapasitesinin artmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Seramik ve metal tabakaların birlikte kullanıldığı sandviç tipi yapılandırma, balistik tehditlere karşı etkili bir koruma mekanizması sunmaktadır. Seramik tabakasına içine çekildiği köreltmesi ve metal arka plakasının kalan enerjiyi absorbe etmesi, sistemin toplam balistik performansını artırdığı bilinmektedir.

Bu çalışma, nanopartikül katkılı seramik zırh sistemlerinin teknik fizibilitesini ortaya koyarak ve ileride gerçekleştirilecek uygulamaya ve sahaya test için bilimsel bir temel oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda nanopartikül türü ve oranlarının optimize edilmesi, farklı seramik matrislerin incelenmesi ve son olarak balistik dayanım davranışlarının değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

Özdoğan, E. (2023). Alümina seramik plakaların geliştirilmesi ve balistik incelenmesi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.

Evcil, C., & Güllü, M. (2014). Ceramic armor systems and ballistic performance. *Composite Structures*, 108, 120-130.

Krishnan, K., Sockalingam, S., & Bansal, S. (2010). Ballistic behavior of ceramic armor materials. *Journal of Materials Engineering*, 32(4), 245-252.

Akdoğan, E., & Türkbaş, S. (2016). Seramik zırh geometrisinin balistik performansa etkisi. *Malzeme Bilimi ve Teknoloji*, 23(3), 145-155.

Silva, M. V., et al. (2014). Effect of alumina purity on mechanical properties. *Ceramics International*, 40(6),

8 atanmamış katılımcı

Windows'u Et

Windows'u E

 3 6°C Çok bulutlu

(HALL-2 SESSION-8) G...

Ayşe Keven

Buğra Sanlı

Hall-2, Session-8, NAR...

Sibel Torunoğlu Hall-2 ...

Yasin PARLATIR

YÖNTEM

1. Ne Yaptık?

2. Nasıl Yaptık?

3. Neyi Ölçtük?

ChatGPT tarafından oluşturulan tinnitus ile ilgili sık sorulan 50 sorudan 10 tanesini analiz ettik.

5 tarafsız uzman, yanıtları dört puanlık bir kalite ölçeği kullanarak değerlendirdi.

Değerlendiriciler Arası Güvenilirlik: Uzmanların ne kadar tutarlı olduğunu ölçmek için Sımf İçi Korelasyon Katsayısı (ICC) kullanıldı.
Okunabilirlik: Metinlerin anlaşılabilirliğini ölçmek için Ateşman okunabilirlik yöntemi kullanıldı.

ISARC Melike KAYA

Tuba Yeşil

Hall-2, Süreyya Nur

(HALL-2 SESSION-8) G...

Ayşe Keven

Buğra Sanlı

AMAÇ

Bu çalışma, tinnitusa ilişkin doğru bilgiye ulaşmada genel olarak internet kullanımının, özel olarak ChatGPT'nin tinnitus hakkındaki yanıtların güvenilirliğini, doğruluğunu, kapsamlılığını ve okunabilirliğini objektif kriterlerle değerlendirmektir.

Tinnitusun bireyin yaşam kalitesini önemli ölçüde etkileyebildiği iyi bilinmektedir. Bu nedenle, bireylerin tinnitusa ilişkin doğru bilgiye ulaşmaları oldukça önemlidir. Bu çalışma,

- Tinnitus ile ilgili bir dizi sık sorulan soruyu analiz ederek ChatGPT tarafından üretilen yanıtların doğruluğunu, güvenilirliğini ve kapsamlılığını araştırmayı,
- Bu tür platformlardaki bilgi sağlama süreçlerinin doğruluğunu ve bilimsel temellerini inceleyerek, çalışma, sağlık alanında kullanılan YZ destekli araçların güvenilirliği hakkında değerli bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.
- Ayrıca, bulgular, kullanıcıların tinnitus hakkında güvenilir bilgilere erişimlerinde değerli bir rehber olma potansiyeline sahiptir.

CLXXV

ISARC Melike KAYA

Hall 3-Abdullah Pala

Burak Glbudak

Yasemin SMEK TRK...

sava ko

Abdullah Zekai Kvrm

Feature Engineering: Identifying Temporal Persistence

- **Objective:** Encode temporal memory and seasonality into the model.
- **Method:** Autocorrelation (ACF) and Partial Autocorrelation (PACF) analysis.
- **Key Lags Identified:**
 - **t-1:** Short-term persistence.
 - **t-5:** Intermediate-scale memory.
 - **t-11, t-12:** Annual cyclicity (seasonal memory).
- **Final Predictors:** 3 atmospheric variables + 4 lagged precipitation variables.

The figure displays two bar charts. The top chart is the Autocorrelation Function (ACF) plot, showing ACF values for lags from 0 to 20. The bottom chart is the Partial Autocorrelation Function (PACF) plot, showing PACF values for the same lags. Both charts include a dashed red line representing the 95% confidence interval (±0.089).

15 atanmam katlm

Dr. Mihriban zgn-H...

Hall-4, Session-8- Do. Dr...

Hall 4 Mehmet KAPLAN

Hall- 4 Session- 8 Muh...

Neslihan elik, Hall-4, ...

Hall-4, Sesson-8, g...

Yeni Bir Paradigma Douyor: Yeil Sukuk

İslami Finans İlkeleri
(Etik, Adil Paylam, Faiz Yasaı)

Yeil Sukuk

Srdrlebilirlik Hedefleri
(evre Koruma, Yenilenebilir Enerji)

Amaç: Gne enerji parkları, biyogaz tesisleri ve rzgar santralleri gibi evre dostu projeleri finanse eden, eriata uygun stratejik bir yatırım aracı.

8 atanmam katlm



ISARC Melike KAYA



mizgin gökçe



Hall-5 Session-8 Deniz De...



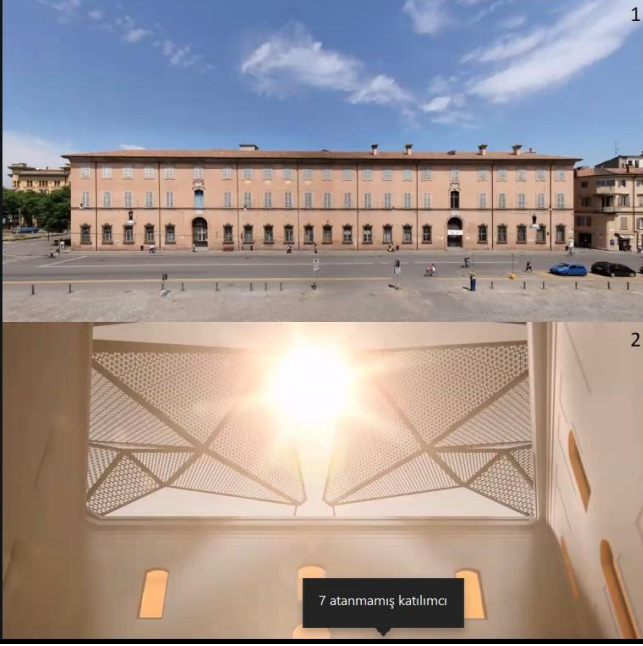
Hall-5, Session-8 Özgü...



Safa Orakçı



Begüm Nizam



1

2

7 atanmamış katılımcı

Künye

GELENEKSEL YAPI:
Ex Ospedale di Sant'Agostino
Mimarı: Giuseppe Sozzi
Yapım Yılı: 1753
Proje Alanı: 20.000m²
Konum: Modena, İtalya

ÇAĞDAŞ ÇATI:
AGO Modena
Mimarları/Tasarımcıları:
• Carlo Ratti Associati
• Italo Rota
• Chuck Hoberman
Tasarım Yılı: 2022

1 <https://universes.art/en/specials/2010/breaking-news/photos/01-ex-ospedale-sant-agostino>
2 <https://carlorattiassociati.com/project/ago-modena/>



Hall-6,Session-8 Elif A...



Hall-6 Halil Yasin Dilek



Hall-6, Havva ÖZKAN



Hall-6 Session-8 elif özdo...



Fatma Sinem Akbulut



erdem çoban

Aktif Katılım ve Deneyimsel Dönüşüm



Aktif Kullanıcı

Geleneksel restoran ziyaretçisi, mekânı yalnızca işlevsel bir ihtiyacı karşılamak için değil kültürel belleğine katkı sağlamak isteyen aktif bir tüketici konumundadır.



Gözlemci Özne

Hard Rock Kafe'de ziyaretçi, sergilenen nesneleri inceleyen, müzikal anlatıyı takip eden aktif bir gözlemci konumuna yükselmektedir.



Deneyimin Parçası

Mekânsal stratejiler sayesinde ziyaretçi, müzikal belleğin yeniden üretildiği deneyimin aktif bir parçası ve katılımcısı haline gelmektedir.

"Hard Rock Kafe iç mekânlarında kullanılan sergileme stratejileri; ziyaretçiyi pasif bir kullanıcı konumundan çıkarak deneyimin aktif bir parçası haline getirmektedir."

Bu dönüşüm, mekânın salt bir hizmet sunum alanı olmaktan çıkıp, ziyaretçinin kendi müzikal hafızasını ve kimliğini yeniden keşfettiği, nostalji ve aidiyet duygularının mekânsallaştığı bir platforma evrilmesini sağlamaktadır. Ziyaretçinin öznel deneyimi, mekânın anlatısal kurgusuyla etkileşime girerek özgün ve kişiselleştirilmiş bir hafıza üretimine dönüşmektedir.



Hall-6 Melike KAYA

Hall-6 Sevd e Güllzar D...

Çağrı Yalçın hall6-session8

Hall-6,Session-8 Elif A...

Hall-6 Halil Yaşın Dilek

Hall-6, Havva ÖZKAN

Aktif Katılım ve Deneyimsel Dönüşüm

**Aktif Kullanıcı**

Geleneksel restoran ziyaretçisi, mekânı yalnızca işlevsel bir ihtiyacı karşılamak için değil kültürel belleğine katkı sağlamak isteyen aktif bir tüketici konumundadır.

**Gözlemci Özne**

Hard Rock Kafe'de ziyaretçi, sergilenen nesneleri inceleyen, müzikal anlatıyı takip eden aktif bir gözlemci konumuna yükselmektedir.

**Deneyimin Parçası**

Mekânsal stratejiler sayesinde ziyaretçi, müzikal belleğin yeniden üretildiği deneyimin aktif bir parçası ve katılımcısı haline gelmektedir.

"Hard Rock Kafe iç mekânlarında kullanılan sergileme stratejileri; ziyaretçiyi pasif bir kullanıcı konumundan çıkarak deneyimin aktif bir parçası hâline getirmektedir."

Bu dönüşüm, mekânın salt bir hizmet sunum alanı olmaktan çıkıp, ziyaretçinin kendi müzikal hafızasını ve kimliğini yeniden keşfettiği, nostalji ve aidiyet duygularının mekânsallaştığı bir platforma evrilmesini sağlamaktadır. Ziyaretçinin özel deneyimi, mekânın anlatsal kurgusuyla etkileşime girerek özgün ve kişiselleştirilmiş bir hafıza üretimine dönüşmektedir.

9 atanmamış katılımcı



Eda Öz Çelikbaş

Hall 7 - Session 8 - Su...

Cemalettin BAYDAĞ

Özer Deniz ÇETİNTAŞ

Hayri AKBUDAK

Click to add title

Margaret Naumburg (1890-1983)
Sanat terapisinin kurucusu (ABD)

- "Dinamik Sanat Terapisi"nin öncüsü
- Sanatı bilinçdışının dili olarak görmüştür
- Freud'un psikanalitik yaklaşımından etkilenmiştir
- Sanat ürünlerini terapi sürecinin merkezine koymuştur

4 atanmamış katılımcı

ISARC Melike KAYA Hall 7 - Session 8 - Sumr... Cemalettin BAYDAĞ Eda Öz Çelikbaş Özer Deniz ÇETİNTAŞ Hayri AKBUDAK

Özer Deniz ÇETİ... Hayri AKBUDAK

Özer Deniz ÇETİNTAŞ Hayri AKBUDAK

Belgesel Sinemanın Yeni Gerçekliği: Yapay Zekâ, Etik ve Temsilin Geleceği

Üretken YZ'nin 'gerçeklik' iddiasını nasıl kıldığı, 'koruyucu bir maske'den 'görünmez bir müdahale'ye uzanan vaka analizleriyle inceliyoruz.

10 atanmamış katılımcı

Şeyma Erkan_H... Fazilet Tuğrul O...

Ali Bayraktaroglu SEVİNÇ PARLAK Sule Ozel Vildan KAVŞUT KAPLANO... Şeyma Erkan_Hall8 Fazilet Tuğrul Okbaz_H...



MARDİN İLİ MİDYAT İLÇESİ GÜMÜŞ VE ALTIN TAKI ÖRNEKLERİ



MARDİN İLİ MİDYAT İLÇESİ GÜMÜŞ VE ALTIN TAKI ÖRNEKLERİ

ISARC Melike KAYA

elifinci

Sabina Aliyeva Namaz...

hall8-Leyla Uluçam

Ali Bayraktaroğlu

SEVİNÇ PARLAK










yaren.gundogan

Ayşem Bahşi

Ina Shanava

Eliso Kereselidze

hall 9 Şule Sila T...

Gizemay Akkırık...

KAVRAMLAR

İŞE BAĞLILIK: Enerji, adanmışlık ve işe yoğunlaşma ile tanımlanan olumlu çalışma durumu. İşe bağlı çalışanlar:

- İşlerini anlamlı bulur
- Örgütsel normlarla uyumlu davranır
- İş dışı davranışlardan kaçınır

İŞ TATMİNİ: Çalışanın işinden duyduğu genel memnuniyet (Locke, 1976). İşinden tatmin olmayan çalışan:

- İşe daha az odaklanır
- Psikolojik kaçış davranışları sergiler

SANAL KAYTARMA: Mesai saatlerinde işle ilgisi olmayan dijital faaliyetler. Blanchard ve Henle (2008) sanal kaytarmayı iki alt boyutta ele almıştır:

- **Önemsiz Sanal Kaytarma**
 - Kısa süreli
 - Düşük riskli
 - Zihinsel rahatlama sağlayabilir
- **Önemli Sanal Kaytarma**
 - Uzun süreli
 - Yüksek riskli
 - Performans ve hizmet kalitesini düşürür

➡ İş tatmini, işe bağlılığı artırabilir; işe bağlılık ise sanal kaytarmayı azaltabilir.

10 atanmamış katılımcı

GİRİŞ

Çalışmanın Konusu

- Dijitalleşmeyle birlikte çalışanların iş saatleri içinde kişisel amaçlı internet kullanımı artmıştır.
- Bu durum, literatürde sanal kaytarma (cyberloafing) olarak adlandırılmaktadır.
- Sanal kaytarma davranışları, özellikle hizmet sektöründe çalışanların işe yönelik tutumları ile yakından ilişkilidir.
- Bu çalışma iş tatmini, sanal kaytarma ve işe bağlılık arasındaki ilişkileri otel çalışanları bağlamında ele almaktadır.

Çalışmanın Amacı

- Otel çalışanlarında iş tatmini ile sanal kaytarma davranışları arasındaki ilişkiyi incelemek
- Bu ilişkide işe bağlılığın aracı rolünü test etmek

Çalışmanın Önemi

- Sanal kaytarma çoğunlukla teknik denetim ve kontrol sorunu olarak ele alınmaktadır.
- Bu çalışma, sanal kaytarmayı psikolojik ve tutumsal değişkenler üzerinden açıklamaktadır.
- Özellikle otelcilik sektöründe çalışan tutumlarının hizmet kalitesine doğrudan yansması nedeniyle, elde edilen bulgular akademik literatür için önemlidir.

10 atanmamış katılımcı

Windows'u

ISARC Melike KAYA

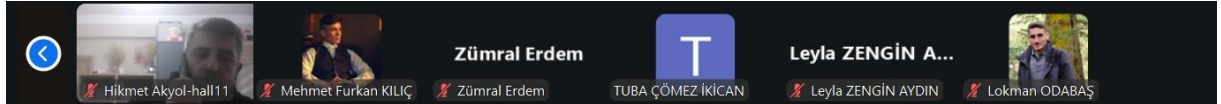
Zeynep ŞENER - Hall 10

Hasan Hüseyin MUTLU

Hall 10-Seyda Savran ...

dilek yalçın

Windows'u Ek



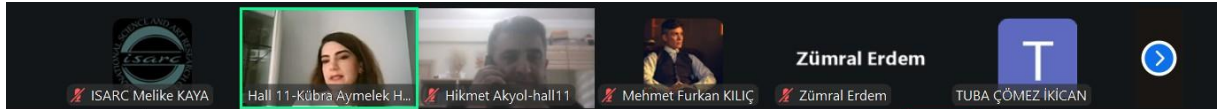
Zoom Meeting Header showing participants: Hikmet Akyol-hall11, Mehmet Furkan KILIÇ, Zümral Erdem, TUBA ÇÖMEZ İKİCAN, Leyla ZENGİN A..., and Lokman ODABAŞ.

Eğitim Alanında Yapay Zekâ

- Eğitim alanında YZ, öğrenme süreçlerinin bireyselleştirilmesi, öğrenen davranışlarının analiz edilmesi ve öğretim ortamlarının uyarlanması amacıyla kullanılmaktadır.

12 atanmamış katılımcı

Windows'u Etkir



Zoom Meeting Header showing participants: ISARC Melike KAYA, Hall 11-Kübra Aymelek H..., Hikmet Akyol-hall11, Mehmet Furkan KILIÇ, Zümral Erdem, and TUBA ÇÖMEZ İKİCAN.

Yapay Zekâ



- Yapay Zekâ sistemleri büyük veri kümeleri üzerinde eğitilerek öngörü üretme, sınıflandırma yapma ve uyarlanabilir geri bildirim sağlama kapasitesine sahiptir.
- Bu özellikleri sayesinde YZ, yalnızca teknik bir araç değil, aynı zamanda sosyal sistemlerle etkileşim kurabilen bilişsel bir teknoloji olarak değerlendirilmektedir.

Windows'u Etkir

Microsoft Teams meeting interface showing a presentation slide titled "SYNTHESIZE" and "MATERIAL and METHOD".

Top Bar: Fethiye YAKAR... Hall-12 Merve İ... Beyzanur Yılma... s19,h12GÜLCA...

Slide 4: SYNTHESIZE

Alloy (ZnFe) Synthesize: Galvanostatic

pH: 4
Current: 3 mA
Time: 300 s
Electrolyte Solution: Sulphate Bath
ZnSO₄·7H₂O FeSO₄·7H₂O
Na₂SO₄ Na₂C₆H₅O₇
H₃BO₃ Glycine
Conducting polymer film synthesize: Cyclic Voltammetry
Electrolyte solution: 0,30 M oxalic acid
Monomer: 0,02 M N-methylpyrrole+0,02 M N-methylaniline

Slide 3: MATERIAL and METHOD

- Working Electrode: Carbon steel
- Reference Electrode: Ag/AgCl (3 M, KCl)
- Counter Electrode: Platin Sheet (0,09 cm²)

Bottom Bar: ISARC Melike KAYA Abdurrahman Akdag Fethiye YAKAR... s9 h12 zulkif yalcin Hall-12 Merve İbrahi... h 12 Gizem Aydemir

Slide 3 / 12 Not eklemek için tıklayın 12 atanmamış katılımcı

ISARC Melike KAYA Muhammed Dede Çağlar Sözen Elvettin Akman Ersan Ersoy

ESG SKORLARININ AVRUPA BİRLİĞİ ÜLKELERİNDE FAALİYET GÖSTEREN İMALAT VE HİZMET SEKTÖRÜ FİRMALARININ SERMAYE YAPISI ÜZERİNDEKİ ETKİSİ

Arş. Gör. Muhammed DEDE
Prof. Dr. Ersan ERSOY

1 atanmamış katılımcı

Simge

Hall-14, Mustafa Furkan... FUAT KARTAL Hall-14 İlknur özcelik Hall-14, MALİK CEBRAİL H14_Arslan KAPTAN

Enerjinin Yolculuğu
Aşındırıcı Su Jetini Fiziğin Gözünden Anlamak

Hidrodinamik ve Tribolojik Esaslara Dayalı Analitik Bir Yaklaşım

$C_d = 28 \text{ m/s}$
 $\eta = 0$

$C_d = 12.0 \text{ n/s}$
 $\eta = 0\%$

2"

d_d

V_0

ISARC Melike KAYA Metehan Kardelen Hall-14, Mustafa Furkan K... Hall-14 ilknur ozcelik Hall-14, MALIK CEBRAİL FUAT KARTAL

Soru & Cevaplar

Dinlediğiniz için teşekkür ederiz...

A New Convolutional Neural Network Model for Skin Cancer Detection in Dermoscopy Images

Slayt 16 / 16 Türkçe

ISARC Melike KAYA Kürşat Senger Hall 15, MOD-Muham... Hall-15, Zafer Gayretli İlker ÖZMUTLU ALİ DOĞAN

Geriden Bildirim Öğrenenin Gelişim Düzeyiyle Uyumu İlişkin Bulgular

Geriden bildirim etkinliği, öğrenenin gelişim düzeyiyle uyumlu biçimde yapılandırılmasına bağlıdır. Öğrenmenin erken evrelerinde daha somut ve yönlendirici geriden bildirimler etkili olurken, ileri evrelerde öğrenenin kendi performansını değerlendirmesine olanak tanıyan sınırlı geriden bildirimlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Gelişim düzeyiyle uyumsuz geriden bildirim uygulamaları ise hatalı öğrenmelere ya da içsel geriden bildirim becerilerinin sınırlanmasına yol açabilmektedir.

Not eklemek için tıklayın

Slayt 14 / 21 Duman

ISARC Melike KAYA | Hall 16- Şirin Kılıçdoğan | Hall 16- Rümeysa Çetli... | Gülsüm KORKUT | Zülal Şahin | Harun CEYLAN

YASLI DOSTU KENT SU... • bu bilgisayar konumuna kaydedildi

Arayış

Kaydet Teams'de Sun Paylaş

Slayt Gösterisi

Slayt Gösterisi Başlat

Yeterince Ele Alınmayan Temel İhtiyaçlar

- Güvenli ve Kesintisiz Kaldırım Düzenlemeleri
- Fiziksel Erişilebilirlik
- Kentsel Güvenlik
- Uygun Fiyatlı ve Erişilebilir Konut Seçenekleri

Yerel yönetimlerin öncülleri, genellikle sosyal katılım gibi 'üst düzey' hedeflere odaklanıyor. Ancak yaşlıların kent yaşamına bağımsız katılımını sağlayan temel altyapı unsurları ihmal ediliyor.

Not eklemek için tıklayın

1 atanmamış katılımcı

ISARC Melike KAYA | H17-S9 Süleyman De... | SINAN ÖZYURT (Hall-17... | Hall 17,Abdurrahman...

ISARC 1 (2025).ppt (Uyumlu Mod) - PowerPoint

Çizim Araçları

Ne yapmak istediğinizi söyleyin...

Oturum Aç Paylaş

Yapıştır Kopyala Biçim Boyutları

Yeni Slayt Bölüm

Yazı Tipi Paragraf Çizim

Şekil Dolgusu Şekil Anahattı Şekil Efektleri

Bul Değiştir Seç

PDF oluşturma Create PDF Sign

1

2

3

4

5

6

** Aşağıda Türkiye'de serebral palsili bireylerin yıllara göre dağılımını gösteren bir veri tablosu yer almaktadır. Veriler 2016-2022 yılları için ulusal sağlık sisteminden elde edilmiş olup, CP tanı sıklığı ve nüfus oranlarına dayanmaktadır.

Tablo 1. Türkiye'de CP Tanı Sayısı ve Yıllara Göre İnsidans (2016-2022)

Yıl	CP Tanı Sayısı	18 Yaş Altı Nüfus	İnsidans (%)
2016	25,634	24,223,372	1.05
2017	24,870	24,224,739	1.03
2018	20,928	24,258,266	0.86
2019	17,762	24,196,448	0.73
2020	10,800	23,979,485	0.45
2021	11,807	23,960,578	0.49
2022	11,268	23,823,305	0.47

CP = Cerebral Palsi; İnsidans = 1000 çocuk başına yeni tanı. PMC

1 atanmamış katılımcı

Hall-4, Session-...

Hall 4 Mehmet KAPLAN Dr. Minriban Özgün-H... Neslihan Çelik, Hall-4, ... Hall-4 Session- 8 Muh... Hall-4, Session-8- Doç... Hall-4, Sessinon-8, Öğ...

Otomatik Kaydet KONUSUYORUZ ÖYLEYSE VARIZ sa... bu bilgisayar konumuna kaydedildi Ara

Dosya Giriş Ekle Çiz Tasarım Geçişler Animasyonlar Slayt Gösterisi Kaydet Gözden Geçir Görünüm Yardım Acrobat

Yapıştır Yeni Slayt Pano Slaytlar Yazı Tipi Paragraf Çizim Şekiller Yerleştir Hızlı Stiller Düzenleme PDF oluşturma Ses Duyarlılık Eklentiler Tasarımcı Copilot

BULGULAR-DEMOGRAFİK BİLGİLER

Toplam Çalışma Stresi (Yıl)	Mevcut İşletmede Çalışma Stresi	Yaş	Eğitim Düzeyi	Beyaz Yakalı İş Deneyimi (Yıl)	Medeni Durum
10	7	32	Lisans	5	Evli
12	8	38	Lisans	2	Evli
10	8	29	Lisans	4	Bekar
11	7	32	Lisans	4	Evli
8	4	29	Lisans	2	Bekar
7	6	37	Yüksek Lisans	3	Evli
12	6	48	Yüksek Lisans	6	Evli
14	8	41	Ön-Lisans	4	Evli
8	7	39	Lisans	5	Evli
9	6	31	Lisans	4	Evli
8	4	32	Lisans	4	Evli
9	4	34	Lisans	4	Evli

app.zoom.us, ekranınızı paylaşıyor. Paylaşımı durdur Gözet

Not eklemek için tıklayın

14 atanmamış katılımcı

Notlar

15:24

H1-S8 Murat K... Muzaffer Baki

ISARC Melike KAYA burcu küçükoğlu doğan... ali okatan H1-S8 Murat KORKMAZ Muzaffer Baki

Determine Load Capacity of Polymer Ball Bearing with - PowerPoint

DOSYA GİRİŞ EKLE TASARIM GEÇİŞLER ANIMASYONLAR SLAYT GÖSTERİSİ GÖZDEN GEÇİR GÖRÜNÜM ACROBAT

Yapıştır Kopyala Yeni Slayt Sınırla Bölüm Pano Slaytlar Yazı Tipi Paragraf Çizim Şekil Döşüsü Bul Şekil Anlatısı Şekil Etkileşimi PDF oluşturma

Force-Deformation

Figure 5. Force-Deformation graph of ball bearings

SLAYT 14 / 18

NOTLAR AÇILANLAR

15:24

STRATEJİK SESSİZLİK.pptx - PowerPoint

Marka Sessizliği: Pasiflik Değil, Stratejik Bir Karar

Marka sessizliği, kriz dönemlerinde markaların bilinçli ve planlı bir şekilde dijital iletişimi durdurmasıdır. Bu bir duyarsızlık göstergesi değil, yanlış anlaşılma, tepki çekme veya krizi büyütmeye risklerinden kaçınmak için kullanılan stratejik bir duruş ve risk yönetimi aracıdır.

Stratejik Duruş
Pasiflik yerine planlı bir eylem.

Risk Yönetimi
'Cancel Culture' ve boykot gibi risklere karşı bir kalkan.

Duyarlılık Göstergesi
Toplumsal hassasiyetlere ve yaşanan acılara karşı saygı gösterme amacı taşıyabilir.

Bu durum tek yönlü bir pasiflik değil çok katmanlı bir duruştur.

Şemseddin Gün...
Şemseddin Gündüz

Hall-4, İbrahim...
Hall-4 İbrahim Uysal

SŞahin
SŞahin

Nurgül Karaçam
Nurgül Karaçam

GÜLNUR YAĞICI
GÜLNUR YAĞICI

6°C
Çok bulutlu

11:45
28.12.2025

INTERNATIONAL SCIENCE AND ART RESEARCH CENTER

Konu: Kongre Katılımcı Bilgisi

31.12.2025

İLGİLİ MAKAMA

5.ULUSLARARASI GAZİANTEP BİLİMSEL ARAŞTIRMALAR KONGRESİ 27-28 ARALIK 2025 tarihleri arasında GAZİANTEP’de ve online olarak 32 farklı ülkeden (Türkiye:448 ve diğer Ülkeler:458 ; Toplam:906 akademisyen/araştırmacıların katılımı ile gerçekleşmiştir. Kongre, 16 Ocak 2020 Akademik Teşvik Ödeneği Yönetmeliğine getirilen ‘’ Tebliğlerin sunulduğu yurt içinde veya yurtdışındaki etkinliğin uluslararası olarak nitelendirilebilmesi için Türkiye dışından en az 5 ülkeden farklı tebliğ sunan konuşmacının katılım sağlaması ve tebliğlerin yarıdan fazlasının Türkiye dışından katılımcılar tarafından sunulması esastır. ‘’ değişikliğine uygun düzenlenmiştir. Bilgilerinize arz edilir. Saygılarımla


Sefa Salih BİLDİRİCİ
HEAD OF İSARC

NOTIFICATIONS

AUTHORS	TITLE	NO
Simge KOÇ ÖZGÜR AY Şeyda KARŞIYAKA	An Investigation Of Pre-Service Teachers' Sustainable Development Awareness According To Gender And Academic Department	1-2
Gülşah ÇETİN SİMGE KOÇ	The Effect Of Modules Developed For Sustainable Development Goals In Science Education On Students' Awareness	3-4
Deniz KILIÇ Gizem Nur ÖZÜPEK Gökhan UYANIK	Education And Steam: A Comprehensive Analysis Of Postgraduate Theses Incorporating Steam Implementations In Turkey	5-6
Pınar KARATAŞ GÜL Prof.Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof.Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTİN	Middle School 7th Grade Students' Views On Geogebra-Supported Instruction Of The Topic 'Views Of Three-Dimensional Objects	7-8
Assoc. Prof. Dr. Murat POLAT	Chen--Ricci Inequalities For (Almost) H-Semi-Invariant Riemannian Submersions From Quaternionic Space Forms	9-17
Lect. Zeynep ERMEYDAN Prof. Dr. Gülay BEDİR	The & Recognized Teacher& Model In The Minds Of Prospective Teachers: A Qualitative Analysis Of Teacher Characteristics That Leave A Lifelong Mark	18-27
Prof. Dr. Gülay BEDİR Lect. ZEYNEP ERMEYDAN	Preschool Teachers' Perspectives on Universal Design for Learning (UDL) Practices in Early Childhood Education	28-35
Emine SAÇIKARALI	An Analysis Of Tuğba Coşkuner's Last People Of The Earth Book Series In Terms Of Values Education	36-37
Asuman ULUSOY Assoc. Prof. Dr. Semih ZEKA	Koray Avcı Çakman's Work Titled "Red Feather" And The Enneagram Personality Types	38-39
Bilal UYSAL Zeynep YİĞİT	Cultural Foundations Of Language Education: The Educational Function Of The Müeddeb Daye	40-52
Bilal UYSAL Zeynep YİĞİT	Turkish Education In Sibyan Schools In The Ottoman Empire And The Educators Involved In This Education	53-73
Prof. Dr. Memet ŞAHİN Tuğçe KÜÇÜKLER	A New Metric On Uncertainty: Fuzzy Partial G-Metric Space	74-86
Prof. Dr. Memet ŞAHİN Özkan AYTEKİN	Fuzzy Partial b-Metric Spaces	87-96
Prof. Dr. Memet ŞAHİN Tehni KABİRİ	Neutro b-Metric Spaces	97-104
Prof. Dr. Memet ŞAHİN Safaa HALLAK	Neutro-Normed Spaces	105-117
Büşra YÜKSAL SARAY Prof. Dr. Esra ALTINTAŞ	5.Sınıf İstatistiksel Araştırma Süreci Teması Kapsamında Purdue Modeline Dayalı Öğretim Materyali Geliştirilmesi	118-119
Zehra TAŞPINAR ŞENER Büşra DİKCE BENZEK	Türkiye Ve Japonya'da Okutulan 5. Sınıf Matematik Ders Kitaplarında Yer Alan Görevlerin Karşılaştırmalı İncelemesi	120-121

AUTHORS	TITLE	NO
Selin TÜRKCAN Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN	Investigation Of 9th Grade Students' Opinions On Practices In The Mathematics Textbook Prepared According To The Turkey Century Education Mode	122-131
Selin TÜRKCAN Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN	An Investigation Of Middle School Mathematics Teachers' Views On The Use Of Geogebra	132-133
Assoc. Prof. Dr. Zehra ÖZDEMİR	Multiplicative Geometric Analysis Of Quaternion-Based Space-Time Curves In Minkowski Multiplicative Space	134-141
Assoc. Prof. Dr. Zehra ÖZDEMİR	Quaternionic Surfaces In Minkowski Multiplicative Space	142-151
İlkay TÜRK ÇAKIR	Vector-Like Quark Research	152-158
Assoc. Prof. Dr. Muzaffer DENİZ	The Role Of National Holidays In The Construction Of National Identity During The Single-Party Period	159-166
Assist. Prof. Dr. Nurettin ÇAKICI	The Reflection Of Germany's Policies Toward The Regions And Nations Captured From The Soviet Union During The Second World War In Turkish Diplomatic Archival Documents	167-187
Bahattin DEMİRTAŞ	President Cevdet Sunay's Visit To West Germany	188-197
Bahattin DEMİRTAŞ	President Kenan Evren's Visit To West Germany	198-208
Abbash Leyla Ferman	Riyaziyyatda Laplas Çevrilməsinin Əsas Rolu	209-214
Ümran AÇIKGÖZ	The Corrosion Of Social Bonds: From Historic Antep Houses To Apartments	215-216
Abdurrahman KESKİN Zeynep GÜNGÖR	Unemployment Anxiety Among University Students: The Example Of Bayburt University	217-238
Zülal YILMAZ Assoc. Prof. Dr. Fatih ARSLAN	Üniversite Öğrencilerinin Sekülerleşmeye İlişkin Tutumları	239-249
Prof. Dr. Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU	An Evaluation Of The Codification Movements In The Tanzimat Period In The First Half Of The Nineteenth Century	250-262
Prof. Dr. Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU	An Evaluation Of The Penal Code Of 1840 In The Context Of The Modernization Of Ottoman Law	263-291
Farzaliyeva Turkan Jalil qizi	Psychological Meaning In Internal Speech	292-297
Assist. Prof. Dr. Cihangir KAÇMAZ Mehmet Akif KAY	The Mediating Role Of Meaning In Life In The Relationship Between Emotional Regulation And Mental Well-Being In Adolescents	298-299

AUTHORS	TITLE	NO
Assist. Prof. Dr. Hakan TURAN	Kamu Yararı Gerekçesiyle Kamulaştırma: Hukuksal Meşruiyet Ve Toplumsal Etki Çerçevesinde Bir Değerlendirme	300-305
Assist. Prof. Dr. Hakan TURAN	Denetimli Serbestlik Görevlilerine İlişkin Araştırmaların İncelenmesi	306-313
Gaini MUKHANOVA Aruzhan ABDYBAEYVA	The Role Of Artificial Intelligence In Enhancing Cybersecurity: A Proactive Defense Approach	314-334
Msc Candidate Ali KÖSELER Prof. Dr. Fatih KONAK	Determinants Of The Aversion To Loss Trend On Investor Reactions	335-347
Msc Candidate Ali KÖSELER Prof. Dr. Fatih KONAK	The Impact Of Climate Risks On Financial Performance: A Conceptual Framework For Turkey	348-361
Assist Prof. Dr. Galip USTA Lect. Dr. Kemal TORPUŞ	Kamu Yönetimi Ve Politika Geliştirme Süreçlerinde Zorunlu Göç Olgusu	362-368
Kafaa ALSHEİKH Adile NEŞE	Evaluation Of The Effect Of Family Planning Education Provided To Adolescent Fertile Women Among Syrian Refugees On Their Family Planngg Attitudes	369-370
Fatma Buse İYİDİKER DOĞAN Dr. Atik ASLAN	Türkiye’de Cumhuriyet Dönemi’nde Yaşanan Kitlesele Göçlerin Ve Uygulanan Politikaların Değerlendirilmesi	371-376
Burak Alp DOĞAN Dr. Onur TÜRKÖLMEZ	1980’lerde Yaşanan Balkan Göçü İle 2010’larda Yaşanan Suriye Göçüne İlişkin Politikaların Kamu Politikası Ve Siyasal Söylemler Açısından Değerlendirilmesi	377
Songül ÖĞÜT Lect. Dr. Yasemin GEZER TUĞRUL	Syrian Transnational Families: The Case Of Türkiye	378-379
Lect. Dr. Yasemin GEZER TUĞRUL Mina Nur USLU	Alternative Models And Family Roles In Elderly Care: Social And Gender-Based Changes	380-381
Ahmet Sertol KÖKSAL Mehmet BAKIR Enes Eren SÜZGEN	The Impact Of Smote-Based Resampling On KNN For Automated Sleep Staging: A Comparison With MLP	382
Sezgin ÇEKEREKLİ Gül Fatma TÜRKER AKKAŞ	Integrating Prompt Engineering Into Software Development Education In Vocational High Schools: A Step Toward AI-Supported Learning	383-389
Murat RESULOĞULLARI Prof. Dr. Doğan AYDIN	Determination Of Matching Rates Of University Publications With Yök Research Subject Headings Using Machine Learning Techniques	390-391

AUTHORS	TITLE	NO
Ass. Prof. E. J. HUSEYNOVA F. H. GULIYEVA	The Effect Of Cognitive Disorder On The Volume Of Short-Term Visual And Auditory Memory In Schoolchildren	392
Hilal ÖNLER Prof. Dr. Doğan AYDIN	Optimal Production Schedule Design In Cable Manufacturing Using Composite Genetic Algorithm	393-394
Tuğçe DURMAZ Birim BALCI	A Prototype Study For An Artificial Intelligence–Based Video Summarization And Learning Support System	395-396
Prof. Dr. Anvar ABBASOV	Creative Training And Its Pedagogical Foundations	397-410
Fahriye GEMCİ	Insulin Dosage Detection Using Random Forest Algorithm With Ovo Strategy	411-416
Lect. Dr. Yasin SANCAR	A Comparative Analysis Of Classical Image Processing Methods And Deep Learning–Based Approaches On Small-Scale Face Datasets	417-424
Cansu BEYHAN Prof. Dr. Aylin GÜRBÜZ	Analysing The Relationship Between Art Therapy And Art Education: Mask Therapy Application Example	425-443
Semanur ÇAKMIŞ Prof. Dr. Aylin GÜRBÜZ	Creativity In Individuals With Special Needs: An Activity Example On Recycling With Buttons In The Field Of Visual Arts	444-451
Assist. Prof. Dr. Müslüm ÖZTÜRK	Multi-Criteria Decision Making For The Evaluation Of Artificial Intelligence Models Using Fuzzy Cobra Method	452-472
Ayten MEMMEDOVA	The Role Of The Steam Approach In Informatics Education	473-478
Feyzullah ELAGÖZ Prof. Dr. Bülent ALAGÖZ	In The Name Of Algorithms, The Power Is Mine: The Test Of Education And Democracy With Artificial Intelligence	479-483
Memet ŞAHAN Pelin METE	Laboratory Conditions In Science Education In Primary Schools: The Southeast Anatolia Region Example	484-492
Gülçin CANBULUT	Objective Criteria Weighting And Compromise Ranking In End-Of-Life Tire Recycling: A Critic–Marcos Approach	493-494
Perihan ÇULUN	The Use Of Phase Change Materials In Cooling Thermoelectric Modules	495-496
Hasan ULUTAŞ Assoc. Prof. Dr. M. Emin SAHİN	Comparative Analysis Of Modern Deep Learning Architectures For Disease Classification In Retinal Oct Images	497-509
Prof. Dr. Serdar Ethem HAMAMCI	Design Of Pid Controller Based On Transient Response Control For Non-Minimum Phase Systems	510-522
Assist. Prof. Dr. Sakine KIRATLI Hüseyin GÖKÇE	Optimization Of Processing Parameters For Nanoclay-Reinforced E-Glass /Epoxy Composites In Terms Of Chip Formation	523-531
Dr. Kübra Nur AKPINAR	Economic Impact Of State-Of-Charge Estimation In Pv–Bess Hybrid Systems	532-541
Dr. Kübra Nur AKPINAR	Economic Performance Analysis Of Photovoltaic–Battery Energy Storage Systems	542-552
Mehmet Ali ÖZTÜRK Ahmet YAPICI	Multi-Stage Axial Compressor Performance Mapping: Parametric Scan Of Back Pressure, Speed, And Input Temperature	553-574

AUTHORS	TITLE	NO
Fahriye SARI, Mahmut KUŞ Faruk ÖZEL	Cnts-Based Inorganic Hole Transport Material Enabling High Efficiency And Enhanced Stability In Perovskite Solar Cells	575-586
Orçun ORUÇ Prof. Dr. Ahmet ALKAN Kubilay Muhammed SÜNNETÇİ	Classification Of Laryngeal Lesions Using Artificial Intelligence-Based Deep Learning Methods	587-595
Mahmut Nedim EKERSULAR Assist. Prof. Dr. Emine ARARAT Prof. Dr. Ahmet ALKAN Assist. Prof. Dr. Emre CULHA Lect. Oğuz Burhan ÇETİNKAYA	Detection And Grading Of Periapical Lesions In Dental Tomography Images: Performance Analysis Of Densenet201 In The Sagittal Plane	596-604
Assoc. Prof. Dr. Asuman SAVAŞCIHABEŞ	Machine Learning–Enabled Resource And Network Optimization For 5g Networks	605-606
Rayyan Ahmad Mahmoud ALHASHASH Abdullah DAĞDEVİREN Şafak ATAŞ	Comparison Of Refrigeration Systems Using R290 As An Alternative To R404a Based On Cop, Tewı And Lccp	607-618
Prof. Dr. Ahmet KARAARSLAN Mehmet Emrah ŞEKER	The Effect Of Battery Storage Systems On Power System Frequency In Primary Frequency Control	619-620
Sercan KÖSE Alperen SARI Mustafa NAMDAR Arif BAŞGÜMÜŞ	A Secure Landing System For Autonomous Uavs Based On Deep Learning And Slope Analysis With Thermal Sensor Support	621-630
Emir KARA Uğur KARABIÇAK Mustafa NAMDAR Arif BAŞGÜMÜŞ	Smart Walking Stick For An Inclusive Life	631-642
Merve AKÇAKAYA Assoc. Dr. Eser YARAR Assoc.Prof. Dr. Fevzi Cakmak BOLAT Assoc. Prof. Dr. Emel KURAM Assoc. Prof. Dr.Alp Eren ŞAHİN	Production And Characterization Of Walnut Shell Reinforced Pvc Matrix Composites	643-644
Fatih PEHLİVAN Kerim Gökhan AKTAŞ	A Study Of Structural Parameters On The Vibration Characteristics Of Sandwich Plates With Tetrachiral Core And Functionally Graded Face Sheets	645-654
Hamdi YILDIZ Prof. Dr. Cenk YAVUZ	Material Selections In Multifunctional Headlight Design For Commercial Vehicles	655-667
Prof. Dr. Cenk YAVUZ	The Framework Of Off-Grid Energy Systems Legislation In Türkiye And A Comparative Assessment With The Eu	668-685
Alev KAYA İbrahim TÜRKOĞLU	Keystream Generation In RNA Space And Statistical Validation	686-695
Alev KAYA İbrahim TÜRKOĞLU	RNA-Based Image Encryption And Lossless Decryption Implementation	696-705
Tamer ÖZKAVUKCU Salih SÖZER	An Assessment Of Wind Energy Potential And Current Status Within The Scope Of Türkiye’s Renewable Energy Vision	706-707

AUTHORS	TITLE	NO
Assoc. Prof. Dr. Bora ÇEKYAY Özge KÖSEM	A Multi-Criteria Decision-Making Approach For The Selection Of New Product Development Projects In Generic Pharmaceutical Companies	708-709
Hasan Can KARAKAŞ	Expertimental Investigation Of The Effects Of Oil Change On Seal-Piston Rod Friction Force And NVH Performance In Twin-Tube Telescopic Shock Absorbers For C-SUV Vehicles	710-716
Muhammet AYDIN	Pid Velocity Control Of The Arm Slider Mechanism	717-726
Muhammet AYDIN	Pid Position Control Of The Arm-Slider Mechanism	727-734
Esra DAMAR	Ruled Surfaces With Smarandache Adjoint Base Curves Generated By Linear Combinations Of Bishop Frame Vectors	735-753
Esra DAMAR	Ruled Surfaces With A Smarandache Curve Derived From The Bishop Frame	754-768
Ali Doğan GÜMÜŞSOY Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU	Parking Site Selection Using Gis-Based Location–Allocation Modeling: A Case Study Of Gtu Campus	769-777
Ali Doğan GÜMÜŞSOY Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU	Gis-Based Analysis Of Spatial Density And Pedestrian Accessibility: A Smart City Approach Through The Gtu Campus Case Study	778-786
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK	The Excavability Characteristics Of Basalts Along The Route Of The Yoncalı Dam (Malatya) Water Transmission Tunnel	787-794
Prof. Dr. Zülfü GÜROCAK	The Use Of Empirical Methods In Determining The Shear Strength Of Discontinuities	795-813
Ahmet ARAPOĞLU Assoc. Prof. Dr. Fatih ÖZYURT	Enhancing RT-DETR For Small Object Detection In Aerial Imagery Via Adaptive Feature Fusion	814-828
Abdurrahman El NECCAR Sohayb ABDULKERİM	Utilizing Unmanned Aerial Vehicles (Drones) For Enhanced Security Surveillance In Sensitive Areas	829-843
İbrahim Cem BALCI Rana GÜRSOY İrem SAYIN Serkan SALTÜRK Hüseyin ÜVET	Performance Analysis Of Recurrent Neural Network Architectures In Classifying Tennis Strokes	844-851
Osman GÜNER Tuana ORHUN Harun SEPETÇİOĞLU İdris KARAGÖZ	Effect Of Chestnut Shell And Hybrid Inorganic Fillers On The Mechanical Behavior Of Polypropylene Biocomposites	852-853
Yılmaz ALBUNAR Assoc. Prof. Dr. Alp Eren ŞAHİN	Production Optimizaton Of Pa Filament In 3d Printers	854-855
Şahika GÜVENÇLİ Nuşin UNCU Neşe YALÇIN	The Effects Of Lean Production Techniques On Reducing Carbon Footprint	856-861

AUTHORS	TITLE	NO
Uğurhan ÇOLAK Ali ERDEM Arif Kaan BOLEL Efe GENÇ	A Climate Application Aimed At Reducing The Carbon Footprint For The Purpose Of Protecting Nature	862-863
Yasemin OKAN Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK	Explainable Machine Learning Models: A Case Study On Airline Ticket Price Prediction	864-865
Recep ÖZDAL Nazım KUNDURACI	Nanopartikül İlavesi İle Kompozit Zırh Yeleklerin Geliştirilmesi	866-872
Aslan AKDULUM	Effect Of Pre-Turning Workpiece Surface Roughness On Post-Turning Surface Roughness And Power Consumption	873-881
Merih GÜLEN Abdullah Emre DEMİR Doğukan GÜNEŞ Öncel DİLBAZ Prof. Dr. İ. Etem SAKLAKOĞLU	Numerical Investigation Of Airflow Rate Performance In Pyramid Type Cooker Hoods	882
Resc. Assist. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAŞ Prof. Dr. Güray KILINÇÇEKER	Biological Importance Of Phosphorus, Environmental Risks And Removal Technologies	883-889
Resc. Assist. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAŞ Prof. Dr. Behzat BALCI	Water Footprint Management And Mitigating Strategies In Industrial Facilities	890-894
Assist. Prof. Dr. Burcu KÜÇÜKOĞLU DOĞAN Abdurrahim DAL Tuncay KARAÇAY	Determine Load Capacity Of Polymer Ball Bearing With Different Ball Count	895-904
Prof. Dr. Ali OKATAN Burak BAYRAKTAR	Blood Test Ai: An Artificial Intelligence Based System For Disease Prediction Using Blood Test Analysis	905
Aykut ÇANAĞCI Muzaffer BAKI Müslim Çelebi Sedat Alper TUNÇ	Production, Microstructural And Thermal Characterization Of Carbon Nanotube Reinforced Pla Filaments For Additive Manufacturing	906-907
Aykut ÇANAĞCI Muzaffer BAKI Müslim Çelebi Sedat Alper TUNÇ	Fabrication And Characterization Of Cnt-Reinforced Pla Composites Via Fff/Fdm	908-909
Dr. Ayhan DOĞAN Dr. Murat KORKMAZ Prof. Dr. Volkan KIRMACI	Exergy Prediction For A Dual Ranque–Hilsch Vortex Tube Using Machine Learning With Brass Nozzles	910-926
Dr. Murat KORKMAZ Dr. Ayhan DOĞAN Prof. Dr. Volkan KIRMACI	Comparative Analysis Of Machine Learning Regression Models For Predicting Exergy Efficiency In A Dual Vortex Tube With Aluminum Nozzles	927-943

ÖĞRETMEN ADAYLARININ SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA FARKINDALIKLARININ CİNSİYET VE BÖLÜM DEĞİŞKENLERİNE GÖRE İNCELENMESİ

Simge KOÇ

Dokuz Eylül University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education,
35380 Buca, İzmir

ORCID:0000-0001-6771-3978

ÖZGÜR AY

Dokuz Eylül University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education,
35380 Buca, İzmir

ORCID: 0009-0001-2929-2671

Şeyda KARŞIYAKA

Dokuz Eylül University, Faculty of Education, Department of Mathematics and Science Education,
35380 Buca, İzmir

ORCID: 0009-0006-7315-2955

ÖZET

Öğretmen adaylarının sürdürülebilir kalkınmaya yönelik farkındalıklarının belirlenmesi, sürdürülebilir bir toplumun oluşturulması açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı, öğretmen adaylarının sürdürülebilir kalkınma farkındalıklarının ekonomi, toplum ve çevre boyutlarında cinsiyet ve öğrenim gördükleri bölüm değişkenlerine göre farklılaşp farklılaşmadığını incelemektir. Araştırmada betimsel-ilişkisel tarama modeli benimsenmiş, ölçüt örnekleme yöntemiyle seçilen öğretmen adaylarından nicel veriler toplanmıştır. Veri toplama aracı olarak Sürdürülebilir Kalkınma Farkındalık Ölçeği (SKFÖ) kullanılmış, veriler SPSS 24 programı aracılığıyla analiz edilmiştir. Araştırma bulguları, cinsiyet değişkeni açısından sürdürülebilir kalkınma farkındalığının yalnızca sosyal boyutta anlamlı bir farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur. Ekonomik ve çevresel boyutlarda ise kadın öğretmen adaylarının puanları daha yüksek olmakla birlikte, bu farklılıkların istatistiksel olarak anlamlı olmadığı saptanmıştır. Bölüm değişkenine ilişkin bulgular, öğretmen adaylarının SKFÖ puanlarının bazı boyutlarda öğrenim gördükleri bölüme göre anlamlı farklılıklar gösterdiğini ortaya koymuştur. Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünde öğrenim gören adayların ekonomik boyutta Okul Öncesi, Matematik ve Kimya Öğretmenliği bölümlerindeki adaylara göre anlamlı düzeyde daha yüksek puanlar aldığı belirlenmiştir. Sosyal boyutta Fen Bilgisi ve Okul Öncesi Öğretmenliği bölümleri arasında Fen Bilgisi lehine anlamlı bir farklılık saptanmıştır. Çevresel boyutta ise Fen Bilgisi ile Sınıf Öğretmenliği bölümleri arasında Fen Bilgisi lehine, ayrıca Fizik ile Sınıf Öğretmenliği bölümleri arasında Fizik lehine anlamlı farklılıklar belirlenmiştir. Genel olarak Fen Bilgisi Öğretmenliği bölümünde öğrenim gören öğretmen adaylarının, birçok bölüme kıyasla daha yüksek sürdürülebilir kalkınma farkındalığına sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler:Sürdürülebilir kalkınma, sürdürülebilir kalkınma farkındalığı, öğretmen adayları, cinsiyet, bölüm



AN INVESTIGATION OF PRE-SERVICE TEACHERS' SUSTAINABLE DEVELOPMENT AWARENESS ACCORDING TO GENDER AND ACADEMIC DEPARTMENT

ABSTRACT

Identifying pre-service teachers' awareness of sustainable development is of great importance for fostering a sustainable society. The aim of this study is to examine whether pre-service teachers' awareness of sustainable development differs across the economic, social, and environmental dimensions according to gender and academic department. A descriptive-correlational survey design was employed, and quantitative data were collected from pre-service teachers selected through criterion-based sampling. The Sustainable Development Awareness Scale (SDAS) was used as the data collection instrument, and the data were analyzed using SPSS 24. The findings revealed that, in terms of gender, sustainable development awareness differed significantly only in the social dimension. Although female pre-service teachers obtained higher scores than their male counterparts in the economic and environmental dimensions, these differences were not statistically significant. With regard to academic department, the results indicated that pre-service teachers' SDAS scores differed significantly across certain dimensions. Pre-service teachers enrolled in the Science Education department scored significantly higher in the economic dimension compared to those in the Preschool, Mathematics, and Chemistry Education departments. In the social dimension, a significant difference was found between Science Education and Preschool Education departments in favor of Science Education. In the environmental dimension, significant differences were observed between Science Education and Primary Education departments in favor of Science Education, as well as between Physics Education and Primary Education departments in favor of Physics Education. Overall, the findings indicate that pre-service teachers in the Science Education department demonstrated higher levels of sustainable development awareness compared to those in many other departments. These results highlight the importance of structuring teacher education programs by taking departmental differences into account in order to enhance sustainable development awareness more effectively.

Keywords: Sustainable development, sustainable development awareness, pre-service teachers, gender, academic department

FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR KALKINMA HEDEFLERİNE YÖNELİK GELİŞTİRİLEN MODÜLLERİN ÖĞRENCİ FARKINDALIĞINA ETKİSİ

Gülşah ÇETİN

Dokuz Eylül University, Institute of Educational Sciences, Department of Mathematics and Science Education, 35380, Buca, İzmir

ORCID: 0009-0003-5740-7450

SİMGE KOÇ

Dokuz Eylül University, Institute of Educational Sciences, Department of Mathematics and Science Education, 35380, Buca, İzmir

ORCID: 0000-0001-6771-3978

ÖZET

Günümüzde çevresel, ekonomik ve sosyal sorunların derinleşmesi, Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerini (SKH) eğitim sistemlerinin merkezine yerleştirmiş ve bu doğrultuda öğrencilerde erken yaşlardan itibaren farkındalık geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Bu bağlamda, araştırmanın amacı Fen Bilgisi eğitiminde sürdürülebilir kalkınmaya yönelik geliştirilen modül uygulamalarının ortaokul öğrencilerinin farkındalık düzeyine etkisini incelemektir.

Araştırma nicel araştırma yaklaşımı çerçevesinde, ön test–son test kontrol gruplu yarı deneysel desen kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışma grubunu 5., 6., 7. ve 8. sınıf düzeyinde öğrenim gören ortaokul öğrencileri oluşturmaktadır. Araştırma kapsamında Sürdürülebilir Kalkınmanın 17 hedefini kapsayan öğretim modülleri geliştirilmiş ve Fen Bilimleri derslerinde uygulanmıştır. Veri toplama aracı olarak araştırmacı tarafından geliştirilen ve geçerlik–güvenirlilik analizleri yapılan “Ortaokul Öğrencileri İçin Sürdürülebilir Kalkınma Farkındalık Ölçeği” kullanılmıştır. Ölçeğin güvenirlik katsayısı .988 korelasyon ile yüksek düzeyde bulunmuştur.

Elde edilen bulgular, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik modül uygulamalarının öğrencilerin farkındalık düzeylerini anlamlı biçimde artırdığını göstermektedir. Deney grubundaki öğrencilerin ön test ve son test puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilirken, farkındalık düzeylerinin cinsiyet ve sınıf düzeyi değişkenlerine göre de farklılaştığı belirlenmiştir. Özellikle çevre, enerji, geri dönüşüm ve sorumlu tüketim gibi konuların modül temelli işlenmesi öğrencilerin konuyu bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmelerine katkı sağlamıştır.

Sonuç olarak, Fen Bilimleri derslerinde sürdürülebilir kalkınma odaklı modül uygulamalarının öğrencilerin bilişsel farkındalıklarını ve çevresel–toplumsal sorumluluk algılarını güçlendirdiği görülmektedir. Araştırma, sürdürülebilir kalkınmanın fen öğretim programlarına etkili biçimde entegrasyonu konusunda öğretmenlere yol gösterici nitelikte olup, sürdürülebilir bir yaşam kültürünün okul temelli olarak kazandırılmasının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Fen Bilimleri Eğitimi, Modül Uygulamaları, Sürdürülebilir Kalkınma Farkındalık.



THE EFFECT OF MODULES DEVELOPED FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT GOALS IN SCIENCE EDUCATION ON STUDENTS' AWARENESS

ABSTRACT

In recent years, the intensification of environmental, economic, and social problems has placed the Sustainable Development Goals (SDGs) at the center of education systems and highlighted the necessity of fostering awareness among students from an early age. In this context, the present study aims to examine the effect of module-based instructional practices developed for sustainable development in science education on middle school students' awareness levels.

The study was conducted within a quantitative research framework using a quasi-experimental design with a pre-test–post-test control group. The study group consisted of middle school students enrolled in the 5th, 6th, 7th, and 8th grades. Within the scope of the research, instructional modules covering all 17 Sustainable Development Goals were developed and implemented in science courses. Data were collected using the “Sustainable Development Awareness Scale for Middle School Students,” developed by the researcher and validated through reliability and validity analyses. The reliability coefficient of the scale was found to be high, with a correlation value of .988.

The findings indicate that the module-based practices related to sustainable development significantly increased students' awareness levels. While statistically significant differences were observed between the pre-test and post-test scores of students in the experimental group, differences in awareness levels were also identified according to gender and grade level variables. In particular, addressing topics such as environment, energy, recycling, and responsible consumption through module-based instruction contributed to students' ability to evaluate these issues from a holistic perspective.

In conclusion, the results demonstrate that sustainable development–oriented module practices in science education enhance students' cognitive awareness as well as their environmental and social responsibility perceptions. The study provides guidance for teachers regarding the effective integration of sustainable development into science curricula and emphasizes the importance of promoting a culture of sustainable living through school-based practices.

Keywords: Sustainable Development Goals, Science Education, Module-Based Instruction, Sustainable Development Awareness.

**EĞİTİM ve STEAM: TÜRKİYE’deki STEAM UYGULAMALARI İÇEREN
LİSANSÜSTÜ TEZLERİN KAPSAMLI BİR ANALİZİ****Deniz KILIÇ**Kastamonu University, Faculty of Education, Department of Elementary Education, 37150
Kuzeykent, Kastamonu**Gizem Nur ÖZÜPEK**Kastamonu University, Faculty of Education, Department of Elementary Education, 37150
Kuzeykent, Kastamonu**Gökhan UYANIK**Kastamonu University, Faculty of Education, Department of Elementary Education, 37150
Kuzeykent, Kastamonu**ORCID: 0000-0002-5653-6475****ÖZET**

STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics), fen, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik disiplinlerini bütüncül bir yaklaşımla bir araya getiren disiplinlerarası bir eğitim modelidir. Bu yaklaşım, öğrencilerin yalnızca akademik bilgi edinmelerini değil; aynı zamanda yaratıcılık, problem çözme, eleştirel düşünme, iş birliği ve yenilikçi düşünme gibi 21. yüzyıl becerilerini geliştirmelerini hedefler. STEAM eğitimi, gerçek yaşam problemlerine dayalı öğrenme ortamları sunarak öğrencilerin bilgiyi disiplinler arası bağlamlarda kullanmalarını ve anlamlı ürünler ortaya koymalarını teşvik eder. Bu araştırmanın amacı, Türkiye’deki STEAM eğitimi kapsamında yürütülmüş lisansüstü tez çalışmalarını sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla incelemektir. Araştırma, STEAM eğitimi alanında ulusal düzeyde üretilen akademik bilginin mevcut durumunu ortaya koymayı; bu alandaki araştırma eğilimlerini, yoğunlaşma alanlarını ve sınırlı kalan boyutları belirlemeyi hedeflemektedir. Bu doğrultuda, Türkiye’de farklı üniversitelerde tamamlanmış yüksek lisans ve doktora tezleri kapsamlı bir incelemeye tabi tutulacaktır. İncelenen tezler; araştırma amaçları, yöntemsel yaklaşımları, örneklem özellikleri, veri toplama araçları, veri analiz teknikleri, ele alınan temalar ve ulaşılan sonuçlar açısından ayrıntılı olarak analiz edilecektir.

Araştırma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde desenlenmiş olup, veri analizinde içerik analizi yöntemi kullanılacaktır. Tezlerden elde edilen veriler, önceden belirlenen temalar ile analiz sürecinde ortaya çıkan yeni temalar doğrultusunda kodlanarak sistematik bir biçimde çözümlenecektir. Bu süreçte, STEAM eğitiminin hangi disiplinler arası bütünleşme düzeylerinde ele alındığı, hangi eğitim kademelerine odaklanıldığı, hangi öğretim modellerinin ve kuramsal çerçevelerin tercih edildiği gibi değişkenler ayrıntılı biçimde değerlendirilecektir. Ayrıca tezlerde ele alınan beceri alanları (yaratıcılık, problem çözme, eleştirel düşünme, 21. yüzyıl becerileri vb.) ve ölçme-değerlendirme yaklaşımları da analiz kapsamına alınacaktır.

Araştırma sonucunda elde edilecek bulgular doğrultusunda, Türkiye’de STEAM eğitimi alanında gerçekleştirilen lisansüstü çalışmaların güçlü ve sınırlı yönleri bütüncül bir bakış açısıyla tartışılacaktır. Bununla birlikte, belirlenen araştırma boşlukları ve gelişim alanları

temel alınarak, gelecekte yapılacak akademik çalışmalar, öğretmen eğitimi uygulamaları ve eğitim politikalarının geliştirilmesine yönelik yapıcı ve kapsamlı öneriler sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Lisansüstü eğitim, sistematik analiz, STEAM

**EDUCATION and STEAM: A COMPREHENSIVE ANALYSIS OF
POSTGRADUATE THESES INCORPORATING STEAM IMPLEMENTATIONS IN
TURKEY**

ABSTRACT

STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) is an interdisciplinary education model that brings together the disciplines of science, technology, engineering, arts, and mathematics in a holistic approach. This approach aims not only for students to acquire academic knowledge but also to develop 21st-century skills such as creativity, problem-solving, critical thinking, collaboration, and innovative thinking. STEAM education encourages students to use knowledge in interdisciplinary contexts and produce meaningful products by providing learning environments based on real-life problems. The purpose of this research is to examine postgraduate thesis studies conducted within the scope of STEAM education in Turkey using a systematic and holistic approach. The research aims to reveal the current state of academic knowledge produced at the national level in the field of STEAM education and to identify research trends, areas of concentration, and remaining limitations in this field. In this regard, master's and doctoral theses completed at different universities in Turkey will be subjected to a comprehensive review. The examined theses will be analyzed in detail in terms of research objectives, methodological approaches, sample characteristics, data collection tools, data analysis techniques, themes addressed, and results achieved.

The research is designed within the framework of a qualitative research approach, and content analysis will be used in data analysis. The data obtained from the theses will be coded and systematically analyzed in line with pre-determined themes and new themes emerging during the analysis process. In this process, variables such as the levels of interdisciplinary integration in STEAM education, the educational levels focused on, and the teaching models and theoretical frameworks preferred will be evaluated in detail. In addition, the skill areas addressed in the theses (creativity, problem solving, critical thinking, 21st century skills, etc.) and measurement-evaluation approaches will also be included in the scope of the analysis.

Based on the findings obtained as a result of the research, the strengths and limitations of postgraduate studies in the field of STEAM education in Turkey will be discussed from a holistic perspective. Furthermore, constructive and comprehensive recommendations will be presented for future academic studies, teacher training practices, and the development of education policies, based on the identified research gaps and areas for improvement.

Keywords: Postgraduate education, systematic analysis, STEAM

ORTAOKUL 7.SINIF ÖĞRENCİLERİNE ÜÇ BOYUTLU CİSİMLERİN GÖRÜNÜMÜ KONUSUNUN GEOGEBRA DESTEKLİ ANLATIMINA YÖNELİK ÖĞRENCİ GÖRÜŞLERİ

Pınar KARATAŞ GÜL

Bursa Uludağ ÜNİVERSİTESİ, Eğitim Bilimleri, Matematik Eğitimi, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0009-0008-3358-5937

Prof.Dr. Gül KALELİ YILMAZ

Bursa Uludağ ÜNİVERSİTESİ, Eğitim Bilimleri, Matematik Eğitimi, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0002-8567-3639

Prof.Dr. Menekşe Seden TAPAN BROUTİN

Bursa Uludağ ÜNİVERSİTESİ, Eğitim Bilimleri, Matematik Eğitimi, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0002-1860-852X

ÖZET

Bu araştırmanın amacı, ortaokul 7. sınıf matematik dersinde yer alan “Üç Boyutlu Cisimlerin Görünümleri” konusunun GeoGebra yazılımı destekli öğretimine ilişkin öğrenci görüşlerini incelemektir. Matematik eğitiminde teknolojinin etkin kullanımı, özellikle üç boyutlu düşünmeyi gerektiren konularda öğrencilerin kavramsal anlamalarını güçlendirmekte ve öğrenme sürecini daha etkileşimli hâle getirmektedir. Bu bağlamda çalışma, GeoGebra’nın öğrencilerin öğrenme deneyimlerine katkılarını nitel veriler ışığında değerlendirmeyi hedeflemektedir.

Araştırmanın katılımcılarını, 2024–2025 eğitim-öğretim yılında Bursa ili Nilüfer ilçesindeki bir devlet ortaokulunda öğrenim gören ve daha önce GeoGebra ile çalışmamış 10 yedinci sınıf öğrencisi oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmış, görüşmeler birebir gerçekleştirilmiş ve ses kayıtları yazılı döküm hâline getirilmiştir. Veriler içerik analizi yöntemiyle çözümlenmiş olup; kodlama süreci araştırmacı ve alan uzmanı tarafından bağımsız şekilde yürütülerek analiz güvenilirliği sağlanmıştır.

Araştırma bulguları, öğrencilerin GeoGebra destekli dersleri hem ilgi çekici hem de anlaşılır bulduklarını ortaya koymuştur. Öğrenciler, üç boyutlu cisimleri farklı açılardan inceleyebilmenin konuyu anlamalarını kolaylaştırdığını, görselliğin öğrenmelerini desteklediğini ve derse katılımlarının arttığını ifade etmiştir. Ayrıca dinamik yapı sayesinde öğrenmenin daha kalıcı hâle geldiği de belirtilmiştir.

Sonuç olarak, GeoGebra’nın üç boyutlu düşünme becerisini geliştirmede etkili bir öğretim aracı olduğu görülmüştür. Araştırma kapsamında, benzer teknolojik uygulamaların farklı konu ve sınıf düzeylerinde yaygınlaştırılması ve öğretmenlere yönelik teknoloji entegrasyonu eğitimlerinin artırılması önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: GeoGebra, Üç Boyutlu Cisimler, Matematik Eğitimi

MIDDLE SCHOOL 7TH GRADE STUDENTS' VIEWS ON GEOGEBRA-SUPPORTED INSTRUCTION OF THE TOPIC 'VIEWS OF THREE-DIMENSIONAL OBJECTS

ABSTRACT

The aim of this study is to examine seventh-grade students' views on the GeoGebra-supported instruction of the topic "Views of Three-Dimensional Objects" in the middle school mathematics curriculum. The effective use of technology in mathematics education has become increasingly important, particularly for topics that require spatial reasoning and visualization. In this context, the study seeks to evaluate how GeoGebra, as a dynamic geometry software, contributes to students' learning experiences and conceptual understanding.

The participants of the study consist of ten seventh-grade students attending a public middle school in the Nilüfer district of Bursa during the 2024–2025 academic year. None of the students had previously used GeoGebra. A semi-structured interview form was employed as the data collection tool, and interviews were conducted individually. All audio-recorded data were transcribed and analyzed using content analysis. Coding reliability was ensured through independent coding performed by both the researcher and a field expert.

The findings indicate that students perceive GeoGebra-supported lessons as engaging, visually explanatory, and helpful in understanding abstract geometric concepts. Students reported that being able to examine three-dimensional objects from different angles made the topic more comprehensible and increased their active participation in the learning process. They also emphasized that the dynamic nature of the software contributed to more permanent learning.

In conclusion, GeoGebra is found to be an effective instructional tool for enhancing students' spatial reasoning skills and overall motivation toward mathematics. Based on the results, it is recommended that dynamic software tools such as GeoGebra be used more widely across various grade levels and mathematical topics. Additionally, providing teachers with professional development opportunities on technology integration may further strengthen technology-supported learning environments.

Keywords: GeoGebra, Three-Dimensional Objects, Mathematics Education

CHEN--RICCI INEQUALITIES FOR (ALMOST) h-SEMI-INVARIANT RIEMANNIAN SUBMERSIONS FROM QUATERNIONIC SPACE FORMS**Murat POLAT**Dicle University, Faculty of Science, Department of Mathematics, 21090 Sur,
Diyarbakır**ORCID:** <https://orcid.org/0000-0003-1846-0817>**ABSTRACT**

In this paper we study Chen–Ricci type inequalities for (almost) h-semi- invariant Riemannian submersions whose total space is a quaternionic space form. By combining the curvature identities of quaternionic space forms with the fundamental equations of Riemannian submersions, we derive sharp upper bounds for the vertical and horizontal Ricci curvatures in terms of the constant quaternionic sectional curvature and the O’Neill tensors. Furthermore, a Chen-type inequality for the scalar curvature of the total space is obtained, which unifies the vertical and horizontal estimates. We completely characterize the equality cases of the derived inequalities and show that they correspond to strong geometric conditions, such as totally geodesic fibers and integrable horizontal distributions. Several illustrative examples, including non-trivial cases, are presented to demonstrate the sharpness of the obtained results and to clarify the geometric significance of the equality conditions.

Keywords: Riemannian submersion; quaternionic space form; h-semi-invariant submersions; Chen–Ricci inequality.

INTRODUCTION

Curvature inequalities relating intrinsic invariants to extrinsic geometric quantities constitute a central topic in differential geometry. Among these, the inequalities introduced by Chen provide sharp relations between Ricci curvature, scalar curvature and the mean curvature of submanifolds, leading to fundamental rigidity and classification results [1, 2]. The philosophy behind Chen-type inequalities has since been successfully extended to several geometric frameworks beyond submanifold theory. Riemannian submersions, introduced by O’Neill [3], offer a natural setting in which the geometry of a total manifold can be compared with that of its base and fibers. The curvature decomposition induced by the vertical and horizontal distributions allows one to express curvature quantities of the total space in terms of the O’Neill tensors, which play a role analogous to the second fundamental form

A comprehensive account of the role of Riemannian submersions and related maps can be found in [4].

The interaction between additional geometric structures and Riemannian submersions has attracted considerable attention. In particular, almost Hermitian submersions were studied by Watson [7], while anti-invariant and semi-invariant Riemannian submersions from almost Hermitian manifolds were introduced and systematically investigated by Şahin [8, 9]. These works demonstrated that compatibility conditions between the geometric structure and the vertical distribution lead to refined curvature properties and rigidity phenomena.

Quaternionic geometry provides a particularly rich and highly symmetric framework. Quaternionic space forms, characterized by constant quaternionic sectional curvature, constitute important model spaces in Riemannian geometry and include the quaternionic projective and quaternionic hyperbolic spaces [5, 6]. Despite the extensive literature on quaternionic manifolds, the study of Riemannian submersions in this setting remains comparatively limited. In this direction, Park introduced the notion of h -semi-invariant Riemannian submersions from almost quaternionic Hermitian manifolds and investigated their basic geometric properties [10].

On the other hand, Chen-type inequalities for Riemannian submersions have been considered only in specific geometric contexts. In particular, Yadav and Shanker derived Chen-type inequalities involving curvature invariants for Riemannian submersions under general assumptions [11]. However, Chen–Ricci type inequalities for (almost) h -semi-invariant Riemannian submersions whose total space is a quaternionic space form have not yet been explored.

Motivated by this observation, the purpose of the present paper is to establish Chen–Ricci type inequalities for (almost) h -semi-invariant Riemannian submersions from quaternionic space forms. We obtain sharp upper bounds for the vertical and horizontal Ricci curvatures in terms of the ambient quaternionic sectional curvature and the O’Neill tensors. Moreover, we completely characterize the equality cases and show that they correspond to strong geometric conditions such as totally geodesic fibers and integrable horizontal distributions. Several examples are provided to illustrate the sharpness of the obtained inequalities.

PRELIMINARIES

Let $F:(M,g) \rightarrow (N,h)$ be a Riemannian submersion between Riemannian manifolds. According to O’Neill [3], the tangent bundle of M admits an orthogonal decomposition

$$TM = V \oplus H,$$

where $V = \text{Ker} F_*$ denotes the vertical distribution and $H = V^\perp$ the horizontal distribution. This decomposition plays a fundamental role in comparing the geometric properties of the total space with those of the base manifold.

Let ∇ be the Levi-Civita connection on (M, g) . Following [3], the geometry of a Riemannian submersion is described by the O'Neill tensors T and A , defined for vector fields E, F on M by

$$T_E F = H \nabla_{VE} VF + V \nabla_{VE} HF,$$

$$A_E F = H \nabla_{HE} VF + V \nabla_{HE} HF.$$

For vertical vector fields U, V , the tensor $T_U V = H \nabla_U V$ measures the second fundamental form of the fibers, while for horizontal vector fields X, Y , the tensor $A_X Y = V \nabla_X Y$ measures the obstruction to the integrability of the horizontal distribution [3, 4]. In particular, the fibers are totally geodesic if and only if $T = 0$, and the horizontal distribution is integrable if and only if $A = 0$ [3]. The mean curvature vector field of the fibers is defined by

$$H = \sum_{a=1}^r T_{U_a} U_a,$$

where $\{U_1, \dots, U_r\}$ is a local orthonormal frame of the vertical distribution. The fibers are said to be minimal if $H = 0$.

Next, we recall some basic facts on quaternionic geometry. A Riemannian manifold (M^{4m}, g) is called an almost quaternionic Hermitian manifold if there exists a rank-three subbundle Q of $\text{End}(TM)$ locally spanned by endomorphisms (I, J, K) satisfying

$$I^2 = J^2 = K^2 = -Id, IJ = -JI = K,$$

such that the Riemannian metric g is compatible with I, J and K [5, 6]. If the associated quaternionic structure is parallel with respect to the Levi-Civita connection, then (M, g, Q) is called a quaternionic Kähler manifold [6].

A quaternionic space form $M(c)$ is a quaternionic Kähler manifold whose quaternionic sectional curvature is constant c [5, 6]. The curvature tensor R of $M(c)$ is characterized by the identity

$$R(X, Y)Z = \frac{c}{4} \left\{ \begin{aligned} &g(Y, Z)X - g(X, Z)Y + g(IY, Z)IX - g(IX, Z)IY + 2g(IX, Y)IZ \\ &+ g(JY, Z)JX - g(JX, Z)JY + 2g(JX, Y)JZ + g(KY, Z)KX \\ &+ g(KX, Z)KY + 2g(KX, Y)KZ \end{aligned} \right\} \quad (2.1)$$

for all vector fields X, Y, Z on M and for any local quaternionic frame (I, J, K) [5]. The

simply connected complete quaternionic space forms are the quaternionic projective space HP^m ($c > 0$), the flat quaternionic Euclidean space ($c = 0$) and the quaternionic hyperbolic space HH^m ($c < 0$) [6].

Finally, we recall the notion of semi-invariant type distributions in the context of Riemannian submersions. Compatibility conditions between geometric structures and the

vertical distribution were first considered for almost Hermitian submersions by Watson [7], and later developed in the framework of anti-invariant and semi-invariant Riemannian submersions by Şahin [8, 9]. In the quaternionic manifold, the concept of h-semi-invariant Riemannian submersions from almost quaternionic Hermitian manifolds was introduced by Park [10]. These notions provide a natural framework for studying curvature inequalities in the presence of quaternionic structures and will be used throughout the sequel.

Let $F: (M^{4m}, g, Q) \rightarrow (N, h)$ be a Riemannian submersion from an almost quaternionic Hermitian manifold. Choose a local quaternionic frame (I, J, K) of Q .

Definition 2.1. The submersion F is called an almost h-semi-invariant Riemannian submersion if, for each $R \in \{I, J, K\}$, there exist orthogonal distributions D_R and $D_R^\perp$ on M such that

$$V = D_R \oplus D_R^\perp, R(D_R) = D_R, R(D_R^\perp) \subset H.$$

If the distributions $D_R, D_R^\perp$ simultaneously for $R = \{I, J, K\}$ (with appropriate compatibility), then F is called an h-semi-invariant Riemannian submersion.

For each $R \in \{I, J, K\}$, decompose RU and RX as

$$RU = \varphi_R U + \omega_R U, U \in \Gamma(V), (2.2)$$

$$RX = B_R X + C_R X, X \in \Gamma(H) (2.3)$$

where $\varphi_R U \in \Gamma(V)$, $\omega_R U \in \Gamma(H)$, $B_R X \in \Gamma(V)$ and $C_R X \in \Gamma(H)$.

Lemma 2.1. For each $R \in \{I, J, K\}$ and the decompositions (2.2) – (2.3), the following hold:

$$\varphi_R(D_R) = D_R \text{ and } \omega_R(D_R) = \{0\}$$

$$\varphi_R(D_R^\perp) = \{0\} \text{ and } \omega_R(D_R^\perp) = R(D_R^\perp) \subset H;$$

$$B_R(H) \text{ takes values in } D_R^\perp.$$

Remark 2.1. The tensors $\varphi_R, \omega_R, B_R, C_R$ allow one to express the compatibility of the O'Neill tensors with the quaternionic structure. They will be crucial when taking traces in the Chen–Ricci type estimates.

CHEN-RICCI TYPE INEQUALITIES

Throughout this section, let $F: (M^{4m}(c), g, Q) \rightarrow (N^n, h)$ be an (almost) h-semi-invariant Riemannian submersion from a quaternionic space form $M(c)$ of constant quaternionic sectional curvature c . Let $V = \text{Ker} F_*$ and $H = V^\perp$ be the vertical and horizontal distributions,

respectively, and let $r = \dim V = 4m - n$ denote the dimension of the fibers. We use the curvature decomposition of Riemannian submersions introduced by O'Neill [3] together with the curvature identity of quaternionic space forms [5, 6].

Let $U \in \Gamma(V)$ be a unit vertical vector field. The vertical Ricci curvature in the direction U is defined by

$$\text{Ric}^V(U) = \sum_{a=2}^r g(R(U_a, U)U, U_a),$$

where $\{U_1, \dots, U_r\}$ is a local orthonormal frame of V with $U_1 = U$ [3].

Theorem 3.1 (Vertical Chen–Ricci inequality). Let $F: (M^{4m}(c), g, Q) \rightarrow (N, h)$ be an (almost) h-semi-invariant Riemannian submersion. Then, for any unit vertical vector field $U \in \Gamma(V)$, the following inequality holds:

$$\text{Ric}^V(U) \leq \frac{c}{4}(r-1) - \|T_U\|^2 + g(H, U)^2, \quad (3.1)$$

where T denotes the O'Neill tensor and H is the mean curvature vector field of the fibers.

Proof. Using the curvature tensor of a quaternionic space form [5, 6] and the orthonormality of $\{U_a\}$, we obtain

$$\sum_{a=2}^r g(R(U_a, U)U, U_a) = \frac{c}{4}(r-1) - \sum_{a=2}^r \|T_U U_a\|^2 + \sum_{a=2}^r g(T_U U_a, U)^2,$$

where we have also used the curvature decomposition formulas for Riemannian submersions [3, 4]. Since the mean curvature vector field of the fibers is given by

$$H = \sum_{a=1}^r T_{U_a} U_a$$

[3], the Cauchy–Schwarz inequality yields

$$\sum_{a=2}^r g(T_U U_a, U)^2 \leq g(H, U)^2,$$

and moreover

$$\sum_{a=2}^r \|T_U U_a\|^2 = \|T_U\|^2.$$

Combining these relations proves (3.1).

If the fibers are minimal, that is, if $H = 0$, then inequality (3.1) reduces to

$$\text{Ric}^V(U) \leq \frac{c}{4}(r-1) - \|T_U\|^2.$$

In particular, if the fibers are totally geodesic ($T = 0$), then $Ric^V(U) \leq \frac{c}{4}(r-1)$ as expected

from the classical theory of Riemannian submersions.

Equality in [3] holds at a point $p \in M$ for a unit vertical vector U if and only if $T_U U_a = 0$ for all $a = 2, \dots, r$ and the mean curvature vector H is collinear with U at p . If equality holds for all unit vertical vectors, then the fibers are necessarily totally geodesic.

Next, let $X \in \Gamma(H)$ be a unit horizontal vector field. The horizontal Ricci curvature in the direction X is defined by

$$Ric^H(X) = \sum_{j=2}^n g(R(X_j, X)X, X_j),$$

where $\{X_1, \dots, X_n\}$ is a local orthonormal frame of H with $X_1 = X$ [3].

Theorem 3.2 (Horizontal Chen–Ricci inequality). Let $F: (M^{4m}(c), g, Q) \rightarrow (N, h)$ be an (almost) h-semi-invariant Riemannian submersion. Then, for any unit horizontal vector field $X \in \Gamma(H)$,

$$Ric^H(X) \leq \frac{c}{4}(n-1) - \|A_X\|^2, \quad (3.2)$$

where A denotes the O’Neill tensor measuring the non-integrability of the horizontal distribution.

Proof. Using the curvature identity of the quaternionic space form [5] together with the horizontal curvature decomposition of Riemannian submersions [3], we obtain

$$g(R(X_j, X)X, X_j) = \frac{c}{4} - \|A_X X_j\|^2, \quad j = 2, \dots, n.$$

Summation over j yields (3.2).

Equality in (3.2) holds at a point $p \in M$ for a unit horizontal vector X if and only if

$$A_X X_j = 0, \quad j = 2, \dots, n,$$

that is, the horizontal distribution is integrable at p in the direction of X . If equality holds for all unit horizontal vectors, then the horizontal distribution is integrable.

Finally, we note that the inequalities (3.1) and (3.2) are sharp in the sense of Chen [1, 2].

Moreover, all the above results apply in particular to the quaternionic projective space HP^m and the quaternionic hyperbolic space HH^m by specializing the curvature constant c [5, 6].

EXAMPLES

In this section we present examples illustrating the sharpness of the Chen–Ricci type inequalities obtained in the previous section.

Quaternionic Hopf fibration

Consider the quaternionic Hopf fibration

$$F:S^{4m+3} \rightarrow HP^m,$$

where S^{4m+3} is endowed with its standard Riemannian metric and HP^m carries the canonical quaternionic Kähler metric of constant positive quaternionic sectional curvature $c > 0$.

The fibers of F are totally geodesic 3-spheres. Hence, the O'Neill tensor T vanishes identically and the mean curvature vector field satisfies $H = 0$. Moreover, the horizontal distribution is invariant under the induced quaternionic structure, so that F defines an h-semi-invariant Riemannian submersion.

Let U be a unit vertical vector field. Since $T = 0$, Theorem 3.1 yields

$$Ric^V(U) = \frac{c}{4}(r-1),$$

which shows that equality holds in the vertical Chen–Ricci inequality.

Similarly, for any unit horizontal vector field X , the horizontal distribution is integrable, i.e. $A = 0$, and Theorem 3.2 gives

$$Ric^H(X) = \frac{c}{4}(n-1).$$

Remark 4.1. The quaternionic Hopf fibration realizes the equality cases in both vertical and horizontal Chen–Ricci inequalities. Hence, the inequalities obtained in Section 4 are sharp.

A product-type example with non-totally geodesic fibers

Let $M(c) = M_1(c) \times M_2$ be the Riemannian product of a quaternionic space form $M_1(c)$ and a Riemannian manifold M_2 . Define the projection

$$F:M(c) \rightarrow M_2, F(p, q) = q.$$

In this case, the vertical distribution coincides with $TM_1(c)$, while the horizontal distribution is identified with TM_2 . The fibers are totally umbilical but not totally geodesic in general, so that $T \neq 0$ and $H \neq 0$. For a unit vertical vector field U , the vertical Chen–Ricci inequality (3.1) becomes

$$Ric^V(U) < \frac{c}{4}(r-1),$$

since the negative term $\|T_U\|^2$ does not vanish. Thus, the inequality is strict in this example.

Remark 4.2. This example shows that the equality in the vertical Chen–Ricci in-equality forces strong geometric conditions on the fibers, such as total geodesicity.

A note on quaternionic hyperbolic space

All the above constructions remain valid when the total space is the quaternionic hyperbolic space HH^m with constant negative quaternionic sectional curvature $c < 0$. In this case, the inequalities in Section 4 provide upper bounds for the Ricci curvatures in terms of a negative ambient curvature constant, yielding further non-trivial geometric restrictions.

Remark 4.3. The results for HP^m ($c > 0$) and HH^m ($c < 0$) follow directly as special cases of the general quaternionic space form $M(c)$ considered throughout this paper.

SCALAR CURVATURE ESTIMATES

In this section we derive a Chen–type inequality for the scalar curvature associated with an (almost) h-semi-invariant Riemannian submersion from a quaternionic space form.

Let $\{U_1, \dots, U_r\}$ and $\{X_1, \dots, X_n\}$ be local orthonormal frames of the vertical and horizontal distributions, respectively. The scalar curvature of M can be decomposed as

$$scal = \sum_{a=1}^r Ric^V(U_a) + \sum_{j=1}^n Ric^H(X_j).$$

Theorem 5.1 (Scalar Chen–type inequality). Let $F: (M^{4m}(c), g, Q) \rightarrow (N, h)$ be an (almost) h-semi-invariant Riemannian submersion. Then the scalar curvature of M satisfies

$$scal \leq \frac{c}{4}(r(r-1) + n(n-1)) - \|T\|^2 - \|A\|^2 + \|H\|^2. \quad (5.1)$$

Proof. Summing the vertical inequality (3.1) over an orthonormal vertical frame and the horizontal inequality (3.2) over an orthonormal horizontal frame, we obtain

$$\sum_{a=1}^r Ric^V(U_a) \leq \frac{c}{4}r(r-1) - \|T\|^2 + \|H\|^2,$$

and

$$\sum_{j=1}^n Ric^H(X_j) \leq \frac{c}{4}n(n-1) - \|A\|^2.$$

Adding these two inequalities yields (5.1).

Corollary 5.1. If the fibers are minimal ($H = 0$), then

$$scal \leq \frac{c}{4}(r(r-1) + n(n-1)) - \|T\|^2 - \|A\|^2.$$

In particular, if the fibers are totally geodesic and the horizontal distribution is integrable, then

$$scal \leq \frac{c}{4}(r(r-1) + n(n-1)).$$

Remark 5.1. The scalar curvature inequality (5.1) is sharp and reduces to an equality precisely when both equality cases in Theorems (3.1) and (3.2) are satisfied.

CONCLUSIONS

In this paper we have established Chen–Ricci type inequalities for (almost) h-semi-invariant Riemannian submersions from quaternionic space forms. Explicit upper bounds for the vertical and horizontal Ricci curvatures were derived in terms of the ambient quaternionic sectional curvature and the O’Neill tensors. We also obtained a scalar curvature inequality which unifies the vertical and horizontal estimates.

The equality cases were completely characterized and shown to correspond to strong geometric conditions, such as totally geodesic fibers and integrable horizontal. Several examples, including the quaternionic Hopf fibration, were presented to demonstrate the sharpness of the obtained inequalities.

The results of this paper naturally extend the Chen inequality philosophy to the setting of quaternionic geometry and Riemannian submersions. Possible directions for future research include the study of similar inequalities for h-semi-invariant Riemannian maps and for submersions from nearly quaternionic and quaternionic contact manifolds.

REFERENCES

- [1] Chen, B. Y. (2019). *Geometry of submanifolds*. Courier Dover Publications.
- [2] Chen, B. Y. (1993). Some pinching and classification theorems for minimal submanifolds. *Archiv der Mathematik*, 60(6), 568-578.
- [3] O’Neill, B. (1966). The fundamental equations of a submersion. *Michigan Mathematical Journal*, 13(4), 459-469.
- [4] Baird, P., & Wood, J. C. (2003). *Harmonic morphisms between Riemannian manifolds* (No. 29). Oxford University Press.
- [5] Besse, A. L. (2007). *Einstein manifolds*. Springer.
- [6] Salamon, S. (1989). *Riemannian geometry and holonomy groups*. Longman Scientific and Technical.
- [7] Watson, B. (1976). Almost hermitian submersions. *Journal of Differential Geometry*, 11(1), 147-165.
- [8] Şahin, B. (2010). Anti-invariant Riemannian submersions from almost Hermitian manifolds. *Central European Journal of Mathematics*, 8(3), 437-447.
- [9] Sahin, B. (2013). Riemannian submersions from almost Hermitian manifolds.
- [10] Park, K. S. (2015). Almost h-semi-slant Riemannian maps to almost quaternionic Hermitian manifolds. *Communications in Contemporary Mathematics*, 17(06), 1550008.
- [11] J. Yadav and G. Shanker, Chen type inequalities for Riemannian submersions, *Mediterranean Journal of Mathematics* 17 (2020), Article 109.

ADAY ÖĞRETMENLERİN ZİHNİNDEKİ ‘HATIRLANAN ÖĞRETMEN’ MODELİ: YAŞAM BOYU İZ BIRAKAN ÖĞRETMEN ÖZELLİKLERİNİN NİTEL ANALİZİ

Öğr. Gör. Zeynep ERMEYDAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Education, Educational Programs and Teaching

ORCID ID: 0000-0003-2311-0977

Prof. Dr. Gülay BEDİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Education, Educational Programs and Teaching

ORCID ID: 000-0003-3488-6340

Özet

Bu çalışmanın amacı, aday öğretmenlerin eğitim-öğretim yaşamları boyunca kendilerinde iz bırakan öğretmenlerin özelliklerini belirlemektir. Çalışma, nitel araştırma yaklaşımına dayalı olarak durum çalışması deseninde yürütülmüştür. Çalışmanın örneklemini farklı branşlardaki 54 aday öğretmen oluşturmaktadır. Veri toplama aracı olarak yarı yapılandırılmış görüşme formları kullanılmıştır. Veriler içerik analizi tekniği ile incelenmiş olup kodlar belirlenmiş ve benzer kodların bir araya getirilmesi ile temalar oluşturulmuştur. Analiz sonucunda aday öğretmenlerin öğretmenlerde en çok önemsedikleri özelliklerin sevgi ve anlayış temelli yaklaşım, öğrenciyi değerli hissetirme ve destekleme, disiplin ve özveri, bireysel ilgi ve rehberlik ve etkili iletişim gibi kodlarda yoğunlaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Bulgular aday öğretmenlerin öğretmeni yalnızca ders anlatan kişi olarak değil; aynı zamanda güven, destek, rehberlik ve insani sıcaklık sağlayan bütüncül bir rol modeli olarak algıladıklarını göstermektedir. Bu sonuçlar, öğretmen niteliğini değerlendirirken pedagojik becerilerin yanı sıra duyuşsal yönlerin de kritik önem taşıdığını ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Aday öğretmen, öğretmen nitelikleri, öğretmen-öğrenci ilişkisi

THE "RECOGNIZED TEACHER" MODEL IN THE MINDS OF PROSPECTIVE TEACHERS: A QUALITATIVE ANALYSIS OF TEACHER CHARACTERISTICS THAT LEAVE A LIFELONG MARK

Abstract

The aim of this study is to determine the characteristics of teachers that leave a mark on candidate teachers throughout their educational lives. The study was conducted in a case study design based on a qualitative research approach. The sample of the study consists of 54 candidate teachers from different branches. Semi-structured interview forms were used as data collection tools. The data were examined using the content analysis technique, codes were determined, and themes were created by bringing similar codes together. As a result of the analysis, it was concluded that the characteristics that candidate teachers value most in teachers are concentrated in codes such as love and understanding-based approach, making students feel

valued and supporting, discipline and dedication, individual attention and guidance, and effective communication. The findings show that prospective teachers perceive the teacher not only as a lecturer but also as a holistic role model who provides trust, support, guidance and human warmth. These results reveal that affective aspects as well as pedagogical skills are of critical importance when evaluating teacher quality.

Keywords: Prospective teacher, teacher qualifications, teacher-student relationship

GİRİŞ

Eğitim araştırmaları, öğretmenlerin öğrenciler üzerindeki etkisinin hem akademik başarı hem de bireysel gelişim açısından merkezi bir rol oynamaktadır. Etkili öğretmen nitelikleri öğrenci başarısını önemli ölçüde artıran faktörler arasında yer alırken, sınıf içi öğretim tarzı ve öğretmen-öğrenci ilişkilerinin niteliği başarı üzerinde belirleyici bir etkiye sahiptir (Bozkuş & Taştan, 2016). Eğitim sürecinin temel faktörü olan öğretmen, yalnızca bilgi aktaran değil; öğrencilerin bilişsel, duyuşsal ve sosyal gelişimlerini etkileyen belirleyici bir unsurdur. Öğrencilerin anılarında iz bırakan öğretmenler çoğu zaman öğretim yöntemlerinden ziyade insani tutumları, iletişim biçimleri ve öğrenciye verdikleri değerle hatırlanmakta; araştırmalar da bu tutumların akademik tutumların akademik başarı, motivasyon ve okula yönelik tutumlar üzerinde etkili olduğunu göstermektedir (Senemoğlu, 2013). Öğretmenin öğrencilerle kurduğu etkileşimin niteliği eğitimin duyuşsal boyutunu doğrudan şekillendirmektedir. Öğrenciler tarafından hatırlanan öğretmenlerin, öğrenme ortamında güven duygusu oluşturabildikleri, öğrenciyi yargılamadan dinledikleri ve bireysel farklılıklara saygı gösteren öğretmenlerdir (Kaya & Selvitopu, 2019). Öğretmenlerin öğrenciler üzerindeki etkisi akademik kazanımların ötesinde öğrencilerin benlik algısı, öğrenmeye yönelik tutumları ve sosyal ilişkileri üzerinde de belirleyici olmaktadır. Öğretmenin güven verici, destekleyici ve bireysel farklılıkları gözetten bir yaklaşım benimsemesi; öğrencilerin kendilerini ifade edebildikleri, hata yapmaktan çekinmedikleri ve okula karşı olumlu duygular geliştirdikleri bir öğrenme ortamının oluşmasına katkı sağlamaktadır (Aksoy, 2018). Öğrencilerin öğretmenlerine ilişkin hatıralarında en öne çıkan özelliklerin çoğu zaman akademik yeterlilikten ziyade öğretmenin insani yönleriyle ilişkili olduğu görülmektedir. Öğretmenin adil davranması, öğrenciye anlamaya yönelik bir tutum sergilemesi ve sınıf ortamında demokratik bir iklim oluşturması öğrencilerin öğretmene duyduğu güveni artırmaktadır. Bu güven duygusu öğrencilerin derse katılım isteğini güçlendirmekte ve öğrenme sürecini daha anlamlı hale getirmektedir (Demir, 2019). Öğretmenin sergilediği bu tutumlar, öğrencilerin yalnızca ders başarısını değil, kendilerine yönelik algılarını da olumlu yönde etkilemektedir. Öğretmen-öğrenci etkileşimin niteliği,

öğrencilerin akademik benlik algılarının ve öğrenmeye yönelik motivasyonlarının şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Öğretmen destekleyici ve teşvik edici yaklaşımı, öğrencilerin kendilerini yeterli hissetmelerini sağlamakta; bu durum öğrenme sürecine daha aktif katılım göstermelerine imkân tanımaktadır (Yıldız, 2020). Öğretmenin öğrenciler üzerindeki etkisi sınıf ortamının ötesine geçerek öğrencilerin öğrenmeye bakış açılarını ve uzun vadeli tutumlarını da biçimlendirmektedir. Öğretmenin geri bildirimleri, değerlendirme anlayışı ve otorite kullanımı; öğrencilerin akademik benlik algıları ve öğrenmeye yönelik içsel motivasyonlarının gelişiminde belirleyici olmaktadır. Destekleyici öğretmen tutumları, öğrencilerin öğrenmeyi bir zorunluluktan çok kişisel gelişimin bir parçası olarak görmelerine katkı sağlamaktadır (Karataş, 2017). Öğretmenin sınıf ortamında oluşturduğu iklim, öğrencilerin sosyal ilişkileri ve okula yönelik tutumları üzerinde doğrudan etkilidir. Öğrencilerin kendilerini ifade edebildikleri ve saygı gördükleri öğrenme ortamları, okula yönelik aidiyet duygusunu güçlendirmekte; kapsayıcı ve anlayışlı öğretmen tutumları ise okuldan uzaklaşma eğilimlerini azaltmaktadır (Özdemir, 2019). Buna ek olarak öğrenciler için anlamlı olan öğretmen davranışları çoğu zaman tekil başarıdan ziyade öğrenme sürecine yayılan tutarlı yaklaşımlar üzerinden şekillenmektedir. Öğretmenin öğrenciye yaklaşımında sergilediği tutarlılık, öğrencilerin öğretmene yönelik algılarının zaman içinde pekişmesini sağlamakta ve bu algılar uzun vadeli hatıralara dönüşmektedir (Şişman, 2016). Öğretmenin öğrenciler üzerinde bıraktığı iz, çoğu zaman öğretmenin kriz ve güçlük anlarında sergilediği tutumlar üzerinden şekillenmektedir. Öğrencinin başarısızlık yaşadığı, hata yaptığı ya da duygusal olarak zorlandığı durumlarda öğretmenin benimsediği yaklaşım, öğretmen-öğrenci ilişkisinin niteliğini belirleyen kritik bir faktör olarak öne çıkmaktadır. Bu tür durumlarda yargılayıcı olmayan, çözüm odaklı ve destekleyici bir öğretmen tutumu, öğrencinin öğretmeni güvenilir bir yetişkin olarak algılamasına zemin hazırlamaktadır. Araştırmalar, bu algının öğrencilerin eğitim yaşamlarına ilişkin hatırladıkları deneyimlerde merkezi bir rol oynadığını göstermektedir (Wentzel, 2009). Bu bağlamda kurulan öğretmen-öğrenci ilişkilerinin öğrencilerin okula yönelik aidiyet duygularını artırdığı ve öğrenmeye yönelik motivasyonlarını desteklediği ifade edilebilir (Allen et al., 2021).

Literatürde hatırlanan öğretmen modeli ile ilgili yapılan araştırmalar incelendiğinde (Yüksel, 2021; Kahveci, 2023; Tian & Shen, 2023; Gündüz & Can, 2023; Yumuşak & Balcı, 2018; Açılan & Özgenel, 2021; Agir, 2019; Kara, Aydın & Günbey, 2019; Çeliköz & Duran, 2017; Can & Baksi, 2014) gibi öğretmen davranışlarının öğrenciler üzerindeki etkilerini ortaya koyan benzer çalışmalara rastlanmaktadır. Ancak bu çalışmaların büyük bir bölümü, öğretmen

davranışlarını öğrencilik süreci içerisinde incelemektedir. Buna karşılık aday öğretmenlerin geçmiş yaşantılarında kendilerinde iz bırakan öğretmenleri hangi özellikleriyle hatırladıklarına odaklanan çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir. Bu bağlamda mevcut çalışma, öğretmen davranışlarının uzun vadede aday öğretmenlerin zihninde nasıl bir hatırlanan öğretmen modeline dönüştüğünü ortaya koyarak alana katkı sağlamayı amaçlamaktadır. Bu çalışma, öğretmen adaylarının zihninde kalıcı etki bırakan öğretmen özelliklerini ortaya koyarak, öğretmen yetiştirme sürecinde hangi duyuşsal ve pedagojik niteliklerin öncelikli olarak desteklenmesi gerektiğine ilişkin önemli ipuçları sunmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, aday öğretmenlerin eğitim-öğretim yaşamları boyunca kendilerinde iz bırakan öğretmenlerin özelliklerini belirlemektir. Bu genel amaç doğrultusunda aşağıdaki soruya yanıt aranmıştır.

Öğrencilik hayatınızda dersinize giren (anaokulu, ilkokul, ortaokul ve lise) öğretmenlerinizi hangi özellikleri ile hatırlıyorsunuz? Aklınızda bu öğretmenlerin daha çok hangi yönleri/özellikleri kaldı?

YÖNTEM

Araştırmanın Modeli

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımı çerçevesinde yürütülmüş olup durum çalışması desenine dayanmaktadır. Nitel araştırmalar, bireylerin deneyimlerini, algılarını ve anlamlandırma süreçlerini derinlemesine incelemeyi amaçlamaktadır (Creswell, 2013).

Çalışma Grubu

Araştırmanın çalışma grubunu, farklı branşlarda öğrenim gören 54 aday öğretmen oluşturmaktadır. Nitel araştırmalarda örneklem büyüklüğünden ziyade, araştırma problemine uygun ve zengin veri sağlayabilecek katılımcıların seçilmesi önem taşımaktadır (Patton, 2014). Bu doğrultuda çalışma grubunun belirlenmesinde amaçlı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Amaçlı örnekleme, araştırmanın amacına hizmet edecek bireylerin bilinçli olarak seçilmesini esas almaktadır (Yıldırım & Şimşek, 2021).

Veri Toplanması ve Analizi

Araştırmada veri toplama aracı olarak **yarı yapılandırılmış görüşme formu** kullanılmıştır. Görüşme formu, aday öğretmenlerin eğitim-öğretim yaşamlarında kendilerinde iz bırakan öğretmenlerin özelliklerini ortaya çıkarmaya yönelik açık uçlu sorulardan oluşturulmuştur. Elde edilen veriler **içerik analizi tekniği** kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sürecinde öncelikle görüşme verileri dikkatlice incelenmiş, anlamlı ifadeler kodlanmış ve benzer kodlar bir araya

getirilerek temalar oluşturulmuştur. Bu süreç, verilerin bütüncül bir yapı içerisinde yorumlanmasını sağlamıştır (Yıldırım & Şimşek, 2021).

BULGULAR

Tablo 1. İyi Hatırlanan Öğretmenin Duyuşsal Alan Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tema	Kodlar	f (frekans)
Sevgi	Sevecen	3
	Sevgiyle yaklaşan	5
	Güler yüz	4
	Arkadaş gibi	2
	Anlayışlı	2
	İnsancıl	1
	Evlat gibi görme	1
Destekleyici tutum	Öğrenciye değer vermesi	3
	Öğrenciyi önemsemesi	3
	Ödüllendirme	2
	Değerli hissettirmesi	1
	Güçlendirmesi	1
	Cesaretlendirmesi	1
	Güçlü yönlerimi destekleme	1
	Zayıf yönlerimi geliştirme	1
	Yetenekleri keşfetme	1
	Öğrencinin yanında olması	1
	Öğrenciye inanması	1
Kişisel nitelikler	Nezaketli	5
	Sabırlı	2
	Güzel giyinen	2
	Sakin	1
	Saygılı	1
	Dakik	1
	Yardımsaver	1
	Lider	1

Tablo 1 incelendiğinde sevgi boyutunda en yüksek frekansın sevecen ($f=5$) ve sevgiyle yaklaşan ($f=4$) özelliklerinde olduğu belirlenmiştir. Bu kodları güler yüz ($f=3$), arkadaş gibi ($f=2$) ve anlayışlı ($f=2$) izlemektedir. İnsancıl ($f=1$) ve evlat gibi görme ($f=1$) kodları ise en düşük frekansla ifade edilmiştir. Destekleyici tutum boyutunda ise en yüksek frekansın öğrenciye değer verme ($f=3$) ve öğrenciyi önemseme ($f=3$) olduğu belirlenmiştir. Kişisel nitelikler boyutunda ise en yüksek frekans nezaketli ($f=5$) koduna aittir. Sabırlı ($f=2$) ve güzel giyinen ($f=2$) kodları ikinci sırada yer alırken; sakın, saygılı, dakik, yardımsaver ve lider kodlarının her biri birer kez ($f=1$) belirtilmiştir.

Tema	Kodlar	f (frekans)
Disiplin	Düzenli olması	6
	Özverili olması	5
	Emek vermesi	4
	İdealist olması	2
	Adaletli olması	1
Akademik yeterlilik	Konu alan hakimiyeti/donanımlı	4
	Dersi sevdirmesi	2
	Dersi iyi anlatması	2
	Kalıcı öğrenme sağlaması	1
	Sınıf hâkimiyeti	1
	Zamanı iyi kullanması	1
	Eğlenceli ders	1
Rehberlik	Doğru yönlendirme	2
	Yetenekleri keşfetmesi	2
	Hayata dair dersler	2
	Kitap okuma sevgisi kazandırması	1
	Değerler aktarması	1
	Hayata öğrencinin gözünden bakması	1

Tablo 2. İyi Hatırlanan Öğretmenin Mesleki ve Akademik Alan Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tablo 2 incelendiğinde disiplin boyutunda en yüksek frekansın düzenli olma ($f=6$) koduna ait olduğu görülmektedir. Bu kodu özverili olma ($f=5$) ve emek verme ($f=4$) izlemektedir. İdealist olma ($f=2$) daha düşük bir sıklıkla ifade edilirken, adaletli olma ($f=1$) kodu en düşük frekansa sahiptir. Akademik yeterlilik boyutunda ise en yüksek frekans konu alan hâkimiyeti/donanımlı olma ($f=4$) olduğu görülmektedir. Dersi sevdirmesi ($f=2$) ve dersi iyi anlatma ($f=2$) kodları aynı frekansla ikinci sırada yer alırken kalıcı öğrenme sağlama ($f=1$), sınıf hâkimiyeti ($f=1$), zamanı iyi kullanma ($f=1$) ve eğlenceli ders ($f=1$) kodları ise en düşük frekansla belirtilmiştir. Rehberlik boyutunda doğru yönlendirme ($f=2$), yetenekleri keşfetme ($f=2$) ve hayata dair dersler verme ($f=2$) kodlarının eşit ve en yüksek frekansa sahip olduğu görülmektedir. Kitap okuma sevgisi kazandırma ($f=1$), değerler aktarma ($f=1$) ve hayata öğrencinin gözünden bakma ($f=1$) kodları ise daha düşük frekansla ifade edilmiştir.

Tema	Kodlar	f (frekans)
Bireysel ilgi	Öğrencilerle ilgili olması	5
	İhtiyaçlara duyarlılık	2
	Sorun çözmesi	1
	Öğrenciyi dinlemesi	1
Etkili iletişim	Etkili/akıcı konuşma	3
	Sohbet etmesi	2
	Eğlenceli	3
Sınıf dışı etkileşim	Sosyal etkinlik	2
	Sınıf dışı eğitim	1
	Oyun oynaması	1

Tablo 3. İyi Hatırlanan Öğretmenin İletişim Alan Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tablo 3'te yer alan bulgulara göre bireysel ilgi boyutunda en yüksek frekans öğretmenin öğrencilerle ilgili olması ($f=5$), ihtiyaçlara duyarlılık ($f=2$), sorun çözmesi ($f=1$) ve öğrenciyi dinlemesi ($f=1$) şeklinde belirlenmiştir. Etkili iletişim boyutunda ise öğretmenin etkili ve akıcı konuşması ($f=3$), öğrencilerle sohbet etmesi ($f=2$) ve eğlenceli olması ($f=3$) olduğu görülürken, Sınıf dışı etkileşim boyutunda ise, sosyal etkinlik ($f=2$), sınıf dışı eğitim ($f=1$) ve öğrencilerle oyun oynaması ($f=1$) en düşük frekanslar olduğu görülmektedir.

Tablo 4. Kötü Hatırlanan Öğretmenin Tutum ve Davranışlarına İlişkin Bulgular

Tema	Kodlar	F (frekans)
Kırıcı öğretmen	Öğrencileri döven	4
	Öğrenciyi rencide etme	4
	Sert olması	4
	Öfkesini kontrol edememesi	1
	Bağırarak konuşması	1
İletişimsizlik	İlgisiz olması	3
	Fikirlerin rahatça söylenememesi	2
	Soğuk davranması	1
Adaletsizlik	Ayrımcı davranması	3
	Çalışkan olmayan öğrencileri görmezden gelmesi	1
	Sınav sorularını özel ders içeriğinden hazırlaması	1

Tablo 4 incelendiğinde kırıcı öğretmen boyutunda en yüksek frekansın öğrencileri döven ($f=4$), öğrenciyi rencide etme ($f=4$) ve sert olması ($f=4$) kodlarına ait olduğu görülmektedir. Bu kodları öfkesini kontrol edememesi ($f=1$) ve bağırarak konuşması ($f=1$) izlemektedir. İletişimsizlik boyutunda en yüksek frekans ilgisiz olması ($f=3$) koduna aittir. Fikirlerin rahatça

söylenememesi (f=2) ikinci sırada yer alırken, soğuk davranması (f=1) kodu en düşük frekansla ifade edilmiştir. Adaletsizlik boyutunda ise ayrımcı davranması (f=3) kodunun en yüksek frekansa sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışkan olmayan öğrencileri görmezden gelmesi (f=1) ve sınav sorularını özel ders içeriğinden hazırlaması (f=1) kodları ise daha düşük frekansa sahip olduğu belirtilmiştir.

Tablo 5 Kötü Hatırlanan Öğretmenin Eğitimsel Süreç ve Sınıf Yönetimine İlişkin Bulgular

Tema	Kodlar	f (frekans)
Yetersiz öğretim yöntemleri	Çağdaş eğitimden uzak olması	4
	Ezberci yaklaşım	1
	Sürekli hayat hikâyesini anlatması	1
	Masadan kalkmaması	1
Katı yönetim anlayışı	Sürekli “yasak” demesi	3
	Kuralcı olması ve esnek olmaması	1

Tablo 5 incelendiğinde yetersiz öğretim yöntemleri boyutunda en yüksek frekansın çağdaş eğitimden uzak olması (f=4) koduna ait olduğu görülmektedir. Bu kodu ezberci yaklaşım (f=1), sürekli hayat hikâyesini anlatması (f=1) ve masadan kalkmaması (f=1) izlemektedir. Katı yönetim anlayışı boyutunda en yüksek frekans sürekli “yasak” demesi (f=3) kodunda görülmektedir. Kuralcı olması ve esnek olmaması (f=1) kodu ise daha düşük frekansla ifade edilmiştir.

TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Araştırma sonucunda, öğretmen adaylarının “iyi” ve “kötü” olarak hatırladıkları öğretmenlere ilişkin algılarının ağırlıklı olarak duyuşsal, mesleki ve iletişimsel özellikler etrafında şekillendiğini göstermektedir. Özellikle iyi hatırlanan öğretmenlerde sevgi, destekleyici tutum ve nezaket gibi duyuşsal özelliklerin öne çıkması, öğretmen-öğrenci ilişkisinin niteliğinin öğretmenin kalıcılığı üzerinde belirleyici bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Bu durum, öğretmenin yalnızca bilgi aktaran bir figür olarak değil, aynı zamanda öğrencinin duygusal dünyasına temas eden bir rehber olarak algılandığını göstermektedir. Metin ve Kuzey (2025), çalışmalarında iyi öğretmen rol modelleri sevgiyi, öğrenci ile ilişkisel özellikleri ve kişisel tutumların önemli olduğunu ifade etmektedirler. Gao ve Qian (2025), yaptıkları çalışmalarında öğretmen adayları için ‘iyi öğretmen’ yalnızca akademik olarak bilgi aktaran değil; aynı zamanda öğrenciyle iyi ilişki kurabilen ve güçlü insani özelliklere sahip kişiler olarak ifade etmişlerdir. Kötü hatırlanan öğretmenlere ilişkin bulgular, özellikle kırıncı, adaletsiz ve iletişimden uzak tutumların öğrenciler üzerinde kalıcı olumsuz etkiler bıraktığını göstermektedir. Öğrenciyi rencide eden, ayrımcı davranan ya da öfkesini kontrol edemeyen öğretmen profilleri, öğretmen adaylarının zihninde olumsuz bir model olarak yer etmektedir.

Bu bulgular, öğretmen davranışlarının yalnızca anlık değil, uzun vadeli etkiler doğurabildiğini ve öğretmenin mesleki sorumluluğunun etik bir boyut taşıdığını ortaya koymaktadır. Benzer şekilde Sezer (2018), çalışmalarında öğretmenlerin olumsuz tutum ve davranışları, öğrencilerde okula ve derslere karşı isteksizlik, kaygı, öz-güven eksikliği ve öğretmenlere/öğrenme sürecine karşı ön yargı gibi olumsuz sonuçlara yol açtığını belirtmiştir. Lamghari et al., (2025), öğretmenlerin sözlü agresif davranışlarının (hakaret, küçümseme, aşağılama) öğrencilerin özsaygısı ve psikolojik iyi oluşu üzerinde olumsuz etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Ali, Ashraf & Shuai (2019), Çalışmalarında öğretmenlerin olumsuz, çatışma yaratan tutumlarının öğrencilerin psikolojik sağlığı ve öğrenme sonuçları üzerinde olumsuz etkiler yarattığını ifade etmişlerdir.

Araştırma sonuçlarına dayalı olarak uygulayıcılara ve araştırmacılara dönük öneriler aşağıdadır:

Bu araştırma kapsamında elde edilen bulgular, öğretmen adaylarının iyi ve kötü öğretmen algılarını büyük ölçüde ahlaki, duyuşsal ve etik değerler çerçevesinde yapılandırdıklarını göstermektedir. Bu doğrultuda, öğretmen yetiştirme programlarında ahlaki değerler, mesleki etik ve insani tutumlara yönelik içeriklerin daha sistemli ve uygulamaya dönük biçimde ele alınması önerilebilir.

Bu araştırmadan elde edilen bulgular doğrultusunda, öğretmen yetiştirme programlarında öğretmen-öğrenci etkileşimi, sınıf yönetimi ve iletişim becerilerine yönelik uygulamalı çalışmalara daha fazla yer verilmesi önerilmektedir.

Farklı coğrafi bölgeler ve sosyo-ekonomik bağlamlar arasında karşılaştırmalı araştırmalar yapılması önerilebilir.

Öğretmenlerin olumlu- olumsuz tutum ve davranışlarının öğrenciler üzerindeki etkilerini ortaya koyan nicel araştırmalar yapılması önerilebilir.

Bu çalışma aday öğretmenler üzerinde nitel araştırma paradigmasına uygun olarak yürütülmüştür. İleride yapılacak çalışmaların farklı örneklem grupları ve farklı yöntemler kullanılarak yapılması önerilebilir.

KAYNAKÇA

- Açılan, B. H., & Özgenel, M. (2021). Öğretmen yakınlık davranışlarının öğrencilerin okula bağlılık düzeylerine etkisi: Lise ve ortaokul karşılaştırması. *Education Sciences*, 16(1), 1–16.
- Agir, M. S. (2019). The effect of perceived teacher behaviors on students' self-esteem and attitudes towards learning. *Journal of Education and Learning*, 8(5). 1927-5269.
- Aksoy, S. (2018). *Öğretmen-öğrenci etkileşiminin öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumları üzerindeki etkisi* (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Allen, J. P., Pianta, R. C., Gregory, A., Mikami, A. Y., & Lun, J. (2011). An interaction-based approach to enhancing secondary school instruction and student achievement. *Science*, 333(6045), 1034–1037.

- Aya, A., & Selvitopu, A. (2019). Öğretmen-öğrenci ilişkilerinin öğrencilerin okula bağlılıkları üzerindeki etkisi. *Eğitim ve Bilim*, 44(197), 243–260.
- Bozkuş, K., & Tasta, M. (2016). Öğretmenlerin Etkili Öğretimin Nitelikleri Hakkındaki Görüşleri. *Çevrimiçi Sunum*, 6 (4), 469-490.
- Can, E., & Baksi, O. (2014). Öğrencilerin sınıf içi tutum ve davranışlarının öğretmenlerin sınıf yönetimi başarısına etkisi. *Asian Journal of Instruction (E-AJI)*, 2(1, Özel), 86–101.
- Creswell, J. W. (2013). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3rd ed.). Sage Publications.
- Çeliköz, N., & Duran, B. (2017). Öğretmen davranışlarının matematik başarısı üzerindeki etkisinin 8. sınıf öğrenci görüşleri bağlamında incelenmesi. *Ahi Evran Üniversitesi Kırşehir Eğitim Fakültesi Dergisi*, 18(3), 564–585.
- Demir, E. (2019). *Öğretmen tutumlarının sınıf iklimi ve öğrenci algıları üzerindeki etkisi* (Yüksek lisans tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Gao, Q., & Qian, M. (2025). *Preservice teachers' beliefs about creative teachers and good teachers*. *Education Sciences*, 15(4), 443.
- Gündüz, Y., & Can, E. (2023). Öğrenci görüşlerine göre öğretmenlerin istenmeyen öğrenci davranışlarını yönetme becerileri. *Iğdır Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 12(32), 115-134. <https://doi.org/10.54600/igdirsosbilder.1190009>
- Kahveci, H. (2023). The positive and negative effects of teacher attitudes and behaviors on student progress. *Journal of Pedagogical Research*, 7(1).
- Kara, E., Aydın, B., & Günbey, M. (2019). İlkokul öğrencilerini mutlu ve mutsuz eden öğretmen davranışları ve bu davranışların etkileri. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi*, 9(1), 69–92.
- Karataş, Z. (2017). *Öğretmen tutumlarının öğrencilerin akademik motivasyonları üzerindeki etkisi* (Yüksek lisans tezi). Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Lamghari, K., Azennoud, A., & Guaad, A. (2025). The impact of teachers' verbal aggressiveness on students' academic performance and emotional well-being: A correlational analysis. *Contemporary Research in Education and English Language Teaching*, 7(1), 33–42.
- Metin, R., & Kuzey, M. (2025). Öğretmen adaylarının yaşamsal hafızalarına dayalı öğretmen rol modelleri. *Bayburt Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(45), 94–121.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice* (4th ed.). Sage Publications.
- Senemoğlu, N. (2013). *Gelişim, öğrenme ve öğretim: Kuramdan uygulamaya*. Yargı Yayınevi.
- Sezer, S. (2018). Öğretmenlerin sınıf yönetimi tutumlarının öğrencilerin gelişimine etkileri: Fenomenolojik bir analiz. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Dergisi*, 33(2), 534–549.
- Şişman, M. (2016). *Eğitimde mükemmellik arayışı*. Ankara: Pegem Akademi.
- Tian, L., & Shen, J. (2023). The effect of perceived teachers' interpersonal behavior on students' learning in physical education: A systematic review. *Frontiers in Psychology*, 14, Article 1233556. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1233556>
- Wentzel, K. R. (2009). *Students' relationships with teachers as motivational contexts*. In K. R. Wentzel & A. Wigfield (Eds.), *Handbook of motivation at school* (pp. 301–322). Routledge.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (12. bs.). Seçkin Yayıncılık.
- Yıldız, H. (2020). *Öğretmen-öğrenci ilişkilerinin akademik benlik algısı üzerindeki rolü* (Doktora tezi). Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü. YÖK Ulusal Tez Merkezi.
- Yumuşak, G., & Balcı, Ö. (2018). Öğretmenlerin istenmeyen öğrenci davranışları ile başa çıkma yöntemleri ve bu yöntemlerin etkililiğine ilişkin görüşleri. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(40), 223–254. <https://doi.org/10.31795/baunsobed.489128>
- Yüksel, M. (2025). Öğretmen davranışlarının öğrencilerin öğrenme hedefleri üzerindeki etkisi. *Batı Anadolu Eğitim Bilimleri Dergisi*, 16(2), 2081–2101.

OKUL ÖNCESİ OKULLARINDA ÖĞRENMEDE EVRENSEL TASARIM UYGULAMALARINA İLİŞKİN ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİ

Prof. Dr. Gülay BEDİR

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Education, Educational Programs and Teaching

ORCID ID: 000-0003-3488-6340

Öğr. Gör. Zeynep ERMEYDAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Education, Educational Programs and Teaching

ORCID ID: 0000-0003-2311-0977

Özet

Bu araştırmanın amacı, okul öncesi eğitim kurumlarındaki uygulamaların “Öğrenmede Evrensel Tasarım (ÖET)” ilkeleri doğrultusunda ne ölçüde yapılandırıldığını öğretmen görüşlerine dayalı olarak incelemektir. Çalışma, nitel araştırma yöntemleri temel alınarak yapılandırılmış ve olgu bilim (fenomenoloji) deseninde gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, 2025–2026 öğretim yılında Kahramanmaraş il merkezindeki resmi okul öncesi eğitim kurumlarında görev yapan ve amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilen 23 öğretmen oluşturmaktadır. Veriler, öğretmenlerin ÖET’e ilişkin görüşlerini ve uygulamalara yönelik deneyimlerini derinlemesine ortaya koymayı amaçlayan yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Elde edilen veriler betimsel analizi yöntemi ile çözümlenmiş, temalar araştırmacılar tarafından karşılaştırmalı bir şekilde yapılandırılmıştır. Araştırmanın bulguları, öğretmenlerin ÖET kavramına ilişkin farkındalıklarının sınırlı olduğunu ve okul öncesi eğitim ortamlarında ÖET ilkelerine dayalı uygulamaların büyük ölçüde yetersiz kaldığını göstermektedir. Öğretmenler, okul/sınıf düzeni, materyal-yöntem çeşitliliği, bireysel farklılıklara uyum gibi alanlarda ÖET’e uygun uygulamaların geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlar.

Anahtar Kelimeler: Okul Öncesi, öğrenmede evrensel tasarım, kapsayıcı eğitim

PRESCHOOL TEACHERS' PERSPECTIVES ON UNIVERSAL DESIGN FOR LEARNING (UDL) PRACTICES IN EARLY CHILDHOOD EDUCATION

Abstract

The purpose of this research is to examine the extent to which practices in preschool education institutions are structured in line with the principles of "Universal Design for Learning (UDL)" based on teachers' opinions. The study was structured using qualitative research methods and conducted using a phenomenological design. The study group consisted of 23 teachers working in public preschool education institutions in the Kahramanmaraş city center during the 2025–2026 academic year, selected through a purposive sampling method. Data were collected through a semi-structured interview form aimed at revealing teachers' views on UDL and their experiences with the practices. The obtained data were analyzed using descriptive, and the researchers structured the themes comparatively. The findings of the study indicate that

teachers' awareness of the concept of UDL is limited and that practices based on UDL principles in preschool education settings are largely inadequate. Teachers emphasized the need to develop UDL-appropriate practices in areas such as school/classroom organization, material and method diversity, and adaptation to individual differences.

Keywords: Preschool, universal design for learning, inclusive education

Giriş

Zihinsel süreçlerde öğrenmenin nasıl gerçekleştiği disiplinler arası bilimsel araştırmalarla açıklanmaya çalışılmıştır ve çalışılmaya devam etmektedir. Bireylerin sahip olduğu fizyolojik, psikolojik, biyolojik vs özellikleri öğrenmenin gerçekleşmesini etkilemektedir. Bireysel farklılıklar öğrenmeyi olumlu veya olumsuz etkileyebilir. Eğitim-öğretim ortamlarının bu farklılıklara göre düzenlenmesiyle daha kapsayıcı sınıf ortamları oluşturulabilir. Böylece tüm öğrenenlerin maksimum düzeyde başarıya ulaşmalarına olanak sağlanabilir (Bedir, 2021). Öğrenmede Evrensel Tasarım (Universal Design for Learning-UDL) David Rose ve ekibi tarafından Harvard Üniversitesi'nde geliştirilen kapsayıcı bir pedagojidir (Rose ve Meyer, 2002).

Mimaride kullanılan Evrensel Tasarımın eğitim ortamlarında uygulanmasına dayanmaktadır. Evrensel Tasarım, engelli bir mimar olan Ron Mace tarafından mimaride ortaya atılmıştır. Binaların ve fiziksel alanların engelli bireylere uyacak şekilde sonradan düzenlenmesine yönelik yaygın uygulamalara karşı çıkmış ve bunun yerine tasarımcıların, tüm kullanıcıların yararına olacak şekilde, planlama sürecinin başından itibaren en geniş kullanıcı yelpazesinin ihtiyaçlarını dikkate almasını önermiştir (Dalton ve Proctor, 2007).

"Herkes için işe yarayan esnek hedefler, yöntemler, materyaller ve değerlendirmeler oluşturmak için bir taslaktır" (CAST, 1998). ÖET'nin amacı, eğitim ihtiyaçları ve tercihleri farklı olan bireylerin bilgiye erişimine ilişkin çevresel kısıtlamaları kaldırmak veya azaltmaktır (Burgstahler, 2001). Öğrencilerin farklı yeteneklere sahip oldukları için eğitim ihtiyaçları ve tercihleri de değişiklik gösterir. ÖET engelleri en aza indirerek tüm öğrencilerin genel eğitim programlarına erişimini artırmaya odaklanmıştır (Wehmeyer ve diğerleri, 2003).

Bedir (2021) Türkiye'de farklı derslerde ÖET uygulamalarının öğrenci tutum ve başarısı üzerindeki etkisini inceleyen az sayıda çalışma (Batmaz, 2018; Yüzlü, 2017; Yavuzarslan, 2018; Çakır, Memnun, 2019; Şenel, Şenel ve Günaydın, 2019) bulunduğunu belirtmiştir. Bedir (2022) çalışması ile de öğretmenlerin ÖET uygulamalarına yönelik görüşlerini belirlemeye çalışmış ve öğretmenler bu konuda yeterli bilgi ve beceriye sahip olmadıklarını ve okullarının gerekli altyapı ve ekipmana sahip olmadığını tespit etmiştir. Uluslararası alanda yapılan

çalışmalar incelendiğinde ise araştırmaların çoğunluğunun ÖET uygulamalarının çeşitli engellere sahip öğrenciler ve bu öğrenciler ile aynı eğitim ortamındaki diğer öğrenciler üzerindeki etkisini belirlemektir (Abrahamson, Flood, Miele & Si, 2018, Carrington vd.; Coppola, Woodard & Vaughan, 2019; Dymond vd. 2006; Gauvreau, Lohmann & Hovey, 2019; Katz, 2013a, Katz, 2013b; Hazmi ve Ahmet, 2018; Luangrungruang ve Kokaew, 2018; King-Sears, 2014; Tobin, 2014). Araştırma sonuçlarıyla ÖET uygulamaları konusunda okulöncesi öğretmenlerin görüşlerini belirlemek ve bilgi - becerilerinin artırılmasına yönelik önerilerde bulunmak hedeflenmektedir.

Bu araştırmanın amacı, okul öncesi eğitim kurumlarındaki uygulamaların “Öğrenmede Evrensel Tasarım (ÖET)” ilkeleri doğrultusunda ne ölçüde yapılandırıldığını öğretmen görüşlerine dayalı olarak incelemektir. Bu amaç çerçevesinde aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

Öğrencilerinize “Öğrenmede Evrensel Tasarım” ilkelerine (Birden çok temsil yöntemi, eylem ve ifade yöntemi, katılım yöntemi sağlamak) yönelik yaptığınız uygulamalar nelerdir?

Eğitim-öğretim ortamlarınızda yaptığınız uygulamalarınız ÖET performans göstergelerine uygun mudur? Neden?

ÖET ilkelerine yönelik öğretim uygulamalarında karşılaşılan engeller nelerdir?

Öğretmenlerin ÖET yaklaşımının çocukların katkısına yönelik görüşleri nelerdir?

Yöntem

Bu araştırma, nitel araştırma yaklaşımlarından olgu bilim (fenomenoloji) deseninde gerçekleştirilmiştir. Olgu bilim deseni tam olarak isimlendiremediğimiz ve farkında olduğunuz olgulara (Yıldırım ve Şimşek, 2013) odaklanır. Araştırmanın çalışma grubunu, 2025–2026 öğretim yılında Kahramanmaraş il merkezindeki resmi okul öncesi eğitim kurumlarında görev yapan ve amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilen 23 (22 Kadın, 1 erkek) öğretmen oluşturmaktadır. Araştırmada katılımcılar amaçlı örnekleme yöntemlerinden ölçüt örnekleme tekniği ile belirlenmiştir. Çalışmada ölçüt olarak bir okul öncesi eğitim kurumunda aktif olarak çalışmak ve Milli Eğitime bağlı okullarda iş deneyimine sahip olmak şartı aranmıştır.

Çalışmanın verileri araştırmacılar tarafından düzenlenen yarı yapılandırılmış görüşme formu aracılığıyla toplanmıştır. Bu kapsamda elde edilen veriler betimsel analizi yöntemi ile çözümlenmiş ve yapılandırılmıştır.

Verilerin toplanması, katılımcıların önceden belirlenen saat ve yerde (birinci yazarın ofisinde ve iki okul öncesi okulunda) yapılan yüz yüze görüşmeler ile gerçekleştirilmiştir. Görüşmeler

ortalama 20–30 dakika zaman aralığında gerçekleştirilmiştir. Seslerinin kayıt edilmesini istemeyen öğretmenlerin bilgileri yazılı olarak oluşturulmuştur.

Çalışmanın veri toplama aracı (yarı yapılandırılmış görüşme formu) ilgili alan yazın incelenerek hazırlanmış ve kapsam geçerliliği açısından alanında uzman (ÖET konusunda çalışmaları olan) görüşüne sunulmuştur. Uzman görüşleri doğrultusunda gerekli düzenlemeler yapılarak (2 sorudan benzer cevaplar geleceği için birleştirilmiştir. 1 soru da ÖET konusunda okul öncesi öğretmenlerin kapsamlı bilgi sahibi olmamaları düşünüldüğü için çıkarılmıştır) görüşme formuna son hali verilmiştir. Ayrıca araştırmanın teyit edilebilirliği için araştırmacıların yorumlarının katılımcı görüşlerine dayalı olarak oluşturulmasına dikkat edilmiştir. Bu doğrultuda araştırmanın bulgular bölümü katılımcı ifadeleri kullanılarak doğrudan alıntılarla desteklenmiştir.

Bulgular

Araştırmanın bu bölümünde veri toplama aracından elde edilen veriler alt problemler çerçevesinde tablolastırılarak yorumlanmıştır.

Tablo 1. Öğretmenlerin “Öğrenmede Evrensel Tasarım” İlkelerini Uygulamalarına İlişkin Bulgular

ÖET İlkeleri		Olumlu (f)	Olumsuz (f)
Birden Fazla Temsil Yöntemi Sağlamak (Becerikli, bilgili öğrenenler)	Algılamalar İçin Seçenekler Sunarım	7	16
	Dil, Matematiksel İfadeler ve Semboller İçin Seçenekler Sunarım	7	16
	Kavrama İçin Seçenekler Sunarım	5	18
Birden Fazla Eylem ve İfade Yöntemi Sağlamak (Stratejik amaca yönelik öğrenenler)	Fiziksel Etkinlik İçin Seçenekler Sunarım	3	20
	İfade ve İletişim İçin Seçenekler Sunarım	9	14
	Yürütücü İşlevler İçin Seçenekler Sunarım	2	21
Birden Fazla Katılım Yöntemi Sağlamak (Amaca yönelik motive olmuş öğrenenler)	İlgiyi İşlevsel Kılmak İçin Seçenekler Sunarım	7	16
	Çaba ve Devamlılığı Desteklemek İçin Seçenekler Sunarım	5	18
	Öz Düzenleme İçin Seçenekler Sunarım	5	18

Tablo 1. İncelendiğinde öğretmenlerin Öğrenmede Evrensel Tasarım (ÖET) İlkelerine yönelik öğrencilerine farklı seçenekler sunmak konusunda çoğunluğun olumsuz görüş bildirdikleri görülmektedir. Örnek ifadeler aşağıda sunulmuştur.

“...benim sınıftımdaki öğrencilerin tamamı yabancı. Benin onların dilini öğrenmem gerekli değil. Eğitim-öğretim dili Türkçe dolayısıyla onların Türkçeyi öğrenmeler gerekiyor. Fakat 5-10 kelime ancak biliyorlar. Anne babalar bu konu da hiç yardımcı

olmuyor. Özellikle annelerde kendilerini öğrenmedikleri için çocuklarına da öğretmiyorlar. Bu yüzden genelde işaretle anlaşıyoruz”(Ö2)

“Sınıfımda bir yabancı öğrenci var. Onun ana dilinde birkaç kelime öğrendim. Onları söylüyorum bazen birden kafasını kaldırıyor ve gülümsüyor. Mutlu olduğunu görüyorum. Bunu daha sık yapmaya çalışacağım. (Ö4)

“...yabancı öğrencilerim var bazen iletişim kuramıyorum. O zaman ne demek istediklerin beden dili ile anlatmalarını istiyorum bazen de çizmelerini istiyorum”(Ö9)

“...sınıfımda yaş aralığı fazla olduğu için herkese aynı etkinliği yaptırmakta sıkıntı yaşıyorum. Küçük olanlar yapamadıkları zaman etkinliklere katılmak istemiyorlar, bazen de ağlıyorlar” (Ö13)

“...genellikle tüm sınıf aynı faaliyetleri yapıyoruz. Aynı anda sabah sporu, çizgi film izliyoruz. Etkinliklerimiz de aynı farklı bir uygulamam yok”(Ö21)

“Programı takip ediyorum. Öğrenciler için farklı etkinlik seçenekleri çoğunlukla sunamıyorum. Serbest zaman etkinliklerinde biraz esnetebiliyorum” (Ö7)

“Sınıfımda hiç konuşmayan bir öğrencim var. Evde ailesinin yanında konuşuyormuş ama okulda ve dışarıda hiç konuşmuyor. Tuvaleti geldiğinde ağlıyor ben o zaman anlıyorum. Çocuk çok başarılı bir öğrenci. Annesiyle konuştum destek alalım dedim anne kabul etti fakat baba kabul etmiyor. Kesinlikle karşı çıkıyor. Okuldan alacak diye korkuyorum. Hatta Mersin’de terapi alıyoruz diye annesine söyletmiş. Anne sonradan itiraf etti. Çocuk çok zeki bir şey yapılması lazım. Ben onun için özel uygulamalar yapmaya çalışıyorum” (Ö22)

“...sınıfımda hiperaktif öğrencim var. Farklı bir uygulama yapmıyorum am onu etkinliklere katmakta sıkıntı yaşıyorum. Bazen onu kendi haline bırakmak zorunda kalıyorum (Ö12)

Tablo 2. Öğretmen Uygulamalarının ÖET Performans Göstergelerine Uygunluğuna Yönelik Bulgular

Performans Göstergeleri	Gerçekleşme Durumu	f
Sınıf İklimi	Uygundur	8
	Uygun değildir	15
Etkileşim	Uygundur	6
	Uygun değildir	13
Fiziksel Ortamlar ve Ürünler	Uygundur	14
	Uygun değildir	9
Öğretim Standartları	Uygundur	4
	Uygun değildir	19
Öğretim Yöntemleri	Uygundur	15
	Uygun değildir	8

Bilgi Kaynakları ve Teknolojisi	Uygundur	19
	Uygun değildir	4
Geri Bildirim	Uygundur	13
	Uygun değildir	10
Değerlendirme	Uygundur	11
	Uygun değildir	12

Tablo incelendiğinde öğretmenlerin çoğunluğu eğitim- öğretim ortamlarının ve bu ortamlarda yaptıkları faaliyetlerin ÖET performans göstergelerine çoğunluğunun uygun olmadığı yönünde görüş bildirmiştir.

Tablo 3. Öğretmenlerin ÖET İlkelerine Uygun Öğretim Yapmalarına Yönel Engeller

ÖET İlkelerini Yönelik Engeller	f
Bilgi ve beceri eksikliği	23
Fiziksel ortamların yetersizliği	22
Okulun/sınıfın materyal eksikliği	19
Teknolojik olanaklar	17
Öğrenci sayısı	9
Mevcut programların yoğunluğu	19
Farklı yaşlarda öğrencilerin aynı sınıfta bulunması	7

Tablo incelendiğinde okul öncesi öğretmenlerinin ÖET ilkelerine yönelik öğretim ortamları düzenleme, etkinlikleri planlama ve uygulamalarını yapma konusunda en büyük engelin “*bilgi ve beceri eksikliği*” ($f=23$) olduğu belirlenmiştir. Bunu *fiziksel ortamların yetersizliği* ($f=22$), *materyal eksikliği* ($f=19$) ve *mevcut programların yoğunluğu* ($f=19$) takip etmiştir.

Tablo 4. ÖET Yaklaşımının Çocuklara Katkısına Yönelik Bulgular

ÖET İlkelerini Yönelik Uygulamaların Öğrenciye Katkısı	f
Farklı öğrenme özelliğine sahip öğrenciler desteklenir.	16
Öğrencilerin akademik başarıları desteklenir.	16
Öğrencilerin okula yönelik olumlu tutum geliştirmeleri desteklenir.	13
Öğrencilerin sosyalleşmesi desteklenir.	9
İletişim becerilerinin gelişmesi desteklenir.	7
Öğrencilerin birbiriyle yardımlaşması desteklenir.	7
Öğrencilerin öz-güven kazanmaları desteklenir.	5
Öğrencilerin öz-disiplin kazanmaları desteklenir.	5
Öğrencilerin yeteneklerinin keşfedilmesi desteklenir.	3

Tablo incelendiğinde okulöncesi öğretmenlerinin ÖET ilkelerine yönelik eğitim ortamlarının ve etkinliklerin düzenlenmesinin öğrencilere katkısını; “*farklı öğrenme özelliğine sahip öğrenciler desteklenir*” ($f=16$), *öğrencilerin akademik başarıları desteklenir* ($f=16$), *öğrencilerin okula yönelik olumlu tutum geliştirmeleri desteklenir* ($f=13$) şeklinde sıralamışlardır.

Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Araştırma sonucunda okul öncesi öğretmenlerin eğitim-öğretim ortamlarını düzenlemede ve öğrencilerin bireysel farklılıklarına yönelik olarak uygulamalarını planlama konusunda gerekli bilgi ve beceri konusun da yetesi oldukları belirlenmiştir. Courey ve arkadaşları (2013), Bedir (2022) yaptıkları çalışmada öğretmenlerin ÖET ilkelerini uygulamaya yönelik bilgi eksikliklerinin olduğunu ve olduğu belirtirken Rao vd (2014) öğretmenlerin uygulamaya dönük desteklenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Rose ve Meyer (2002), ÖET çerçevesinde öğretmenlerin gerekli bilgi ve beceriye sahip olmaları, uygulamaların niteliğini doğrudan etkilediğini belirtmiştir. Okulöncesi öğretmenlerinin yoğunluğu eğitim- öğretim ortamlarının ve bu ortamlarda yaptıkları faaliyetlerin ÖET performans göstergelerine yoğunluğunun uygun olmadığı belirlenmiştir. Bunların en başta gelen nedenlerinin bilgi ve beceri eksikliği, fiziksel ortamların yetersizliği, materyal eksikliği ve mevcut programların yoğunluğu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bedir (2022) yaptığı çalışmada okullarda ekipman eksikliğine dikkat çekmiştir. Son olarak okul öncesi öğretmenleri ÖET ilkelerine yönelik eğitim ortamlarının ve etkinliklerin düzenlenmesinin farklı öğrenme özelliğine sahip öğrencilerin öğrenmesini, öğrencilerin akademik başarılarını ve öğrencilerin okula yönelik olumlu tutum geliştirmelerine vs katkı sağlayacağı sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen bu sonuçlar çerçevesinde öğretmen yetiştirme programlarında öğrenmede bireysel farklılıklar ve bunlara yönelik, birden fazla temsil yöntemi sağlama, birden fazla eylem ve ifade yöntemi sağlama, birden fazla katılım yöntemi sağlama konusunda öğretmen adaylarının daha nitelikli yetiştirilmelerine olanak sunacak derslere yer verilebilir. Mevcut atanmış öğretmenler de ÖET uygulamaları konusunda hizmet içi eğitimle desteklenebilirler. Ayrıca okul yöneticilerinin gerekli fiziki ortam ve araç-gereç ihtiyacının giderilmesine yönelik ilgili yöneticilerle işbirliği sağlayabilirler.

Kaynakça

- Abrahamson, D.; Flood, V. J.; Miele, J. & Siu, Y.-T. (2018). Enactivism and ethnomethodological conversation analysis as tools for expanding Universal Design for Learning: The case of visually impaired mathematics. *ZDM Mathematics Education*, <https://doi.org/10.1007/s11858-018-0998-1>.
- Bedir, G. (2021). Öğrenmede Evrensel Tasarım. Ankara: Pegem Yayıncılık.
- Bedir, G. (2022). Teachers' Views on the Practices of Universal Design for Learning. *International Journal of Curriculum and Instruction*, 14(2), 1324-1342 2022
- Burgstahler, S. (2001). *Universal design of instruction*. Arlington: National Science Foundation. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED468709.pdf>
- CAST (Centre for Applied Special Technology) (1998). What is universal design for learning? Wakefield, MA: Author. Retrieved from <http://www.cast.org/udl/index.html>.
- Çakır, C. & Memnun, D. S. (2019). İlköğretim yedinci sınıf öğrencilerine daire ve daire diliminin alanı konusunun evrensel öğretim tasarım modeliyle öğretimine yönelik bir öneri, *Academic Studies on Social and Education Sciences*, Chapter 797-113.

- Carrington, S.; Saggars, B.; Webster, A.; Harper-Hill, K. & Nickerson, J. (2020). What Universal Design for Learning principles, guidelines, and checkpoints are evident in educators' descriptions of their practice when supporting students on the autism spectrum?. *International Journal of Educational Research*, 102.
- Coppola, R. Woodard, R. & Vaughan, A. (2019). And the students shall lead us: putting culturally sustaining pedagogy in conversation with universal design for learning in a middle- school spoken word poetry unit, literacy research, *Theory, Method, and Practice*, 68, 226-249.
- Courey ve Diğ. (2013). Improved Lesson Planning with Universal Design for Learning (UDL) *Teacher Education and Special Education*, 36 (1)
- Dalton, B. & Proctor, C. P. (2007). Reading as thinking: Integrating strategy instruction in a universally designed digital literacy environment. In D.S. McNamara (Ed.), *Reading comprehension strategies: Theories, interventions, and technologies* (423-442). Mahweh, NJ: Lawrence Erlbaum Publishers.
- Dymond, S. K.; Renzaglia, A.; Rosenstein, A.; Eul Jung, C.; Banks, R. A., Niswander, V. & Gibson, C. L. (2006). Using a participatory action research approach to create a universally designed inclusive high school science course: A case study. *Research & Practice for Persons with Severe Disabilities*, 31, 293–308.
- Gauvreau, A.; Lohmann, M. J. & Hovey, H. A. (2019). Using a Universal Design for Learning Framework to Provide Multiple Means of Representation in the Early Childhood Classroom. *The Journal of Special Education Apprenticeship*, 8(1), 1-13.
- Hazmi-N., A. & Ahmadi, A. C. (2018). Universal Design for Learning to Support Access to the General Education Curriculum for Students with Intellectual Disabilities. *World Journal of Education*, 8(2). 66-72.
- Katz, J. (2013a). The Three-Block model of universal design for learning (UDL): Engaging students in inclusive education. *Canadian Journal of Education*, 36, 153–194.
- Katz, J. (2013b). The three-block model of universal design for learning implementation in a high school. *Canadian Journal of Educational Administration and Policy*, 141.
- Luangrungruang, T. & Kokaew, U. (2018). Applying Universal Design for Learning in Augmented Reality Education Guidance for Hearing Impaired Student. *2018 5th International Conference on Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA) Advanced Informatics: Concept Theory and Applications (ICAICTA), 2018 5th International Conference on. :250-255 Aug.*
- Mace, R. L. (1998). Universal design in housing. *Assistive Technology: The Official Journal of Resna*, 10, 21-28.
- Şenel, S.; Şenel, H. C. & Günaydın, S. (2019). Herkes için mobil öğrenme: Dil Öğrenme uygulamalarının evrensel tasarım ilkelerine göre incelenmesi. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Özel Eğitim Dergisi*, 20 (1), 73-92
- Rao, K., Ok, M. W., & Bryant, B. R. (2014). A review of research on universal design educational models. *Remedial and Special Education*, 35(3), 153–166. <https://doi.org/10.1177/0741932513518980>
- Tobin, T. (2014). Increase online student retention with universal design for learning. *The Quarterly Review of Distance Education*, 15(3), 13–24.
- Wehmeyer, M. L.; Lattin, D. L.; Lapp-Rincker, G. & Agran, M. (2003). Access to the general curriculum of middle students with mental retardation: An observational study. *Remedial and Special Education*, 24(5), 262-272.
- Yavuzarslan, H. (2018). Evrensel tasarıma dayalı öğrenmenin öğrencilerin matematik dersindeki akademik başarılarına ve derse yönelik tutumlarına etkisi (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Bülent Ecevit Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak.
- Yıldırım, A. ve Şimşek, H. (2013). Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri. 9. Baskı. Seçkin Yayıncılık.

TUĞBA COŞKUNER'İN “DÜNYA'NIN SON İNSANLARI” KİTAP SERİSİNİN DEĞERLER EĞİTİMİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Emine SAÇIKARALI

Adıyaman Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Türkçe ve Sosyal Bilimler Eğitimi Ana Bilim Dalı, Türkçe Eğitimi Bilim Dalı, 3005 Altınşehir, Adıyaman

ORCID: 0009-0003-3016-9560

ÖZET

Çocuk edebiyatındaki eserler çocuğun dünyasına hitap eden, estetik zevk barındıran, çocukların seviyesine ve çocuk gerçekliğine göre yazılmış değerler eğitimi aktarmada kullanılan önemli kaynaklardır. Bu araştırma, Tuğba Coşkuner'in Dünyanın Son İnsanları-1 Duvarın Ardı ve Dünyanın Son İnsanları-2 Palanka isimli çocuk kitapları serisini değerler eğitimi bağlamında incelemektedir. Bu amacı gerçekleştirmek için 2024 Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli'ndeki Erdem-Değer-Eylem Çerçevesi kapsamında ele alınan değerler ölçüt alınarak alt amaçlar oluşturulmuştur. Bunun için nitel araştırma yöntemlerinden Doküman incelemesi yoluyla Dünya'nın Son İnsanları kitap serisindeki veriler toplanmış ve betimsel analiz tekniğiyle veriler analiz edilmiştir. Çalışmanın bulgular kısmında serinin birinci kitabı olan Duvarın Ardı adlı çocuk kitabında en sık tekrar edilen değer özgürlük (37) olduğu en az tekrar edilen değer mütevazılık (3) olduğu tespit edilmiştir. Serinin ikinci kitabı olan Palanka adlı çocuk kitabında en sık tekrar edilen değer adalet (36) olduğu en az tekrar edilen değer ise tasarruf (1) olduğu bulgusu elde edilmiş ve değerlerin işleniş biçimi sınıflandırılmış, değerler ayrı başlıklar hâlinde çözümlenmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre yirmi değer tamamı incelenen kitaplarda mevcuttur. Sonuç olarak incelenen iki kitabın değerler eğitimi açısından kullanılabilir olduğu söylenebilir. Değerler eğitimi bakımından zengin olan bu kitaplar, Millî Eğitim Bakanlığı tarafından tavsiye kitaplar listesine alınabilir ve ders kitaplarında ilgili temaya göre yer verilebilir.

Anahtar Kelimeler: Tuğba Coşkuner; Çocuk; Değer; Değerler Eğitimi; Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli.

AN ANALYSIS OF TUĞBA COŞKUNER'S LAST PEOPLE OF THE EARTH BOOK SERIES IN TERMS OF VALUES EDUCATION

ABSTRACT

Children's literature works are important sources used in conveying values education that appeal to the child's world, contain aesthetic pleasure, and are written according to the level and reality of children. The purpose of this research is to examine Tuğba Coşkuner's children's book series named Dünya Son İnsanları-1 Duvarın Ardı and Dünya Son İnsanları-2 Palanka in the

context of values education. In order to achieve this purpose, sub-objectives were created by taking the values addressed within the scope of the Virtue-Value-Action Framework in the 2024 Turkey Century Education Model as criteria. Qualitative research method was used among the research methods. Data were collected through document review and data were analyzed with descriptive analysis technique. In the findings section of the study, the obtained data were classified and the values were analyzed under separate headings. The frequencies of the determined values are shown in the form of a table. According to the findings obtained in the study, all twenty values are present in the examined books. These books, which are rich in terms of values education, can be included in the list of recommended books by the Ministry of National Education and can be included in textbooks according to the relevant theme. Children can learn how to survive and what the concept of friendship and family is from this book.

Keywords: Tuğba Coşkuner; Child; Value; Values Education; Turkey Century Education Model.

KORAY AVCI ÇAKMAN'IN “KIZIL TÜY” ADLI ESERİNDE ENNEAGRAM KİŞİLİK TİPLERİ¹

Yüksek Lisans Öğrencisi, Asuman ULUSOY

Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe Eğitimi Bilim Dalı, Kayseri, Türkiye

ORCID: 0009-0005-6728-8592

Doçent Doktor, Semih ZEKA

Erciyes Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Türkçe Eğitimi Bilim Dalı, Kayseri, Türkiye

ORCID: 0000-0003-2319-5229

ÖZET

Enneagram; insanın doğuştan getirdiği duygusal, fiziksel ve zihinsel yönelimlerinin varlığını kabul eden, bu eğilimlerin çevresel etmenlere göre farklılaşabileceğini ileri süren böylece kendi içinde devinim gösteren çok boyutlu bir kişilik modelidir. Kişilerin temel korku ve motivasyonları, güçlü ve zayıf yönleri ve davranış kalıpları yönüyle ayrışan, dokuz farklı mizaç tipini tanımlayan mizaç teorilerinden biridir. Bu çalışmada Koray Avcı Çakman'ın “Kızıl Tüy” adlı çocuk edebiyatı eserinde yer alan başkişinin kişilik özelliklerinin enneagram kişilik modeline göre incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, bir çocuk edebiyatı eserinin başkişisinin kişilik özelliklerinin enneagram kişilik modeline göre ilk defa incelenmesi yönüyle önem arz etmektedir. Nitel araştırma yöntemi ve bu yöntem içinde yer alan durum çalışması deseni kullanılmıştır. Çalışmada veri toplama aracı olarak doküman incelenmesinden yararlanılmıştır. Veri toplama kaynağı ise Koray Avcı Çakman'ın 2015 yılında yayımlanan Kızıl Tüy adlı çocuk edebiyatı eseridir. Çalışma öncesinde alan yazın araştırılmış ve enneagram kişilik modeli ile ilgili kuramsal çerçeve oluşturulmuş ve bu kuramsal çerçeveden hareketle tema, kategori ve kodlara ulaşılmıştır. Verilerin çözümlenmesinde tümdengelimli içerik analizi kullanılmış, eser önceden belirlenen tema, kategori ve kodlar üzerinden incelenmiştir. Sonuç olarak “Kızıl Tüy” adlı romanda enneagram kişilik modeli bağlamında başkişi Arşi'nin ana mizacının mizaç 7, kanat mizacının mizaç 6, stres hattının mizaç 1, rahatlama hattının mizaç 5 olduğu tespit edilmiştir. Eser başkişisinin söz ve davranışlarından elde edilen bulguların enneagram kişilik modelinin teorik çerçevesine uyumlu olduğu görülmüştür. Bu yönüyle gerçek kişilerin mizacını bulmaya yönelik olan bu modelin kurgusal kişiler üzerinde uygulanabilirliği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Enneagram Kişilik Modeli, Çocuk Edebiyatı, Koray Avcı Çakman

¹ Bu çalışma, Asuman ULUSOY'un Doç. Dr. Semih ZEKA'nın danışmanlığında yürüttüğü “Koray Avcı Çakman'ın Çocuk Edebiyatı Eserlerinde Enneagram Kişilik Tipleri” başlıklı yüksek lisans tezinden yararlanılarak üretilmiştir.

KORAY AVCI ÇAKMAN'S WORK TITLED “RED FEATHER” AND THE ENNEAGRAM PERSONALITY TYPES

SUMMARY

The Enneagram is a personality model that says people are born with certain emotional, physical, and mental tendencies. These tendencies can change because of the environment. The Enneagram explains nine different personality types, each with its own fears, motivations, strengths, weaknesses, and behavior patterns. The aim of this study is to examine the personality of the main character in Koray Avcı Çakman's children's book “Kızıl Tüy” using the Enneagram personality model. This study is important because it is the first time a main character in a children's book has been studied with this model. A qualitative research method and a case study design were used. Document analysis was the data collection tool. The data source was the children's book “Kızıl Tüy”, published in 2015. Before the study, the literature was reviewed, and a theoretical background about the Enneagram was created. From this background, themes, categories, and codes were identified. Deductive content analysis was used to examine the data. The book was analyzed using these predetermined themes, categories, and codes. As a result, the main character Arşi in “Kızıl Tüy” was found to have a main Enneagram type of 7, a wing type of 6, a stress line of type 1, and a relaxation line of type 5. The findings from the character's words and actions matched the theoretical information of the Enneagram model. This shows that the Enneagram model, which is usually used for real people, can also be used for fictional characters.

Keywords: Enneagram Personality Model, Children's Literature, Koray Avcı Çakman

OSMANLIDA ÇOCUKLARIN OKUL ÖNCESİ DÖNEMDEKİ DİL GELİŞİMİ: MÜEDDEP DAYENİN EĞİTİMCİ ROLÜ**Bilal UYSAL**

Afyon Kocatepe University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education 03204 Merkez/Afyonkarahisar

ORCID: 0000-0002-7198-8760**Arş. Gör. Zeynep YİĞİT***

Afyon Kocatepe University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education 03204 Merkez/Afyonkarahisar

*Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Türkçe Eğitimi Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi
<https://ror.org/04ttnw109>**ORCID:** 0000-0001-5405-2058**ÖZET**

Eğitim öğretim faaliyeti, tarih boyunca formal ve informal olarak farklı biçimlerde varlığını sürdürmüştür. İnsan yaşamının çeşitli gelişim evrelerinde bireyin ve dönemin ihtiyaçları doğrultusunda farklı eğitim ortamları ortaya çıkmıştır. Özellikle erken çocukluk döneminde dil, üslup, edep ve davranış örüntülerine odaklanan bazı özgün eğitimci figürlerinin belirginleştiği görülmektedir. Osmanlı Dönemi'nde okul öncesi dönem eğitime verilen önem bu bağlamda dikkat çekmektedir. Özellikle yüksek zümre ailelerde çocuğun doğumundan yetişkinliğine kadar ona eşlik edecek rehberler, hocalar temin edilmiştir. Lala ve daye gibi şahsiyetler bu eğitim sürecinde önemli rol oynamıştır. Daye, süt anneliği ifade eden genel bir konuma işaret etmekle birlikte özellikle çocukların okul öncesi eğitim ve terbiyesiyle görevlendirilen kişilere *müeddep daye* denildiği görülmektedir. Bu çalışmada *müeddep daye* olarak adlandırılan eğitimci kimliğine ve bu doğrultuda benimsenen eğitim anlayışına odaklanılmıştır. Nitel bir yöntemle hazırlanan araştırmada doküman incelemesiyle elde edilen verilerden hareketle şu hususlar ele alınmıştır: Ailelerin çocukları için müeddep daye seçerken dikkat ettiği ölçütler, Osmanlıda bu eğitimcilere verilen değer göstergeleri, bu müessesenin modern öğrenme kuramlarıyla ilişkisi, erken çocukluk döneminde dil gelişimi ve olası müeddep daye etkisi. Çalışma sonunda Osmanlı eğitim-öğretim anlayışında çocuğun 4 yaş 4 ay 4 günlük olmasına atfedilen anlamın ve okul öncesi dönemden başlayarak ömür boyu devam eden, müeddep dayenin dahil olduğu eğitim ortamının modern yaklaşımlardan Bandura'nın *sosyal öğrenme kuramı* ile Lenneberg'in *kritik yaş varsayımı* kuramlarıyla ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir. Ayrıca şehzadeler için görevlendirilen müeddep dayelerden bazılarının (Hubbi Hatun, Afife Hatun) örnek verilerek bu dayelerin dil becerilerindeki yeteneklerine dikkat çekilmiştir. Nitekim belirtilen dayelerin himayesinde yetişen şehzadelerin de şiir ve sanatta kendilerini yetiştirerek önemli eserler verdikleri görülmüştür. Kültürel temeller ve tarihi tecrübe göz önüne alınarak eğitimci profillerine yönelik önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Erken çocukluk eğitimi, müeddep daye, geleneksel eğitim

CULTURAL FOUNDATIONS OF LANGUAGE EDUCATION: THE EDUCATIONAL FUNCTION OF THE MÜEDDEB DAYE

ABSTRACT

Educational activities have existed throughout history in various formal and informal forms. Different educational environments have emerged in line with the needs of individuals and the era at various stages of human development. Particularly in early childhood, certain unique educational figures have emerged who focus on language, style, manners, and behavioral patterns. The importance given to preschool education during the Ottoman period is noteworthy in this context. Especially in upper-class families, guides and teachers were provided to accompany the child from birth to adulthood. Personalities such as the lala and the daye played important roles in this educational process. While the concept of daye refers to a general position encompassing wet nursing, it is seen that people specifically tasked with the preschool education and upbringing of children were called “müeddep daye.” This study focuses on the educational identity referred to as “müeddep daye” and the educational approach adopted in this direction. Prepared using a qualitative method, the study examines the following issues based on data obtained from document analysis: the criteria families considered when choosing a müeddep daye for their children, indicators of the value placed on these educators in the Ottoman Empire, the relationship between this institution and modern learning theories, language development in early childhood, and the possible influence of the müeddep daye. At the end of the study, it was noted that the meaning attributed to a child being 4 years, 4 months, and 4 days old in the Ottoman education and teaching approach, and the educational environment that continues throughout life starting from the preschool period and includes the müeddep dayi, can be related to modern approaches such as Bandura's social learning theory and Lenneberg's “critical age assumption” theory. Furthermore, examples were given of some of the tutors assigned to the princes (Hubbi Hatun, Afife Hatun), drawing attention to these tutors' talents in poetry and language skills. Indeed, it has been observed that the princes raised under the patronage of the aforementioned tutors cultivated themselves in poetry and art and produced important works. Recommendations were made regarding the profiles of educators, taking into account cultural foundations and historical experience.

Keywords: Early childhood education, müeddep daye, traditional education

1. GİRİŞ

Eğitim öğretim süreçleri ve bu süreçlerde rol alan eğitimci kimlikleri tarih boyunca çeşitli şekillerle işlevini sürdürmüştür. Her dönem; içinde bulunduğu çağın gereklilikleri, öncelikleri, kültür ve insan yetiştirme anlayışına göre eğitim süreçlerini biçimlendirmiştir. Formal ve

informal olarak sınıflandırılabilen eğitim-öğretim süreçleri günümüze kadar pek çok aşamadan geçmiştir. Tarihte bu yönde faaliyet gösteren çeşitli örneklerle karşılaşılmalıdır. Türk'e (2011, s. 161) göre Osmanlıda formal eğitim kurumlarına Sıbyan Mektepleri, medreseler, Enderun Saray Okulu, Şehzadegan Mektepleri rüştiyeler, idadiler örnek verilebilir. Arşivlerde yer alan daye, lala, mürebbiye gibi şahsiyetlerin verdiği eğitim süreci de informal eğitimdeki örnekler arasında sayılabilir. Belirtilen eğitimcilerin daha çok erken çocukluk döneminde etkin olduğu, çocukların okul öncesi eğitim süreçlerinde görevlendirildikleri görülmektedir. Dayelerin, lalaların ve mürebbiyelerin çocuğun doğumundan yetişkinliğine kadar rehberlik görevini üstlenen, çocuğun hayatına eşlik eden ve çocuğun hayata dair önemli becerileri edinmesinde rol oynayan kişiler olduğu söylenebilir.

Osmanlı Dönemi'nde dayeler bakım görevlerinin yanı sıra şehzade eğitiminden üst düzey ailelerin çocuklarının eğitimine kadar görev almış bir kadın eğitimci figürü olmasıyla öne çıkar. "Daye, çocuğa bakan cariyeye ve kadın manalarına gelen bir tabirdir. Çocuğa süt emzirmek için alınan yahut tutulan cariyeye kadındır ki harf değişikliği ile taye de denir" (Pakalın, 1983, s. 407). Cengiz (2020, s. 6), dayelerin genellikle sarayda yaygın olarak görüldüğünü, bir şehzade veya sultan doğduğunda anneye destek olması ve çocuğu sütüyle beslemesi için görevlendirildiğini, bu kadınların rastgele seçilmediğini, iyi aileden gelmesine dikkat edildiğini ve saygın konumda olduklarını ifade etmiştir. Ahlak-ı Alai adlı eserde dayelerin sağlıklı bir bünyeye sahip olmasına bununla beraber akıllı, güzel ahlaklı kişiler olmalarına ve çocuklara mektepten ayrı bir eğitim vermeleri gerektiğine dikkat çekilmiştir (Koç, 2007, s. 367). Ayrıca Vâkıât-ı Sultan Cem adlı eserde Fatih Sultan Mehmet'in oğlu Cem Sultan'a seçilen dayeden *mü'eddibe daye* tamlamasıyla söz edilmiştir (Haydar Bey, 1330, aktaran Çeken, 2017, s. 41). Bu ifadede dayelik görevi *mü'eddibe* sıfatıyla beraber sunularak dadının edep, usul ve üslup bilgisine haiz olması gerekliliği vurgulanmış; dayenin bir okul öncesi dönemi eğitimcisi olarak bu vasfı öne çıkarılmıştır.

Şehzadelerin eğitilmesi ve yetiştirilmesinde büyük rolü olan dayeler el üstünde tutulurdu nitekim bu dayelerin çocukları sultan ve şehzadelerin süt kardeşi sayılırdı (Taş, 2014, s. 12). Aynı zamanda Taş (2014, s. 12) şehzadelerin eğitiminde dayelerin önemli bir konuma sahip olduğunu öyle ki şehzadelerin evlilik süreçlerinde dayelerin de söz sahibi olup şehzadelere kız istemeye gidenler arasında onların da yer aldığını belirtmiştir. "Osmanlı şehzadesi, doğduğu andan itibaren valide sultanın yanı sıra onun gözetimi ve denetimi altında çok sayıda görevli tarafından bakılmakta geleceğin hükümdar adayına layık bir çocukluk evresi geçirmekteydi. Küçük yaştan itibaren başta süt anne (daye) olmak üzere bakımıyla ilgilenen cariyeler

bulunurdu’’ (Kırpık, 2016, s. 37). Osmanlıda şehzadelere uygulanmış olan hem sancağa çıkma usulünde hem kafes sisteminde dayelerin işlevini sürdürdüğü görülmektedir. Kırpık, (2016, s. 56) kafes sisteminin uygulandığı dönemde de küçük yaştaki şehzadelerin dayeleri (süt anneleri) nezaretinde Topkapı Sarayı’nda bulunduklarını söyler. Öte yandan bazı kaynaklarda Osmanlıların sütüne, daye deyişiyle dadının karıştırıldığı belirtilerek sütninenin, çocuğu emzirme süresi olan iki-iki buçuk yıl kadar sarayda bulunduğu, çocuk süttten kesilince ayrıldığı vurgulanmıştır. Dadının ise saraya daha önce alınmış, saray terbiyesini öğrenmiş, iyi ahlaklı ve akıllı kalfa cariyelerden seçildiği, çocuğun bakımını yapmanın yanı sıra masallar anlatarak uyutmak gibi görevleri olduğu bu nedenle saraylı çocuğun, annenin ve dadı kalfanın terbiyesiyle yetişmiş, kibar bir insan olduğu belirtilmiştir (Tezcan, 2006, s. 152).

Şehzade ve sultanların eğitiminde farklı dönemlerde pek çok daye görevlendirilmişse de kaynaklarda genellikle dayelerin özel isimlerinin belirtilmediği görülmektedir. Bu konumdaki kişilere ortak bir hitapla *Daye Hatun* denilmiştir. Şehzade eğitimi sürecinde önemli rol oynayan benzer eğitimcilerden *lala* figürüne dair kaynaklarda detaylı bilgilere ulaşılsa da dayeler için aynı durum söz konusu değildir. Bu durumun sebepleri arasında dayelerin kadın eğitimcilerden oluşması ve kadının sosyal hayattaki yeri ile dönemin sosyal dinamiklerinin kadınlara dair verileri mahremiyet çerçevesinde muhafaza etmeye yönelik olması düşünülebilir. Bununla beraber, Osmanlı tarih yazıcılığında yer alan dolaylı bilgiler, dayelerin kimlikleri ve çocuk eğitimindeki rollerine dair önemli ipuçları sunmaktadır. Kaynaklarda dayelerin çocuğun okul öncesi döneminde aktif oldukları ve sonrasında da rehberlik görevlerini sürdürdükleri görülmektedir. Osmanlı geleneğinde çocuk 4 yaş 4 ay 4 günlük olunca mektebe başlar ve bu gün Âmin Alayı-Bed’i Besmele denilen törenlerle kutlanırdı. (Ahioğlu Linberg, 2012; Erkut vd., 2017; İçer, 2010; Kırpık, 2016; Uysal ve Dünmez, 2025) Abdülaziz Bey² (1995, s. 58), güzel giydirilmiş çocukla annesinin bu törene diğer hanımları ve tanıdık kişileri davet ettiğini bu davet sırasında çocuğun dayesinin de onlara eşlik ettiğini belirtir. Böyle önemli bir merasimde dayenin aileye eşlik etmesi, dayenin ailedeki ve çocuğun yanındaki konumu açısından dikkat çekicidir.

Dayelerin çocuklar ilk mektebe başlamadan önce gördükleri işlev o dönemde erken çocukluk dönemi eğitimi için informal bir sistem geliştirildiğini göstermektedir. “Erken çocukluk döneminin, gelişim açısından önemi bilinmektedir. Okul öncesi eğitimi, bireylerin okul ve

² Abdülaziz Bey (1995). Osmanlı Âdet, Merasim ve Tabirleri: Âdât ve Merâsim-i Kadîme, Tabîrât Ve Muâmelât-ı Kavmiyye-i Osmâniyye. Yayına Hazırlayanlar: Prof. Dr. Kâzım Arısan, Duygu Arısan Günay, Tarih Vakfı Yayınları, 2.cilt, İstanbul, XIX+609 s. ISBN 975-333-024-3.

gelecekteki yaşamlarında başarılı ve mutlu olmalarına temel oluşturmaktadır” (Vural ve Altun, 2017, s. 216). Çocuğun dil gelişimi ve düşünme becerilerinin şekillenmesinde okul öncesi dönemde çevresindeki yetişkin bireylerle kurduğu iletişim ve etkileşim ortamı önemli rol oynar. Okul öncesi eğitim kurumlarında öğretmenlerin ve bakım verenlerin çocukların gelişim alanlarına yönelik uygulamalarının, çocukların bilişsel, sosyal-duygusal ve dil gelişimlerine önemli katkılar sağladığı bilinmektedir. (Uslu, 2020) Head Zauche vd. (2006, s. 326) çalışmalarında bakım verenin konuşmasının kalitesinin, çocuklarda dil gelişiminin farklı seyrini açıkladığını vurgulayarak bakım verenin dil becerileri ve çocuğun dilsel gelişimi arasındaki ilişkiye dikkat çekmiştir. Aynı zamanda araştırmada çocuğun hem dilsel hem bilişsel gelişimi için bakımverenlerle zengin ve etkileşimli konuşmalar yapılmasının gerekliliği üzerinde durulmuştur. Çocuğun dil gelişimini olumlu etkileyen unsurlar arasında ona sunulan sözcük çeşitliliği, konuşma miktarı, tonlama, prosodi gibi dilsel özelliklerin yanında bakımveren kişinin çocuğa yönelik duyarlı ve destekleyici bir tutum sergilemesi de öne çıkar. (Head Zauche vd., 2006) Çocuğun biyolojik kapasitesine ek olarak çevresel faktörlerin ve eğitim sürecinin gelişim üzerindeki etkisi tarih boyunca fark edilmiş ve bu yönde çeşitli eğitimci figürleri oluşturulmuştur. Toplumun üst kesimindeki ailelerin; çocukları için doğumdan itibaren dayeler, mürebbiyeler görevlendirerek bu gelişimi destekleme yönünde adımlar attığı görülmektedir. Özellikle çocukların erken dönemde konuşmasının desteklenmesi, doğru düşünce ve davranış kabiliyeti edinmesi, usul ve üslup becerisi edinmesi amacıyla bu dönemdeki görevliler rastgele seçilmemektedir. Alanyazında bakımveren özelliğiyle bilinen bu kişilerin eğitimci yönlerini, erken çocukluk dönemi ve dil gelişimi bağlamında ele alan bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu araştırma; Osmanlı Dönemi’nde okul öncesi evrede eğitimci rolünü üstlenen bireylere odaklanmayı, bu dönemde önemli rol oynamasıyla bilinen bir kadın eğitimci figürü olan *müeddep daye*’yi erken çocukluk ve dil eğitimi bağlamında ele almayı amaçlamaktadır. Çalışma eğitim tarihimizdeki birikime katkı sunması ve sosyal gelişim kuramı doğrultusunda günümüz informal eğitimi ve erken çocukluk dönemi eğitimine ışık tutması, dilsel-bilişsel gelişim bağlantıları üzerinde durması bakımından önem taşımaktadır.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın deseni: Çalışmada nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. “Nitel araştırma dünyayı yansıtır. En saf hâlinde diğerleri tarafından önceden bilinmeyen veya fark edilmeyen unsurları ortaya çıkarır” (Berg ve Lune, 2019, s. 409).

2.2. Verilerin toplanması ve analizi: Veriler çalışmanın amacı doğrultusunda oluşturulan anahtar kelimeler aracılığıyla sanal veri tabanlarından, basılı kitap ve yayınlardan toplanmıştır.

Toplanan veriler belli temalar altında kategorize edilmiş ve çalışmanın bağlamı içerisinde sunulmuştur. Nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi kullanılarak yapılan bu araştırmanın verileri içerik analizi ile analiz edilmiştir. “Doküman incelemesi bir araştırma yöntemi olarak araştırmaya konu olan materyallerin detaylı incelenmesi esasına dayanmaktadır” (Kotan, 2024, s. 907). İçerik analizinde ise elde edilen bilgilerden “birbirine benzediği ve birbiri ile ilişkisi olduğu tespit edilen veriler (kodlar) belirli kavramlar (kategoriler) ve temalar çerçevesinde bir araya getirilerek yorumlanır” (Baltacı, 2019, s. 377).

2.3. Veri toplama araçları: Veriler; ansiklopediler, sözlükler, kitaplar, sanal veri tabanları, tez ve makaleler aracılığıyla toplanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Şehzadelerin eğitiminde daye ve lalaların rolü

Çocuğun okula başlamadan önce aldığı eğitimde ailenin yanı sıra daye ve lalalar da önemli bir yere sahipti. “İlk eğitimlerini annelerinden, daye ve lalarından alan şehzadeler, beş-altı yaşlarına geldiklerinde Âmin Alayı ve Bed’- i Besmele törenleri ile eğitime başlardı” (Kırpık, 2016, s. 84). Çocuğun okul çağına gelene kadar maruz kaldığı uyaranlar, aile dışında büyük ölçüde dayeler ve lalalar etrafında şekillenmekteydi. Kadın ve erkek eğitimci rollerinde görülen bu şahsiyetler benzer noktaları referans alırlar ve hayata dair çeşitli konularda çocuklara rehberlik ederlerdi. Örneğin Abdülaziz Bey³ (1995, s. 56) Osmanlı Âdet, Merasim ve Tabirleri eserinde lalaların çocuklara kahramanlık, mertlik, yiğitlik gibi duyguları aşlamak için bu konuları anlamalarına yardımcı olacak kitaplar okuduğundan bahsetmektedir. Ayrıca çocuklar idare ve terbiyeleri için kendilerine emanet edileceğinden dayeler gibi lalaların da “çocuk terbiyesinde muvaffak olacak şekilde ahlak ve fazilet sahibi, temiz, dürüst, daha önce tecrübe edilmiş, itimada layık, ahlakı ve her hareketi bilinen kişilerden seçilmelerine titizlikle dikkat edilirdi” (Abdülaziz Bey, 1995, s. 23).

Daye ile lalanın birbirinin neredeyse mütemmim bir cüzü olduğunu gösteren başka bir örnek de on altıncı yüzyılda yine bir Türk devleti olan Safavilerde karşımıza çıkıyor. İki devlet arasında sulh temin etmek gayesiyle Osmanlılar tarafına gönderilen yaşça küçük olduğu anlaşılan şehzade Haydar Mirza’nın yanında lalası Şahım Kulu Halife ile dayesi de birlikte gönderilmişti (Selânikî Mustafa, 1989, aktaran Taş, 2014 s. 12).

³ Abdülaziz Bey (1995). Osmanlı Âdet, Merasim ve Tabirleri: Âdât ve Merâsim-i Kadîme, Tabîrât Ve Muâmelât-ı Kavmiyye-i Osmâniyye. Yayına Hazırlayanlar: Prof. Dr. Kâzım Arısan, Duygu Arısan Günay, Tarih Vakfı Yayınları, 2.cilt, İstanbul, XIX+609 s. ISBN 975-333-024-3.

Ayrıca şehzadelerin lalarına tıpkı babaları gibi saygı duydukları, padişah olduklarında da onlara hürmetlerinin devam ettiği bilinmektedir. Şehzadelerin dayelerinin genellikle lalarla evli olması, bu saygı ilişkisinin nedenleri arasında gösterilebilir. (Taş, 2014) Aynı zamanda lalalık kökleri eskiye dayanan bir müessesedir. “Lala, Türkler arasında çok eskiden beri var olan atabek (vilayetleri yöneten vali) karşılığı olarak kullanılmıştır. Lala, henüz erginliğe ulaşmamış şehzadeye gerekli bilgileri verir, terbiyesiyle uğraşır, yönlendirirdi” (İçer, 2010, s. 116).

3.2. Daye seçilirken dikkat edilen hususlar

Yukarıda da belirtildiği gibi erken çocukluk evresinde eğitimci vasfı taşıyan dayeler seçilirken bazı özellikler dikkate alınırdı. Kınalızâde Ali Çelebi, Ahlâk-ı Alâî adlı eserinde “dayenin sağlıklı bir bünyeye sahip olmasının yanı sıra, kusursuz bir akıl ve selîm bir yaratılış üzere olması gerektiği; sütün sirayet edici oluşu sebebiyle çocuğun dayenin ahlâkıyla ahlâklanacağını” ifade etmektedir (Koç, 2007, s. 367). Kınalızâde Ali Çelebi’nin şu ifadeleri; mektepte öğrenim görmeyen çocukların güzel ahlâka ve edebe sahip, terbiyesiyle övülen kişilerle öğrenim görmesinin faydalarına, bunun çocuklara olgunluk ve güzel huy kazandırma potansiyeline dikkat çekmektedir: *Ve mektebde ta’lîm etmeyeler, ammâ hulk u edebi müstahsen olan merdüm-zâdelerle bile hemders ü ta’lîm olunsa -ki anlardan kesb-i kemâl ve hulk-u hasen tahsîl etmek ihtimâli ola- mücevvezdir, ammâ bu zemânda kalîlü’l-vücûddur* (s. 367).

Vâkı’ât-ı Sultân Cem adlı eserde Fatih Sultan Mehmet’in oğlu Cem Sultan için seçilen daye mü’eddibe daye olarak nitelendirilmiştir:

Çelebî bin Orhan bin ‘Osmân han askanahümü-İlâhu firiyâzi-l cenân hazretleri konstantiniyyeyi feth etdükden sonra sene¹⁹ arba’a ve sittîn ve semânemi’e yılının saferinün yegirmi yedecisinde şenbe günü geceden bir sâ’at kaldukda oğlu Sultan Cem Edirne şehrinde dünyaya geldi pes mü’eddibe dâyelerle terbiye olındı tâ şol vakt ki dört yıl dört aylık oluncak mu’ allime verildi tâ ki ‘ilm ü edeb öğrene andan sonra salasa ve seb’in ve semâne yılının recebinün evâ’ilinde Kastamonî Sancağına ya’nî Candar tahtına gönderildi tokuz yaşında idi anda tahsil-i ‘ilm ü edebe meşgul idi andan sonra

(Haydar Bey, 1563, s. 1).

Buradan “Sultan Cem’in eğitimli dadılar tarafından terbiye edildiği daha sonra dört yıl dört ay dört günlük olunca da ilim öğrenmesi için öğretmene verildiği” anlaşılmaktadır (Çeken, 2017, s. 41).

Ayrıca “daye kadın, donuk ve hareketsiz bir tip değildir. Her şeyden önce bir kadın olması sebebiyle şekillendiren ve yön verendir. Çünkü o, aynı zamanda ‘bilge’dir. Çünkü daye, her kadının doğuştan gelen sezgisel bilgeliğini taşır. Onun bilgeliği pratik, taktikleri soğukkanlı ve kararlıdır” (Tanrıbuyurdu ve Karavar, 2021, s. 34).

Klasik Türk Edebiyatı’nda bazı beyitlerde dayeden söz edildiği görülmektedir. Örneğin aşağıdaki beyitte şair dayenin şefkatli ve koruyucu yaklaşımına atıfta bulunmuştur:

“Ki oldı şefkatile aña daye

Eliyle kıldı ki üstine sâye” (E. Şâhidî, Leylâ vü Mecnûn, b.3736).

3.3. Dayelere verilen önem

Dayeler yetiştirdikleri çocuklar tarafından daima saygı görmüşler ve ailenin bir ferdi sayılmışlardır. Pek çok şehzade büyüdüğünde dayeleri adına vakıf eserleri yaptırmıştır. Bunlara örnek olarak Çelebi Mehmet’in Bursa’da yaptırdığı Daye Hatun Camii, III. Mehmet’in dayesi Halime Hatun adına Manisa’da yaptırdığı camii verilebilir. (Engin, 2009; Kültür ve Turizm Bakanlığı)

Daye Hatunun, Çelebi Mehmet’in sütannesi olması dışında saray çevresinden olmamasına rağmen kendisinde saray mensubu diğer kadınlar gibi yapı yaptırması statüsünün yüksek olduğunu açıklar mahiyettedir. Çelebi Mehmet, Dayesine (sütannesine) bu konuda söz hakkı tanımış ve ekonomik anlamdaki bağımsızlığı Daye Hatuna sağlamış olduğu görülmektedir (Engin, 2009, s. 1).

Ayrıca bazı şiirlerde dayelerden söz edilmesi onlara yönelik yaklaşımı yansıtmaktadır. Örneğin Vâlî’nin *Hüsn-ü Dil* mesnevisinde yer alan kahraman, dayesine şöyle hitap etmektedir:

“Ey daye-i mâder-i’timâdum

Senden ne hafî gerek murâdum” (b.2037)

Bu ifadeler dayenin güvenilirliğini yansıtmaktadır; aynı zamanda kahramanın dayesini adeta öz annesiyle bir tuttuğunu göstermesi bakımından da önemlidir (Tanrıbuyurdu ve Karavar, 2021, s. 34).

3.4. Dil ediniminde kritik yaş varsayımı

Osmanlı geleneğinde okula başlama yaşı 4 yaş 4 ay 4 gündü (Aksoy, 1968, s. 20). Osmanlı dönemine ait kaynaklarda çocukların okula başlama yaşı ve okula başlama merasimleri ile ilgili betimlemelere sıklıkla rastlanmaktadır. Okula başlama yaşının *4 yaş 4 ay 4 gün* biçiminde tanımlandığı ve çocukların bu yaşa geldikleri gün okula başladığı görülmektedir. “Buradan Osmanlıda tüm çocuklar için bir açılış zamanının olmadığı anlaşılmaktadır. Çocuk belirtilen yaşa geldiği gün, ‘Mektep Cemiyeti’ ya da ‘Amin Alayı’ olarak adlandırılan bir törenle okula

başladığı ve bu tören yoluyla da çocuğun okula başladığının topluma duyurulduğu görülmektedir” (Ahioğlu Linberg, 2012, s. 47). Okul bilincinin oluşmasını sağlayan bu tören “şehzadeler için ise bir düğün kadar ciddiye alınırdı. Tören için İstanbul’daki çok özel mekânlar seçilir, törene padişah ve devlet erkânı da katılırdı” (Türkoğlu, 1997, s. 112 aktaran Erkut vd. 2017, s. 26).

Çağdaş dönemde de benzer şekilde çocuğun bilişsel ve dilsel gelişimi üzerinde yaş temelli kuramlar ortaya konulmuştur. Örneğin Lenneberg dil ediniminde *kritik yaş* varsayımından söz eder. Lenneberg’e göre “Dil, olgunlaşma ve kendinden programlanmış öğrenmenin (self-programmed learning) etkileşime geçmesiyle, iki-üç yaşları arasında ortaya çıkmaya başlar. Üç yaş ile ergenliğin başları arasında geçen sürede anadili edinimi şansı yüksek seyreder. Birey, bu dönemde dilsel girdiye karşı yüksek hassasiyet sergiler” (Önal, 2018, s. 241).

Bu varsayıma göre dil ediniminin kolay bir şekilde sağlanması için bir yaş sınırı belirlenmiştir. Buna kritik dönem adı verilmiştir. Beynin plastik yapısı ergenlikten önce esnek ve yumuşak olduğu için bu dönemden önce dili çalışmaya başlamak dil edinimi için bir avantajdır. Erken çocukluk dönemi gelişim tüm alanlarda hızlı bir şekilde gerçekleştiği bir dönemdir. Dil gelişiminin de oldukça hızlı olduğu bu dönemde çocukların desteklenmesi sonucunda hem sosyal hem de zihinsel gelişim gözlemlenmektedir. (Çetin, 2023, s.79)

Ayrıca Rogers da erken çocukluk döneminde dil ve sosyalizasyon ilişkisini incelediği çalışmasında, dil gelişiminin sadece bireysel bir süreçle sınırlı olmadığını, çocuğun var olduğu toplumsal ve kültürel çevreyle sürekli bir etkileşim içinde gerçekleştiğini vurgulamaktadır. (Rogers, 1975) Çetin, Bandura’nın ortaya koyduğu sosyal öğrenme kuramının dilin ediniminin taklit ve tekrarlarla öğrenildiği görüşüne dayandığını ifade ederek bu kurama göre bebeklerin dil kazanımının doğumdan itibaren çevreyle kurulan etkileşime bağlı olduğunu belirtmiştir (2023, s. 76).

Vural ve Altun (2017), okul öncesi öğretmenlerinin görüşlerine odaklandıkları çalışmalarında okul öncesi dönemde düşünme becerilerinin gelişimi için de eğitim-öğretim ortamının, sosyal etkileşimin ve fiziksel çevrenin etkili olduğu; öğretmenin rehber ve model konumunun önemli olduğu sonucuna ulaşmıştır. Bu doğrultuda okul öncesi dönemde çocuğa rehberlik eden önemli bir figür olarak bilinen dayenin çocuklar üzerindeki etkisi çok boyutlu olarak değerlendirilebilir.

3. 5. Erken çocukluk döneminde dil eğitimi ve dayelerin rolü

Çeşitli özellikler göz önüne alınarak dayelerin görevlendirildiği düşünüldüğünde bu eğitimcilerin çocukların dil gelişimi üzerinde etkisinin olmadığı düşünülemez. Çocukla belli

bir yaşa kadar en fazla etkileşimi kuran kişi olması, çocuğa sunulan dilsel girdilerin büyük bölümünde aktif olması dayeliğin dil becerilerinin gelişimi üzerindeki rolünü düşündürmektedir. Nitekim *mü'eddibe (edepli) daye* vurgusuyla anılan bu eğitimci profilinin dil, konuşma adap ve erkanına da sahip olması kaçınılmazdır. Tarihi kaynaklarda adı çokça geçen dayelerden Hubbi Ayşe Hatun'un şairliğiyle öne çıkması, Klasik Türk Edebiyatı'na ait başarılı şiirlere imza atması onun dil yönünün ne kadar kuvvetli olduğunun kanıtıdır. Öyle ki onun yetiştirdiği şehzade II. Selim'in de şair ve sanata meyyal olduğu bilinmektedir. "II. Selim'in divanı olmamakla birlikte şiirleri divan edebiyatının güzel örnekleri arasında zikredilir. Kız kardeşi Mihrimah Sultan, zevcelerinden Nurbânû Sultan ve musâhibi, aynı zamanda dadısı şair Hubbî (Ayşe) Hatun'un tesirinde kaldığı da ifade edilmiştir" (Emecen, 2025). Aynı zamanda III. Murad'ın nedimesi olan Hubbî Ayşe Hatun bu önemli görevini yürütürken, II. Selim ve III. Murad dönemindeki şairlerden olmuştur. "Nedimelik görevinin yanında, III. Murad'a nazireler yazmış, hatta zamanında onun nazireleri sultan III. Murad'ın şiirlerinden daha başarılı bulunmuştur" (Simitçioğlu, 2024). Kanunî Sultan Süleyman'ın dayesi ve Beşiktaşlı Yahya Efendi'nin annesi olarak bilinen Afife Hatun'un da dilsel, bilişsel birikimini himayesindeki her iki çocuğa yansıttığı söylenebilir. Kanunî'nin padişahlığının yanında *Muhibbi* mahlasıyla yazdığı şiirlerle, divanıyla tarihe geçmesi ve süt kardeşi Yahyâ Efendi'nin *Müderriş* mahlasıyla yazdığı şiirlerin ölümünden sonra bir divan hâlinde derlenmesi tesadüf değildir. Lowry (1990), "Yahyâ Efendi ile 'Muhibbî' mahlasını kullanan Kanûnî Sultan Süleyman'ın şiire Trabzon'daki çocukluk yıllarında başladıklarını" söyler (Lowry, 1990, aktaran Şahin, 2025).

Sarayda harem dairesinde yaşayanlar arasında sultanlar, şehzadeler ve dayelerin de bulunduğu belirtilmektedir. Kaynaklar incelendiğinde haremde çeşitli konularda eğitim ortamları oluşturulduğu ve nakış, el işi öğretiminden sanat, musikiye kadar farklı alanlarda dersler verildiği, bu alanlarda yetkin muallim ve muallimelerin saraya davet edildiği görülmektedir. Haremde verilen dersler arasında Türkçe konuşma ve okuma dersleri de yer almaktadır. (Kocaaslan, 2019) Çocukların ilk dil eğitimi sürecinde dayelerin rolü, yalnızca dilsel girdinin sağlanmasıyla sınırlı değildir; aynı zamanda, çocukların sosyal, kültürel ve bilişsel gelişimlerine de katkı sunmaktadır.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Tüm bu bulgular ışığında, okul öncesi eğitim sürecinde bir nevi ebeveyn rolü üstlenen Dayenin, çocuğun konuşma ve düşünme becerilerinin geliştirilmesinde kritik bir rol oynadığı söylenebilir. Dayenin çocuğa sunduğu dilsel girdiler, sosyal etkileşimler, rehberlik ve model

olma davranışları, çocuğun gelişiminde belirleyici bir etkiye sahiptir. Okul öncesi dönemde çocuğun gelişimini desteklemek için, bakım verenlerin bilinçli ve nitelikli uygulamalar gerçekleştirmesi, çocuğun potansiyelini en üst düzeye çıkarmasına katkı sağlayacaktır. Bu bağlamda, Dayenin çocuk eğitiminde üstlendiği rolün, okul öncesi eğitim sürecinin bütüncül ve çok boyutlu yapısı içerisinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Bununla beraber dayelerin saray içindeki konumu zamanla güçlenmiştir, hatta bazı dönemlerde valide sultanlardan sonra gelen en etkili kadın figürler arasında yer almışlardır.

Aileler ve erken çocukluk dönemi bakıcıları, bilgi, eğitim ve beceri geliştirme için kilit bir hedef olmalıdır. Çocuğun hayatına en başından itibaren entegre edilebilecek, dil açısından zengin etkileşimlerin gücünü ve becerisini öğretmek, çocuğun daha sonraki dil gelişimi ve yeterliliği için mümkün olan en güçlü temeli oluşturur. (Head Zauche vd., 2006, s. 330).

Daye ve lalalık görevini üstlenen kişiler de erken çocukluk döneminde çocukların hayatına girmekte ve onların dilsel gelişimlerine dolaylı veya doğrudan katkıda bulunmaktadır. Dayelerin çeşitli ölçütlere göre seçilmesi ve bilişsel, duyuşsal, davranışsal yönlerinin iyi olmasına dikkat edilmesi; çocuk rehberliği ile erken çocuklukta rol-model olma işlevi açısından anlamlı bir yaklaşım olduğunu göstermektedir. Çünkü çocukların KENDİSİNE bakım verenin rehberliğinde sorular sorarak yeni kavramlar öğrendiği, düşüncelerini ifade ettiği vurgulanmaktadır. (Vural ve Altun, 2017) Şair dayelerin yetiştirdikleri çocukların da şiire yatkın olması örneklerinden hareketle bu eğitimcilerin çocukların geleceğinin inşasında rol oynadığı görülmektedir. Benzer şekilde, Kanada’da yapılan bir boylamsal çalışmada, çocukların 24-36 aylık dönemde informal bakım (akraba veya bakıcı) ve formal bakım aldıklarında, bu bakım biçimlerinin çocukların ilerleyen yıllardaki eğitim yaşamlarını farklı şekillerde etkilediği ortaya konulmuştur. Araştırmada, informal bakım alan çocukların, formel bakım alanlara göre yükseköğretime devam etme ihtimallerinin daha yüksek olduğu fakat düşük gelirli ailelerden gelen çocuklar için formel bakımın koruyucu bir rol üstlendiği belirtilmiştir. (Garon-carrier vd., 2022). Ayrıca, Kore’de bakım verenlerin niteliklerinin standartlaştırılması hedeflenerek erken çocukluk eğitimi ve bakımının bütünleştirilmesi yönünde çeşitli modeller geliştirilmiştir (Rhee vd., 2008). Bu tür girişimler, dayelik benzeri rollerin profesyonel zeminde yeniden değerlendirilmesi açısından önemli bir örnek olarak görülebilir.

KAYNAKLAR

Abdülaziz Bey. (1995). *Osmanlı âdet, merasim ve tabirleri* (K. Arısan ve D. Arısan Günay, Haz.; Cilt 2). Tarih Vakfı Yurt Yayınları.

- Ahioğlu-Lindberg, E. (2012). Çocuk yetiştirme açısından Türkiye’de çocukluğun tarihi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 31(31), 41–52.
- Aksoy, Ö. (1968). *Osmanlı devri İstanbul Sıbyan Mektepleri üzerine bir inceleme*. İsmail Akgün Matbaası.
- Baltacı, A. (2019). Nitel Araştırma Süreci: Nitel Bir Araştırma Nasıl Yapılır? Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED), 2(5), 368-388.
- Berg, B. L. Ve Lune, H. (2019). (Ed. Arı, A.) *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*. (9. Baskı) Eğitim Yayınevi.
- Cengiz, G. H. (2020). 19. yüzyılın ikinci yarısında Osmanlı çocuk beslenmesinde yaygın bir gelenek: Sütannelik ya da sütnelik. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (37), 1–25.
- Çeken, M. B. (2017). *Haydar Bey’in Vâkı’ât-ı Sultan Cem adlı eseri ve Cem’in hayatı* [Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi]. Ankara Üniversitesi Akademik Veri Yönetim Sistemi
- Çetin, N. (2023). Erken çocuklukta dil ediniminin kuramsal temelleri. *Early Childhood Education Researches*, 1(1), 71–82.
- Doğan Altun, Z. ve Ekinci Vural, D. (2017). Okul öncesi dönemde düşünme becerileri: öğretmen görüşleri. *Dokuz Eylül Üniversitesi Buca Eğitim Fakültesi Dergisi*(44), 214-224.
- Emecen, F. (15 Aralık 2025). *Selim II*. TDV İslâm Ansiklopedisi
<https://islamansiklopedisi.org.tr/selim-ii>
- Engin, H. (2019). *Daye Hatun Cami ve XVII. yüzyılda Nakşibendi tarikatıyla bağlantısı..* 8. Türkiye Lisansüstü Çalışmalar Kongresi, İnönü Üniversitesi.
- Erbay, N. (Haz.). (2014). *Edirneli Şâhidî Leylâ vü Mecnûn (Gülşen-i Uşşâk) mesnevîsi*. Edirne Valiliği Kültür Yayınları.
- Erkut, Z., Balcı, S., & Yıldız, S. (2017). Tarihsel süreç içinde çocuk. *Çocuk ve Medeniyet*, 2(3), 17–28.
- Garon-Carrier, G., Ansari, A., Letarte, M., & Fitzpatrick, C. (2022). Early childcare enrollment and the pursuit of higher education: A Canadian longitudinal study. *Learning and Instruction*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101615>
- Haydar Bey. (1330 [1912]). *Vâkıât-ı Sultan Cem* (Târîh-i Osmânî Encümeni Mecmuası İlavesi). Ahmed İhsan ve Şürekâsı Matbaası.
- Head Zauche, L., Thul, T. A., Darcy Mahoney, A. E., & Stapel-Wax, J. L. (2016). Influence of language nutrition on children’s language and cognitive development: An integrated review. *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 318–333. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2016.01.015>
- İçer, T. (2010). *Osmanlı ailesinde çocuk eğitimi*. (Tez No: 257308) [Yüksek lisans tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi]. Yöktez
- Kınalızâde Ali Çelebi. (2007). *Ahlâk-ı Alâî* (M. Koç, Haz.). Klasik Yayınları.
- Kırpık, C. (2016). *Osmanlıda şehzade eğitimi*. Ötüken Yayınları.
- Kocaaslan, M. (2019). Sarayda terbiye olmayan hiçbir yerde terbiye öğrenemez: 17. yüzyıl Osmanlı sarayında cariyeye eğitimi. *Turkish Studies - Social Sciences*, 14(4), 1615–1636. <https://doi.org/10.29228/TurkishStudies.22989>
- Kotan, H. (2024). Ders kitaplarında yer alan afet eğitimi konularının incelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(107), 905–919. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11404168>
- Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2025, Aralık). *Halime Hatun Camii ve Külliyesi - Gölarmara*. <https://manisa.ktb.gov.tr/TR-73034/halime-hatun-camii-ve-kulliyesi--golarmara.html>
- Önal, Ö. (2018). Kalıtsalcılık-çevrecilik tartışması bağlamında Lenneberg’in dil kuramı ve kritik dönem varsayımı. *Folklor/Edebiyat*, 24(94), 237–254.
- Pakalın, M. Z. (1983). *Osmanlı tarih deyimleri ve terimleri sözlüğü* (1. Baskı, Cilt 1). Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Rhee, O., Kim, E., Shin, N., ve Moon, M. (2008). Developing models to integrate early childhood education and childcare in Korea. *International Journal of Child Care and Education Policy*, 2, 53–66. <https://doi.org/10.1007/2288-6729-2-1-53>
- Rogers, S. (Ed.). (1975). *Çocuklar ve dil: Erken dil ve sosyalleşmede okuma etkinlikleri*. Oxford University Press.

- Simitçioğlu, E. (2024, 23 Temmuz). *Kabuğuna gizlenmiş inci: Hubbi Ayşe Hatun*. Hüma Dergisi. <https://humadergisi.com/kabuguna-gizlenmis-inci-hubbi-ayse-hatun/>
- Şahin, H. (28 Aralık 2025). *Yahyâ Efendi, Beşiktaşlı*. TDV İslâm Ansiklopedisi <https://islamansiklopedisi.org.tr/yahya-efendi-besiktasli>
- Tanrıbuyurdu, G. ve Karavar, Z. N. (2021). Sütannelikten bilgeliğe uzanan yolda: Klasik Türk şiirinde “daye kadın”. *Hikmet - Akademik Edebiyat Dergisi*, (15), 27–42. <https://doi.org/10.28981/hikmet.950821>
- Taş, K. Z. (2014). *Osmanlılarda lalalık kurumu*. Berikan Yayınevi.
- Tezcan, H. (2006). *Osmanlı sarayının çocukları*. MAS Matbaacılık.
- Türk, İ. C. (2011). Osmanlı Devleti’nde okul öncesi eğitim. *Milli Eğitim Dergisi*, 41(192), 160–173.
- Uslu, E. M. (2020). Okul öncesi öğretmenlerinin çocuk kitaplarına ilişkin görüşlerinin incelenmesi. *Eğitimde Kuram ve Uygulama*, 16(2), 251–264. <https://doi.org/10.17244/eku.822583>
- Uysal, B., ve Dünmez, M. G. (2025). Hatıratlarda okula ilk başlayış: Âmin Alayı. *Korkut Ata Türkiyat Araştırmaları Dergisi*, (22), 109–127.

OSMANLIDA SIBYAN MEKTEPLERİNDE TÜRKÇE EĞİTİMİ VE BU EĞİTİMDE GÖREV ALAN EĞİTİMCİLER

Doç. Dr. Bilal UYSAL

Afyon Kocatepe University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education
03204 Merkez/Afyonkarahisar
ORCID: 0000-0002-7198-8760

Arş. Gör. Zeynep YİĞİT*

Afyon Kocatepe University, Faculty of Education, Department of Turkish Language Education
03204 Merkez/Afyonkarahisar

*Sakarya Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Türkçe Eğitimi Ana Bilim Dalı Doktora Öğrencisi
<https://ror.org/04ttnw109>

ORCID: 0000-0001-5405-2058

ÖZET

Osmanlı'da çocuk eğitimi ilk basamakta aile merkezli bir eğitimidir. Bu eğitim evde, konakta veya sarayda başta annesi olmak üzere daye, müeddep daye, lala, mürebbiye gibi kişilerce standart bir program olmaksızın davranış temelli bir eğitim süreci şeklindeydi. İkinci basamakta ise sıbyan mektebi çocukların ilk kez aile dışında örgün olarak eğitim aldığı kurum olması bakımından önemlidir. Bu kurumlarda öğretilenler arasında doğrudan olmamakla birlikte dil ve Türkçe öğretimi de söz konusuydu. Çalışmanın konusu mahalle mekteplerinde görev yapan, çocuklara ilk bilgileri öğreten, talim ve terbiye eden *muallim-i sıbyan*, *kalfa*, *muallim-i evvel* ve *muallim-i sani* adı verilen eğitimcilerin çocuklara verilen dil eğitimindeki yeridir. Bu yaş grubuna verilen eğitime bakıldığında günümüzün okulöncesi eğitimi ile ilkökul eğitiminin karışımı bir model olduğu görülmektedir, önemli fark burada öğrencinin toplumun beklentileri doğrultusunda sosyalleşmesinin ön planda olmasıdır. Osmanlı'da dil eğitimi daha çok örtük bir nitelik taşımakta; okuma-yazma, imla, telaffuz ve sözlü anlatım becerileri dinî ve ahlâkî dersler aracılığıyla kazandırılmaktadır. Bu kurumlarda görev alan *muallim-i sıbyan* ve *muallim-i evvel*, çocuklara teorik olarak verdikleri dersler ile çocukların temel okuryazarlık becerilerini kazanmalarında ve Osmanlı Türkçesinin sözlü-yazılı aktarımında belirleyici bir rol üstlenmiştir. *Kalfa* ve *muallim-i sani* ise önce teorik olarak verilen eğitimi pekiştiren, birebir tekrar ve uygulama yoluyla öğrencilerin dil gelişimini uygulamalı olarak destekleyen yardımcı eğitimciler olarak öne çıkmaktadır. Bu yapı, Osmanlı eğitiminde teorik öğretim ile pratik uygulama arasında işlevsel bir denge kurulduğunu göstermektedir. Tanzimat'la birlikte sıbyan mektepleri denetim altına alınmış, iptidai mektepler kurulmuş ve Türkçenin öğretimine yönelik sistematik düzenlemeler yapılmıştır. 1869 Maarif-i Umumiye Nizamnamesi ile *Türkçe*, *kavaid* ve *kıraat* gibi dersler altında programlı bir öğretim alanına dönüşmüştür. Sonuç olarak sıbyan mekteplerinin ve bu mekteplerde görev yapan eğitimcilerin, Osmanlı toplumunda çocukların dil, ahlâk ve din temelli sosyalleşmesinde merkezi bir işlev üstlendiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Osmanlı eğitimi, sıbyan mektebi, muallim-i evvel, çocuk eğitimi, dil öğretimi

**TURKISH EDUCATION IN SIBYAN SCHOOLS IN THE OTTOMAN EMPIRE AND
THE EDUCATORS INVOLVED IN THIS EDUCATION**

ABSTRACT

In the Ottoman Empire, children's education was initially family-centered. This education took place at home, in the mansion, or in the palace, primarily by the mother, but also by nannies, governesses, tutors, and other caregivers, without a standard program, in the form of a behavior-based educational process. The second stage was significant in that the Sıbyan Mektebi was the institution where children received formal education outside the family for the first time. Although not directly, language and Turkish language teaching were also among the subjects taught in these institutions. The subject of this study is the role of educators known as muallim-i sıbyan, kalfa, muallim-i evvel, and muallim-i sani, who worked in neighborhood schools, taught children their first lessons, and trained and educated them, in the language education given to children. Looking at the education provided to this age group, it can be seen that it was a model that combined today's preschool education with primary school education, with the important difference being that the socialization of the student in line with the expectations of society was at the forefront. Language education in the Ottoman Empire was mostly implicit; reading, writing, spelling, pronunciation, and oral expression skills were taught through religious and moral lessons. Teachers of primary and elementary education in these institutions played a decisive role in children acquiring basic literacy skills and in the oral and written transmission of Ottoman Turkish through the theoretical lessons they provided. Kalfa and muallim-i sani, on the other hand, stood out as assistant educators who reinforced the theoretical education first provided and supported the students' language development in a practical way through one-on-one repetition and practice. This structure shows that a functional balance was established between theoretical teaching and practical application in Ottoman education. With the Tanzimat, primary schools were brought under control, elementary schools were established, and systematic arrangements were made for the teaching of Turkish. With the 1869 General Education Regulation, Turkish became a structured subject area under courses such as grammar and reading. In conclusion, it reveals that primary schools and the educators working in these schools played a central role in the socialization of children in Ottoman society based on language, morality, and religion.

Keywords: Ottoman education, primary school, first teacher, child education, language teaching

1. GİRİŞ

Osmanlıda çocuk eğitimi ilk basamakta aile merkezli bir eğitimidir. Bu eğitim çocuğun dinî ahlâki temelli olarak sosyalleşmesini hedefliyordu. Çocuğun eğitimine yakın çevresi de (aile, kadın/erkek özel eğitimciler ve mahalleli) ihtimam göstermekteydi. Osmanlı Devletinin eğitim sisteminin ilk basamağı sıbyan mektepleri, klasik dönemde aile içi terbiyeyi tamamlayan, çocukların dinî, ahlakî ve temel okuryazarlık bilgilerini kazandıkları kurumlar idi. Bu kurumlar, Osmanlı toplumunda çocukların eğitim yaşamına başladıkları ilk kurumsal yapı olarak önemli bir yer tutmuş; Kur'an-ı Kerim öğretimi başta olmak üzere ilmihâl, ahlak ve dil öğretimi gibi temel alanlarda bilgiler vermiştir. Sıbyan mektepleri halkın her kesimine açık, çoğunlukla mahalle camilerinin çevresinde bulunan ve vakıf teşkilatı aracılığıyla işletilen ilköğretim kurumlarıydı. Bu mektepler; adları, yapı ve işleyişleri dönemden döneme değişmekle birlikte kurumsal eğitim geleneğinin ilk halkasını teşkil etmekteydi. Osmanlı eğitim tarihinde bu kurumlar, yalnızca dinî eğitimin verildiği yerler değil, çocukların toplumsal normlarla tanıştığı, dil ve davranış becerilerinin geliştiği birer eğitim öğretim ortamı olarak değerlendirilmelidir. Tanzimat reformlarıyla birlikte ortaya konan ıslah çabaları, programlaşma ve pedagojik gelişimler ilkokuma yazma eğitiminde önemli dönüşümlere yol açmıştır. Bu çalışma, sıbyan mekteplerinin genel özelliklerini, eğitim programlarını ve özellikle bu kurumlarda görev yapan eğitimcilerin dil ve Türkçe öğretimindeki rollerini tarihî süreç içerisinde ele alarak Osmanlıda dil öğretimine ilişkin bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda sıbyan mekteplerinin fizikî yapısı, eğitim süresi, öğretim anlayışı ve eğitimcilerin önemi sistematik olarak incelenmiştir.

2. YÖNTEM

2.1. Araştırmanın deseni

Araştırmada Osmanlı döneminden Cumhuriyete sıbyan mektepleri üzerine yapılmış çalışmalar, nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi yönteminden faydalanılarak taranmıştır. “Nitel araştırma; gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik nitel bir sürecin izlendiği araştırma olarak tanımlanabilir” (Yıldırım ve Şimşek, 2011: 39). Doküman incelemesi ise “bir araştırma yöntemi olarak araştırmaya konu olan materyallerin detaylı incelenmesi esasına dayanmaktadır” (Kotan, 2024: 907). Çalışmanın temel verisini sıbyan eğitimi ve bu okullardaki dil eğitimi oluşturmaktadır. Sıbyan mekteplerine dair ile ilgili çalışmalar, bazı terimler, doküman incelemesiyle tespit edilmiştir. Tespit edilen bulgular, oluşturulan temalar etrafında yorumlanmıştır.

2.2. Verilerin Toplanması

Sıbyan mekteplerine dair eğitimle bulgular, tematik başlıklar altında sınıflandırılmıştır. Bulgular, dönemin eğitim anlayışı bağlamında değerlendirilmiş; dönemsel farklılıklar ve benzerlikler karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Ulaşılan veriler içerik analizi ile incelenmiştir. İçerik analizinde elde edilen bilgilerden “birbirine benzediği ve birbiri ile ilişkisi olduğu tespit edilen veriler (kodlar) belirli kavramlar (kategoriler) ve temalar çerçevesinde bir araya getirilerek yorumlanır” (Baltacı, 2019: 377).

2. 3. Veri toplama araçları

Veriler; ansiklopediler, sözlükler, kitaplar, sanal veri tabanları, tez ve makaleler aracılığıyla toplanmıştır.

3. BULGULAR

Sıbyan mekteplerine dair eğitimle bulgular, tematik başlıklar altında sınıflandırılmıştır.

3.1. Çocuk eğitiminin temel özellikleri

Sıbyan mektepleri, çocuğun ailede aldığı ilk eğitimin ardından davranış temelli ahlakî eğitimle tanıştığı ilk kurumsal yapıdır. Bu dönem, çocuğun aile içi terbiye ile birlikte kurumsal eğitimle de tanıştığı çok yönlü bir eğitim evresini teşkil eder. Bu nedenle süreçte görev alan eğitimciler, yalnızca akademik bilgi aktarıcısı değil, aynı zamanda terbiye, ahlâk ve toplumsal disiplinin inşasında temel taşıydı. Fatih Sultan Mehmet, sıbyan mekteplerindeki muallimlerin taşıması gereken nitelikleri belirtmiş, öğretim esnasında pedagojik davranışları gerektiğini dile getirmiştir. “*Muallim çok iyi bir mizaca ve karaktere sahip olacak, Tanrı'yı hoşnut etmek amacıyla davranacak, çocukları eğitmek için gayret gösterecek, yardımcısı da onun çocuklar öğrettiklerini tekrar ve müzakere ettirecek, görevini ağır bulup sevmemezlik etmeyecek ve çocuklara bilmedikleri konuları güzellikle ve yumuşaklıkla anlatacak...*” (Akyüz, 2018: 93).

3.2. Sıbyan mekteplerinin adı ve fizikî yapısı

Sıbyan mektepleri'ne her mahallede bulunmaları nedeniyle *mahalle mektebi*, binaları çoğunlukla taş malzemeden yapıldığı için *taş mektep* de denilmiştir. “Bu okulun Müslüman Türk devletlerinden Karahanlı, Selçuklu'da *sıbyan mektebi* Osmanlı'da ise *dâru't-ta'lim*, *darul-'ilm*. *Mualimhâne*, *mekteb*, *mektephâne*, *mahalle mektebi*, *taş mekteb*, *mekteb-i ibtidaiye* ve *sıbyan mektebi* adlarıyla anıldığı görülmektedir. Bu mekteplerin hocasına *muallim*, yardımcısına *kalfa*, öğrencilerine de *talebe*, *sûhte*, *tilmîz*, *puser* ve *şâkird* denilmekteydi” (Baltacı, 2002: 446). Bu mekteplerin çoğunlukla mahallede sosyal hayatın merkezi olan camiye bitişik veya yakınında inşa edildiği görülmektedir. “Bu mektepler umûmiyetle câmilerin avlusunda, yakınında ya da câmilere bitişik tek bir odadan ibâret binâlardı. Câmînin

müştemilâtından bir odanın mektep olarak kullanıldığı da vâkî idi. Sıbyan mekteplerinin dâimâ câmi çevrelerinde ya da câminin içinde olmasının sebebi; çocukların mânevî bir atmosfer içinde dinî eğitim almaları ve bunu uygulamalı olarak öğrenmeleri idi” (Şimşek, 2012: 3). Bu yapılar çok katlı değildi, zira çocuklar evlerinden ilk kez çıktıklarında yadırgamayacakları, evlerine benzer bir mimarisi vardır. Sıbyan çağı, çocukların akıl baliğ olmadan önce ailesi ve toplumca verilmesi gereken temel eğitimin aile dışında verilmeye başlandığı, günümüzün okulöncesi eğitimi ile ilköğretim eğitiminin kesişim noktasını teşkil eden bir dönemdir. Bu yaşta çocuk önce sıbyan mektebine verilir, dönemin sonuna doğru meslekî eğitim alacaksa usta yanına verilir.

3.3. Sıbyan mekteplerine başlangıç ve eğitim süresi

Osmanlı eğitim sisteminde çocuklar genellikle 4 yıl 4 ay 4 günlük olunca bazı durumlarda ise 6 yaşında *âmin alayı* merâsimiyle sıbyan mektebine başlardı. Burada Kur'an, ilmihâl ve ahlâk dersleriyle birlikte davranış da öğrenirdi. “Sıbyan mektebi, 5-6 yaşlarını dolduran kız ya da erkek çocuklarının 3-4 yıl boyunca eğitim aldıkları kurumları ifade etmektedir” (Eriş Kızgın, 2021: 1). Sıbyan mekteplerinde eğitim süresini talebenin çalışkanlığı ve kabiliyeti belirliyordu, Kur'an'ı hatmeden de mezun olunabilirdi. Mektebe başlarken yapılan âmin alayı gibi hatim indiren öğrenci için de mezuniyet merasimi yapılmıyordu. “8 Nisan 1847’de bir talimatname... eğitim süresi 4 yıl olarak sınırlandırılmış, sıbyan okullarının rüştiyelere temel olması ve bunlara öğrenci yetiştirmesi kabul edilmekte ve böylece öğretim dereceleri arasında bir uyum sağlanmıştır. İlköğretimde birlik ve bütünlük yoluna gidilmiştir. Türkçe derslerine ağırlık verilmesi ve okullara taş levha ve divitin sokulması uygun görülmüştür” (Güdek, 2012: 21-22). Klasik dönemde 3-4 yıl olan sıbyan mekteplerinde temel dinî eğitimin verilmesi esastı. Bu nedenle muallimlerden *Kur'an ta'lîmi*, *tecvid* ve *ilm-i hal* gibi temel konularda eğitim verilmesi istenmiştir. 1838’de mektepler küçük ve büyük olarak ikiye ayrılmış, küçük mekteplerde iki hatim indirilmesi istenmiş, büyük mekteplerde ise *Türkî inşâ*, *Tuhfe*, *Subha-i Sıbyan*, *hat* ve *hitabet* okutulması da istenmiştir. “1846’da ise dört yıllık eğitim veren sıbyan mekteplerinde *elifba*, *Kur'an*, *ilm-i hal*, *tecvid*, *harekeli Türkçe*, *Muhtasar Ahlâk-ı Memdûha Risâlesi*, *lûgat* okutuluyor, *sülûs* ve *nesih* yazıları öğretiliyordu. Tanzimattan sonra üç yıllık mekteb-i ibtidâi olarak faaliyet gösteren bu mekteplerin programında *elifba*, *Kur'an- Kerim*, *tecvid*, *ilm-i hal*, *ahlak*, *sarf-i Osmani*, *imla*, *kıraat*, *mülehhas tarih-i Osmani*, *muhtasar coğrafya-ı Osmani*, *hesap* ve *hüsn-i hat* okutuluyordu” (Baltacı, 2002: 447).

3.4. Günlük eğitim akışı ve öğretim anlayışı

Mektepler cuma günü hariç sabah namazından sonra eğitime başlar, ikindi namazıyla biterdi. Klasik dönemde sıbyan mekteplerinde görev yapacak muallim ve kalfanın nitelikleri ile bu

kişilerin yoksul ve yetim çocuklara yönelik öğretim, ders takibi ve disiplin sağlama görevleri şöyle açıklanmıştır. “Bir salih hafızı kelimullah ve namazın erkanın ve şeraitin bilir ve sıbyan talimine münasip ve kadir kimse muallimhanede eytamdan ve subyanı fukaradan otuz nefer oğlancıklara yevmi cumadan gayri gunlerde mushafı kerime baka, Kur’anı menit okuda ve kemayenbegi öğretre ve bildire (doğru okunuşunu öğretmeli) ve mazilerin ve geçmiş derslerin dinliye ve namaza muteallik nesneleri okuda ve bildire ve tedibe muhtac olanları tedibi şer’i eyliye... bir salih hafız kimesne anda halife (kalfa) ola, sıbyan okutmakta ve bildirmekte mazilerin dinlemekte ve tedipte muallime daim muavenet eyliye” (Ergin, 1977: 83). Geleneksel anlayışta çocuklara anlamını bilmedikleri kavramların öğretilmesi uygun görülmemiştir. Bu nedenle yazı dersi, okumadan sonra geliyordu. “Öğrencilere önce yazı dersinin öğretilmesi daha uygun görülmüştür. Fatih döneminden sonra müfredata yazı dersi de eklenmiştir” (Yılmaz, 2009: 18). Klasik dönemde sıbyan mekteplerinde okutulan derslerin adları bilinmekle birlikte derslerin içerikleri ve öğretim yöntemleri hakkında ayrıntılı müfredat bilgisi yoktur. Bu nedenle sistematik bir müfredat programından söz edilemez. “Her ne kadar Osmanlı Devleti’nin klasik döneminde mahalle mekteplerinde okutulan derslerin isimleri kaynaklarda geçse de detaylı bir müfredat programının olmadığı görülmektedir” (Arslan & Orhon, 2020: 250).

3.5. Okuma-yazma öğretimi ve yöntemleri

Sıbyan mekteplerinin okuma eğitiminin günümüzdeki gibi sistemli bir müfredatı yoktu, dolaylı yollardan elde edilen bilgilere göre okuma-yazma öğretimi bireyselleştirilmiş bir yapıya sahiptir. “Her çocuk hocanın önüne gider, dersini okur, yerine döner ve birçok defa tekrar ederdi. Gözleme, araştırmaya, öğrenmeye ve eğitime imkân vermeyen; duyduğunu ezberlemeye, gördüğünü tanıma yöntemiyle sürüp giden bir okuma amacı vardı” (Gelişli, 2006: 3). Bu mekteplerde çocuklara anlaşılır bir Türkçe ile çocukların ruhuna uygun ilahiler okutulduğu da belirtilmektedir. Çocuklar, söyledikleri ilahideki sözlerin tamamını anlamasalar bile açık bir Türkçe ile söylenmesinden ve bunları ezberleyip okumalarından dolayı söz varlıklarının geliştiği, ezgi ile kalıcılık sağlanarak dil gelişimlerine katkı sağladığı söylenebilir. “Eski sıbyan mekteplerinde dini terbiye her şeyin üstünde tutulduğu için çocuklara açık Türkçe ile ilahiler ezberletilip bir çeşit çocuk korusu halinde bir ağızdan okutturulurdu. Çocuğun, ruhun gıdası bilinen musiki adına mektepte tattığı şey bu ilahilerden ibaretti” (Kara & Birinci, 2005: 415). Bu süreç çoğu zaman ezbere dayalı olmakla eleştirilmiş olsa da teorik öğretim tekniğiyle sınıfa anlatmak yerine, bireysel olarak rahleden mindere yöntemiyle muallim öğrencilerini yeteneklerine göre tek tek okutuyor, sonra kalfa her çocuğun yapısı, seviyesi ve psikolojisine uygun tekniklerle tekrarlatarak ve pekiştirerek öğretiyordu. Akgündüz’e göre öğretim süreci

çocuk psikolojisine uygun, esnek ve motive edici yöntemler içermektedir. “Kısacası sıbyan mekteplerinin öğrenme-öğretme süreci, sanıldığı gibi ezbere münhasır kör bir süreç değil, teorik bazda yöntem zenginliği olan çocukların öğrenme motivasyonunu güçlendiren, bu arada şahsiyet yapılanmasını güçlendiren- bir dizi eğitici ders dışı etkinliklerle- çocuk psikolojisine uygun ve eğitimi oyuna dönüştürücü dinamik bir süreç niteliği arz etmektedir” (1997: 207-208). Yazı öğretimi her öğrenci için zorunlu olmayıp, öğretmenin uygun gördüğü öğrencilere verilmekteydi. Bu durum, tarihî süreçte okuma bilen, ancak yazma bilmeyen bireylerin olduğunu göstermektedir. Göğüş (1970: 125) sıbyan mekteplerinde öğrencilerin belirli bir kayıt ve kabul zamanı olmadığını, vakti gelen her çocuğun (4 yıl 4 ay 4 gün veya 6 yaş) okula alındığını bu nedenle hocanın her çocuğa bireysel bir öğretim uyguladığını, okumayı öğrendikten sonra yazı öğretilmeye başlandığını, ancak her öğrencinin yazma eğitimi olmadığını belirtir.

Tanzimat döneminde hazırlanan kitapların dil eğitimi açısından pedagojik bir yaklaşımla hazırlandığı görülmektedir. “Elifba Cüzü”nün Türkçe öğretimi açısından önemli bir yanı da harflerin mahreçleri hakkında bilgi vermesidir. Konuşma eğitiminde bu özelliklerin bilinmesi ve uygulanması günümüz için de geçerlidir. Elifba cüzlerinin öğretim yöntem ve teknikleriyle desteklenerek, Türkçenin fonetik yapısına uygun basımları ilkokuma ve yazma öğretiminde 1930'lara kadar tek kaynak olacak elifba kitaplarını meydana getirmiştir” (Şahbaz, 2005: 28). Tanzimat döneminde Türkçe öğretiminde pedagojik yöntemlerin kullanılmaya başlandığı hazırlanan kitaplarda açıkça görülmektedir: “Okumada önce harflerin öğretilip sonra hecelerin sonra kelimelerin sonra cümlelerin oluşturulduğu birleşim yöntemi kullanılırdı. Harflerin öğretiminde benzetmelerden yararlanılır bunlar tekerleme gibi ezberletilirdi. Okuma yazmada Dr. Rüştü (1852'de) "elif - ئ" mertek gibi "Be - ب" tekne gibi "te - ت" ona benzer” (Engin & Uygun, 2011: 204) şeklinde harfleri nesnelere benzeterek, öğretimde somutlaştırmadan da faydalanılıyordu.

Selim Sabit tarafından 1874 yılında hazırlanan Rehnümai Muallimin (Öğretmen Kılavuzu) Türkçe okuma-yazma öğretimi ve yöntemleri üzerine bilgiler içeriyordu. “İlkokula-yazma işine önemli bir yer ayırmıştı. Fonetik metodu tavsiye etmekteydi. İlk kelimeleri heceleterek okutuyor ve bu kelimelerin çocuk hayatında bulunanlardan seçilmesi gerekli bulunuyordu. Selim Sabit bu kitapta savunduğu yönteme göre, Elifba-yı Osmanî isimli bir kitap da yazdı. Gerek yöntemi gerekse kitabı çocuk psikolojisine çok uygundu, çocukları daha kolay bir okumaya götürüyordu” (Ağar, 2010: 2).

Sıbyan mekteplerinde Türkçe öğretimi kapsamında yazma öğretimi de hikâye okuma da yapılmıyordu. “Programın içinde yazı da vardı. Yazı, şiir ve atasözleri üzerinde olurdu. Bu derslere ek olarak hikayeler, aritmetik ve ibadet şekilleri de öğretiliyordu. On yaşına kadar Kuran’ı hatmeden çocuk, daha sonra kelime bilgisi, hitabet, dilbilgisi, edebiyat, tarih gibi ek konular üzerinde üç yıl daha çalışabilirdi” (Demirtaş, 2007: 176).

3.6. Sıbyan mekteplerinde Türkçe, dinî eğitim ve dil gelişimi

Sıbyan mekteplerinde eğitim dili konusunda farklı görüşler bulunsa da genel kabul, öğretim dilinin Türkçe olduğu yönündedir. Demir’e (2024: 60) göre mahalle mektepleri Tanzimat dönemine kadar yazılı belge bırakmadıkları için elde müfredata dair somut bilgi yoktur. Başka kaynaklarda (hatırat, seyahatname, tarih, sicil kayıtları) geçen bilgilerden hareketle bu okullarda *elifba*, *Kur’an*, *ilm-i hâl*, *tecvid*, *hat (yazı)*, *ahlâk bilgisi* gibi derslerin okutulduğu anlaşılmaktadır. “Sıbyan mekteplerinin resmen belirlenmiş bir eğitim programının varlığı bilinmemektedir. Ancak dersler hakkında vakfiyelerdeki şartlardan ve zaman zaman çıkartılmış hükümlerden hareketle bazı bilgiler vermek mümkündür... Sıbyan mekteplerinin eğitim dili konusunda farklı görüşler olmakla beraber, genel olarak eğitim dilinin Türkçe olduğu kabul edilmektedir” (İhsanoğlu, 1998: 231). Kara & Birinci’ye (2005: 415) göre dinî bilgiler Türkçe açıklanmakta, çocuklara açık ve sade Türkçe ile ilahiler ezberletilmektedir. Bu uygulamaların çocukların söz varlığını geliştirdiği ve dil gelişimine katkı sağladığı ifade edilmektedir. Türkçe öğretimi, doğrudan bir ders olarak değil; *Kur’an*, *ilmihâl*, *ahlâk*, *yazı* ve *kıraat* gibi dersler aracılığıyla dolaylı biçimde gerçekleştirilmektedir.

Sıbyan mekteplerinin bir kısmı Tanzimat döneminde yeni tarzda eğitim veremeye başlamış, *iptidai mektebi* denilmiştir. Bu dönemde çocukların doğrudan dil eğitimi aldığı söylenemez. Bu dönemde başta Osmanlıca *okuma-yazma* olmak üzere *çizgi-dizgi*, *karalama*, *hilye okuma*, *âdâb-ı muâşeret*, *Kur’an okuma* gibi derslerle çocuğun dil gelişimine dolaylı olarak katkıda bulunulmaktaydı. Kısacası günümüzdeki gibi doğrudan Türkçe dersi ile değil, diğer derslerin içinde dil eğitimi veriliyordu. Tıpkı günümüzde ilkokul öğretmenlerinin doğrudan Türkçe öğretmeni olmamakla birlikte temel eğitim verirken okuma yazma öğretiminden imlaya varıncaya kadar dil eğitimi verdikleri gibi o dönemin çocuk eğitimi üzerine görev alan eğitimcileri de *yazım*, *imla*, *telaffuz* gibi konularda temel dil eğitimi vermektedir. “Tanzimat öncesinde okuma bazlı geçen derslere Tanzimat’la yazmaya da ağırlık verilerek çocukların okuduklarını yazıya aktarmalarıyla daha iyi öğrenmeleri baz alınmıştır” (Kılıç, 2023: 181).

Şahbaz’a (2005: 122) göre I. Meşrutiyet döneminde ilkokuma yazma öğretiminde çocukların düzeyine uygun metinlerin seçilmesi, öğrenmenin kalıcılığını artırmakta; sözcük dağarcığını,

dil becerilerinden okuma ve konuşma becerilerini geliştirmektedir. Dilbilgisi kitaplarının sonunda genellikle okuma metinleri yer almakta, farklı metin türleri ve diğer derslerle ilişkili içerikler, öğrencilerin akademik ve sosyal başarılarını desteklemekte, hayata bakışlarını ve kendilerini ifade etme becerilerini güçlendirmektedir. “Biçim açısından en dikkat çeken yön resimdir. Eserler, öncelikle resimli ya da resimsiz oluşlarına göre iki farklı açıdan değerlendirilecektir... Resim, Tanzimat döneminde sadece Hafız Refi’in eserinde görülmektedir. Bu resimler, okuma parçalarında anlatılan hayvanların resimleridir. Metinlerin zevkle okunmasına yarayan resimler; aynı zamanda onların daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır” (Şahbaz, 2005: 146).

3.7. Türkçe öğretiminde büyük dönüşüm: Tanzimat dönemi

Tanzimat dönemiyle birlikte sıbyan mekteplerinde önemli pedagojik ve yapısal değişiklikler yaşanmıştır. 1847 tarihli talimatname, Türkçe okuma-yazma öğretimini sistematik hâle getirmeye yönelik ilk resmî belge (*Etfâlin Tâlim ve Tedris ve Terbiyelerini Ne Veçhile İcra Eylemeleri Lazım Geleceğine Dair Sıbyan Mekatibi Hacerleri Efendilere İtâ Olunacak Talimat*) olarak kabul edilmektedir. “Bu talimat, o döneme kadar ilk kez yayımlanan bir tür müfredat programıdır” (Şahbaz, 2005: 31). Bu talimat önemli yenilikler getirmiş, derslerin işleniş yöntemindeki yenilikler Türkçe eğitimi açısından önemli bir merhaleyi teşkil etmektedir. “Çocukların çizip karalama eğilimlerinin fark edilip bundan yararlanmaya çalışılmasını istemesi ve yazmanın okuma ve öğrenmeyi kolaylaştırdığını söylemesi günümüz eğitim biliminin verileriyle uyum halindedir” (Akyüz, 2018: 161). Talimatnameye göre yazma kabiliyeti ve isteği, doğası gereği her çocukta vardır, ancak keşfedilip geliştirilmesi gerekir. “Tanzimat’a kadar yazı üzerinde çok durulmayan sıbyan mekteplerinde okumanın yanında yazmaya da önem verilmeye başlanmıştır. Hatta talimatta karalama, çizgi çizme, yazmaya çalışma çocuğun doğasında var olan özellikler olarak belirtilmektedir. Hocaların çocukları yazmaya özendirmelerinin gerekliliği ve yazmanın öğrenmeyi kolaylaştırdığı belirtilmektedir” (Engin & Uygun, 2011: 202). Çocuklara *Türkçe okuma yazma* derslerinin verilmesi için de gerekli eşyaların temin edilmesi ve bulundurulması gerektiği belirtilmektedir. “Çocuklara yazı öğretilmesi için her öğrencinin divit ve hokka taşınması gerektiği” (Demir, 2024: 61) bildirilmesinden bu döneme kadar verilen okuma yazma öğretiminin yeterli görülmediği anlaşılmaktadır. Bu nedenle yazı öğretimine ağırlık verilmiş; levha, divit ve hokka gibi araçlar eğitim ortamına dahil edilmiştir. Ayrıca Türkçe, lisan-ı Osmanî adı altında müstakil bir ders olarak okutulmaya başlanmıştır. Demir’e göre Tanzimat döneminde doğrudan Türkçe dersi verilme de müfredata göre Türkçe, ağırlıklı şekilde öğretilmeye başlanmıştır. “Türkçe;

kavaid, lisan-ı Osmanî, Osmanî, kitabet, sarf u nahv, kavaid-ı Osmanî gibi adlarla müstakil bir ders olarak okutulmuştur. Türkçe derslerinin bütün okullarda bu adlarla okutulduğu ancak ‘Türkçe’ kelimesi yerine ‘lisan-ı Osmanî’ sözünün kullanıldığı bilinmektedir. Lisan-ı Osmanî, bugünkü ifade şekli ile Osmanlı Türkçesidir... Bu dilin öğrenciye hakkıyla öğretilmesi için Türkçeye (Osmanlı Türkçesi) girmiş olan Arapça, Farsça kuralların da öğretilmesi gerekiyordu... Ahmet Cevdet Paşa, 1848’de açılan Darülmuallimin’in temel dersleri arasına Türkçeyi de koymuş ve ders saatini yüksek tutmuştur” (2024: 49).

1847 talimatnamesine göre sıbyan mektepleri hocaları için Türkçe öğretiminde yöntemler ortaya konmuştur. Mekteplerin amaçları arasında okuma yazma öğretimi de vardır: “Karatama, çizgi çizme, yazmaya çalışma, ilahi bir lütuf olarak çocuğun doğasında vardır. Onların bu eğilimleri alıştırma ile geliştirilebilir” (Biçer, 2024: 29). Bu talimata göre çocuk önce Kur’an hatmini tamamlayacak, sonra mekteplere dışarıdan görevlendirilecek meşk hocaları, çocuklara sülüs ve nesih yazılarını öğreteceklerdir. “Tanzimat döneminde, resmî bir kurum tarafından Türkçe ilkokuma ve yazma öğretiminin yöntemleri üzerine bilgiler ilk kez dile getirilirken, güzel yazı dersi de ihmal edilmemiştir” (Şahbaz, 2005: 34).

Demir’e (2024: 47) göre tarih boyunca ana dili olarak Türkçenin öğretimi konusunda bazı uygulamalar olmuştur. Ancak Türkçenin programlı şekilde devlet eliyle okullarda öğretilmesi 1869 yılında Safvet Paşa’nın *Maarif-i Umumiye Nizamnamesi* ile formel bir yapıya dönüşmüştür. Bu nizamnameden sonra *kavaid, lisan-ı Osmanî, sarf u nahv, kıraat, edebî kıraat, tahrir, inşa, inşad, imla* gibi adlarla Türkçe eğitimi verilmiştir. II. Meşrutiyet döneminde de *sarf-ı Türkî, lisan-ı Türkî* gibi adlarla çok sayıda dil bilgisi (okul grameri) yazılmıştır. Ancak Cumhuriyet döneminden önceki Türkçe öğretimi Osmanlı Türkçesinin kurallarını öğretmek şeklinde olmuştur.

Bu dönemde önce yüksek öğretim için hazırlanan, ancak sonra değişik seviyeler için baskısı yapılan Ahmet Cevdet Paşa’nın dilbilgisi üzerine hazırladığı *Kavâid-i Osmaniye*, dil öğretiminde bir dönüm noktasıdır. “Türkçenin bir eğitim dili olarak gelişmesi, zenginleşmesi ve sadeleşmesi konularında çok büyük çabalar harcamıştır” (Karabacak 2012, s. 615). Polat, Ahmet Cevdet Paşa’nın *Tertib-i Cedid Kavâid-i Osmaniye* adlı eserinde öncelikle *hedef kitlenin öğrenirken eğitilmesini* ilkesini gözettiğini, bu amacı gerçekleştirmek için de dilbilgisi kuralı veya ögesini Türkçe örneklerden seçtiğini belirtir. “Birkaç kılığa büründürdüğü bu eserin ‘Lisan-ı Osmanînin kavaid-i sarf ve nahvine (çekim ve sözdizimine =dilbilgisine) dair ilk kitap’ olduğunu ve Encümen-i Daniş’in tasdiğiyle bütün okullarda okutulmaya başlandığını söyler” (2003: 451-452).

Ergin, bu dönemi Türkçe öğretimi açısından eleştirir: “Tahsilin ilk basamağı olmak lâzım gelen sübyan mektepleri de yalnız Kuran okumağa, namaz surelerini öğrenmeğe ve biraz da yazı karalamağa (kaligrafi) yarardı. Bu bakımdan bunları mektep diye saymağa bile değmez” (1977: 5).

3.8. Programlaşma süreci ve öğretim materyalleri

1869 Maarif-i Umumiye Nizamnamesi ile Türkçe öğretimi devlet eliyle programlı bir yapıya kavuşmuştur. Elifba, kıraat, imlâ ve inşâ kitapları bu dönemde önemli öğretim materyalleri olarak öne çıkmıştır. Özellikle Selim Sabit Efendi’nin Rehnüma-i Muallimin adlı eseri, öğretmenler için hem program hem kılavuz niteliği taşımaktadır. “Sıbyan okulları ıslah edilirken aynı zamanda ‘İptidai’ adı altında yeni usulde öğretim yapan ilkokullar da 1870 yılından itibaren açılmaya başlamıştır. Bu okullarda Elifba ders kitapları yeniden düzenlenmiş çocuklara okumayı sevdirmek için kitapların resimli olması şartını getirirken aynı zamanda bu kitapların okumayı 6 ayda öğretecek kolay yöntemler bulmasına dikkat çekilmiştir” (Palalı, 2021: 88). Bu süreçte yazılan alfabe ve okuma kitapları, Türkçe ilkokuma-yazma öğretiminin tarihi gelişimini anlamada temel kaynaklar olarak değerlendirilmektedir. Tanzimat döneminde yapılan değişikliklerle “Türkçe öğretiminin dil bilgisi öğretimi ekseninde yapıldığı ileri sürülebilir. Dil bilgisi eserlerinin yanı sıra, okuma becerisini geliştirmeye yönelik *kırâat* kitapları ile yazma becerisini geliştirmeye yönelik birçok *imla*, *inşâ*, *kitâbet* ve *tahrir* kitaplarının da kaleme alındığı görülmektedir” (Başar, 2016: 159).

Türkçe öğretiminde bir diğer dönüm noktası da 1865 yılında halka ücretsiz derslerle okuma yazma ve temel bilgileri öğretmek amacıyla açılan Cemiyet-i Tedrisiye-i İslamiye önemli işler yapmış, daha sonra adı Darüşşafaka olarak değiştirilmiştir. “Cemiyet-i Tedrisiye-i İslamiye, ilkokuma ve yazma öğretimi tarihi açısından önemli bir cemiyettir. Gerek cemiyetin gerekse daha sonraları cemiyet üyesi kişilerin yayımladığı elifba kitapları, ilkokuma ve yazma öğretim yöntemleri açısından yenilik sunmuştur” (Şahbaz, 2005: 35). Hazırlanan resimli kitaplarda ressamın elinden çıkmış resimler kullanılmıştır. Örneğin her harf için bir hayvan resmi konmuştur. “Hafız Refi’in yazdığı *Resimli Elifba-i Osmanî*’dir. Bugün dahi eserlerde rastlayamadığımız güzellikte hayvan resimleriyle süslenmiştir eser. Bu resimler, kitabın sonunda yer alan metinlerin anlaşılmasını kolaylaştırdığı gibi çocuklara okuma zevk ve heyecanı verecek niteliktedir.” (Şahbaz, 2005: 69).

3.9. Sıbyan mekteplerinde görev yapan eğitimciler

Sıbyan mekteplerinde görev yapan eğitimcilerin yalnızca Kur’an ve dinî eğitim vermeleri beklenmez, aynı zamanda iffetli, toplum için numune olması beklenirdi. “Mektep

vakfiyelerinde, iyiliklerle donanmış, kötülüklerden kaçınan, çocuk eğitiminde maharetli olmaları öngörülen ve eğitim-öğretim hizmetini aksatmamaları istenen muallimlerin, iffetli ve dindar olmalarına da özen gösterilmekteydi” (Hızlı, 2008: 86). Bu mekteplerde görev yapan eğitimcilere değişik adlar verilmiştir. “Bunlara Osmanlıların ilk devirlerinde, *hace*; son devirlerinde muallim ismi verilmiştir. Mekteplerde hocaların yardımcısı olarak bir *kalfa* ile hademe vazifesi gören *bevvab* bulunurdu. Mektebin büyüklüğüne göre *kalfa* ve *hoca* sayılarının arttığı görülmektedir. Bu durumda kalfalardan birine *Baş kalfa* denir, hocalar da *muallim-i evvel* ve *muallim-i sani* olarak isimlendirilirdi” (Kara & Birinci, 2005: 24). Yukarıda bahsedildiği üzere sıbyan (mahalle, iptidai) mekteplerinde doğrudan olmasa da verilen dil ve Türkçe derslerini öğreten eğitimcilerin ünvanları, görevleri, dil eğitimindeki yerleri aşağıda dört başlık halinde ele alınmıştır.

3.9.1. Muallim-i sıbyan (Sıbyan mektebi öğretmeni)

Osmanlı eğitim sisteminde çocukların örgün olarak aldığı ilk eğitimi veren eğitime verilen resmî ünvanıdır. *Sabi* çocuklar için *sıbyan* da daha çok 4-7 yaş arası çocuklar için kullanılır. Muallim-i sıbyan, çocuklara ilk bilgileri öğreten, talim ve terbiye eden kimsedir. Muallim-i sıbyan yerine *hoca*, *hoca efendi* ve *muallim* denildiği de görülmektedir. Osmanlı’da Muallim-i sıbyan, günümüzdeki hem ana sınıfı hem de ilkökul öğretmeni yerine *ilk öğretmen* rolünü üstlenmiştir. Aynı kademede görev alan ve özellikle kız çocuklarını yetiştiren bayan eğitimcilere de *muallime* denilmiştir. Sıbyan mekteplerinin ilk basamak (4-7 yaş) hocasıdır, öğrenciler bir sonra muallim-i evvel / sâni elinde yetişirdi. Çocukların dinî, ahlâkî ve toplumsal kimliğini şekillendiren, dönemin şartlarına uygun şekilde çocukları sosyalleştiren ve toplumsal devamlılığı sağlayan temel aktördür. Kur’an, hesap, temel din bilgilerinin yanı sıra yazı eğitimi de vermekteydi. Görevlerini vakıf sistemine bağlı olarak yürütürlerdi. Basit seviyede okuma-yazma öğrettiği, özellikle 19. yüzyıldan itibaren hususan dil eğitimi de verdiği bilinmektedir. Velilerin *eti senin kemiği benim* anlayışıyla çocuklarını teslim ettiği nüfuz sahibi bir figürdü. Tanzimat dönemiyle birlikte usûl-i cedîd (yeni usul) tartışmaları esnasında özellikle falaka kullandıkları, öğrencilere pedagojik yaklaşmadıkları gibi gerekçelerle eleştirilmişlerdir. Nihayetinde yerlerini iptidai mektep öğretmenlerine bırakmışlardır.

Muallim-i Sıbyân, çocuklara öncelikli olarak verdiği Kur’an, ilmihal ve ahlâk derslerinin yanı sıra temel Türkçe ve dil becerileri de kazandırır. Bu derslerde çocukların okuma-yazma öğrenmeleri, söz dağarcıklarının zenginleştirilmesi ve telaffuz becerilerinin gelişmesi için çaba sarfederdi. Aynı zamanda çocukların günlük hayatta düzgün ve anlamlı cümle kurabilmeleri için de gayret gösterirlerdi. Okuma çalışmalarında çocuklara harfleri ve heceleri tanıtır,

sözcükleri ve kısa cümleleri okuma çalışması yaptırdı. Yazma pratiğinde ise eski yazı harfleri doğru yazmayı öğretir, sözcükleri ve cümleleri deftere yazdırırdı. Yazma pratiğinde faydalanılan cümleler çocuklara hem ahlaki eğitim verir hem de Türkçe okuma yazma pratiği kazandırır. Örneğin *Bismillahirrahmanirrahim, yazıyı düzgün yazmak edebdendir, büyüğe hürmet et* gibi sözler yazdırılır, bu esnada yazı öğretimi, ahlâk ve sabır eğitimiyle birlikte yürütülmüş olurdu. Ayrıca güzel yazı (hat) ve düzgün el yazısı pratikleri yaptırdı. Yaptığı anlatımlar esnasında da çocukların söz dağarcığını artırır, günlük konuşma pratiklerini geliştirir, anında düzeltmelerle konuşma ve telaffuz becerilerini geliştirirlerdi. Bu eğitim sisteminde ezber ve tekrar yöntemi ağırlıklıdır, sözcük ve cümleler tekrar edilerek öğretilirdi. Parçadan bütüne giden bir öğretim yöntemiyle harflerden heceye, heceden sözcüğe, sözcükten gruplara ve cümlelere geçiş sağlanırdı. Temel dil becerilerinden yazma ve konuşma eğitimi ile öğrencilere temel dil farkındalığı kazandırılırdı. Örneğin sözlü anlatım yaptırarak öğrenciye etkili ve güzel konuşma ile hitabet eğitimi verir, böylece çocuklara okuma-yazma ve temel dil becerilerini kazandırılırdı.

Dil dersleri kapsamında Arap harfleri ile Türkçe sözcük bilgisi kazandırılıyorr, her ne kadar Arapça ve Farsça ağırlıklı olsa da anlaşılır bir günlük Türkçe de öğretiliyordu. Bütün bu yönleriyle muallim-i sıbyan okuryazarlığın temelini atar, çocuklar için günlük hayatta doğru dil kullanımını, temel dil bilinci kazanımı sağlar ve iletişim becerilerini geliştirirdi. Bu uygulamalar da gösteriyor ki sıbyan mekteplerinde Türkçe dil öğretimi müstakil bir ders olarak değil, ancak *Kur'an*, *ahlâk* ve *adap* öğretiminin tamamlayıcısı şeklinde yapılıyordu.

3.9.2. Kalfa (Halife / muallim yamağı / mülâzım)

Osmanlı eğitim sisteminde sıbyan mekteplerinde muallime sınıf disiplinini sağlamada, günlük tekrarların yapılmasında, yazı çalışmalarında yardımcı olan eğitimciye kalfa denir. Bazı mekteplerde kız çocuklarına müstakilen kadın kalfalar ders verirdi. *Kalfa* sözcüğü birisine vekâlet eden anlamında Arapça *halife* sözcüğünden galat olarak oluşmuştur: “Sıbyan mekteplerinde hocalara, muallimlere halîfelik vekillik yaparak çocuklara ders öğretenlere de halk ağzında halîfe yerine ‘Kalfa’ denile gelmişti”⁴ aynı anlamda *halife*, *muallim yamağı*, *mülâzım* gibi adlar da verilmiştir. Genellikle muallimin yetiştirdiği başarılı ve güvenilir talebeler ya da aynı mektebin başarılı eski talebeleri arasından seçilerek yetiştirilir. Süreç, resmî olmaktan ziyade usta-çırak ilişkisi şeklinde gerçekleşiyordu. Kalfa henüz mesleğe geçiş aşamasında olduğu için yalnız başına ders verme yetkisi yoktur, muallimin nezaretinde ders tekrarı yaptırır, talebenin talim ve terbiyesine muavenet eder, verilen dersi çocuğun anlayacağı

⁴ <https://istanbulansiklopedisi.org/handle/rek/28504>

Türkçe ile açıklar, günlük dile çevirir, tekrarlarla pekiştirirdi. Yazı çalışması sırasında harfin estetiğini, satır düzenini, el alışkanlığını yerleştiren kişidir. Örnekleri ayetler, hadisler, kelimeler vb. üzerinden verir, bu yönüyle dilin yalnızca teknik değil aynı zamanda ahlâkî bir alan olduğunu gösterir. Günümüz eğitim sistemiyle karşılaştırsak kalfalar stajyer öğretmen konumundadır. Sınıf disiplini ve nizamı sağlamak için gürültü ve haşarılık varsa önler, ancak fizikî ceza verme yetkisi muallimindir, izinle müdahale edebilir. Muallimin olmadığı zamanlarda yetkili olur, nizam ve sükûnu korurdu. Ayrıca öğrenci devam devamsızlığı, ders araç-gerecinin korunması ve kontrolü, ders öncesi hazırlıkta muallime yardımcı olma gibi görevleri vardı. Velilerle muallimin izni ile iletişim kurar, böylece öğretim faaliyetleri yalnızca muallimler eliyle değil, aynı zamanda kalfa (halîfe) denen yardımcı eğitimciler aracılığıyla da yürütülürdü. Kalfaların maaşları, muallimin maaşından pay, vakıftan cüzi bir ücret şeklinde veya meslek öğrenme amacıyla olduğu için tamamen ücretsiz şekilde olurdu. Bu bakımdan resmî görevi olmayan, ancak vakıf sistemi içinde tanınmış görevliydi. Ders esnasında harf, hece ve elifbâ öğretimi, Kur'an okuma, ezber takibi (âmmeye cüzü, kısa sûreler vb.), ders tekrarı muallimin görevlendirmesi ile zayıf öğrencilerle birebir ilgilenme gibi eğitici görevler üstlenirdi. Bu yönüyle muallim ile öğrenci arasında pedagojik köprü vazifesi görmüştür. Osmanlı eğitimi sistemi içerisinde kalfalık sistemi, teorinin pratiğe dönüştürülmesi, bir nevi stajyer öğretmen yetiştirme işlevi görmüştür. Bir kalfa, gözleme dayalı olarak güzel ahlâk, liyakat ve yetenekleri yönünden muallimin icazeti (tavsiye) ve vakıf mütevellisinin de onayıyla muallimlik görevine yükselebilirdi. Fatih vakfiyesindeki şu ifadeden kalfaların görevlerine dair çıkarım yapmak mümkündür. “tedibe muhtac olanları tedibi şer’i eyliye ve hizmetinde daim ciddu sa’y eyliye... ve bir salih hafız kimesne anda halife (kalfa) ola, sıbyan okutmakta ve bildirmekte mazilerin dinlemekte ve tedipte muallime daim muavenet eyliye” (Ergin, 1977: 83). Bu sözlerden de anlaşılacağı üzere kalfanın salih ve hafız olması istenmiş, öncelikli sorumlulukları davranışlarıyla (salih) çocuklara örnek olmak, çocukları (sıbyan) terbiye etmek olduğu vurgulanmıştır. Ancak araştırmacılarca kalfa ve muallimlerin vakfiyedeki bu şartları (hafız olmak, medrese eğitimi almış olmak vb.) çoğu zaman taşımadıkları belirtilmiştir.

Kalfaların sıbyan mekteplerindeki dil eğitimindeki yerine gelince günümüzde olduğu gibi bir Türkçe dersi yoktu, bundan ziyade muallimin verdiği eğitime yardımcı olan, tekrar eden, pekiştiren (*talebenin ta’lîminde mu’âvenet*) bir okuma-yazma eğitimcisi olmasının yanı sıra doğru harflerin tek tek tanıtılması, telaffuz, hatalı telaffuz düzeltme, heceleme (ba-be-bü usulü), anlama, ezber, ahlâkî dil kullanımı, hususlarında muallimin verdiği eğitimi öğrenciyle birebir verirken aynı zamanda dil eğitimi yaptırdığı, bu yönüyle muallimin verdiği dersi

pekiştirme yoluyla bireysel öğretim sorumluluğunu üstlenen dil ediniminin pratik öğretmeni olduğu söylenebilir. Ezbere dayalı değil, pekiştirme yöntemiyle alışkanlık kazandırmak ön plandadır. Mekteplerde verilen Kur'an öğretimi merkezli dil eğitiminde Arapça–Türkçe çift dilliliğin doğal sınırları içinde ve büyük oranda uygulama ağırlıklı dil eğitimi verilirdi. Bu yapı, sıbyan mekteplerinde dil öğretiminin katmanlı olarak yürütüldüğünü, kalfanın dil eğitiminin fiili taşıyıcısı konumunda olduğunu, bir nevi örtük Türkçe öğretmeni olduğunu göstermektedir. Dil alışkanlığını günlük tekrarlarla inşa etmesi dil eğitiminde tekrar ile ses bilgisi eğitimi vermesi, muallimin öğrettiği yazı talimini takip etmesi, harflerin doğru yazılması, defter düzenin sağlanması gibi hususlarda da birebir eğitim ile yazma eğitimi vermesi dil eğitimindeki yerini göstermektedir. “Çocuklarla, çocukların derslerini takip ile kalfa meşgul olur, kendi ders rahlesi önünde oturan hoca efendi, artık kalfanın irşadına muhtaç olmayacak kadar inkişaf etmiş çocuklarla meşgul olurdu; hatta bu çocuklardan birkaçı hoca efendi tarafından kalfaya yardımcı seçilirlerdi” (Kara & Birinci, 2005: 418).

Sonuç olarak Kalfa, dil eğitiminin pratik uygulayıcısı, günlük konuşmanın denetleyicisi, kaba, argo, uygunsuz dili engelleyen dil terbiyecisi, dil muhafızıdır. Okuma–yazma, telaffuz ve tekrar süreçlerinin birebir yürütücüsü olması nedeniyle günümüz sınıf öğretmenlerine yardımcı olan bir dil gelişimi uzmanı mesabesindedir. Kalfalar, Osmanlı eğitim sisteminde yardımcı rolde görülseler de vazgeçilmez bir görev ifa eden kurumsallaşmamış öğretmen yetiştirme modelidir.

3.9.3. Muallim-i evvel / Başmuallim

Sıbyan mekteplerinde çocukların dinî, ahlâkî ve temel dil eğitimi veren ilk eğitimcidir, öğretim faaliyetlerinin merkezinde yer alırdı. Kendi nezaretinde görev yapan muallim-i sani ve kalfa gibi diğer eğitim görevlileriyle Türkçe öğretiminde rolü vardır. Onun *evvel* sıfatı, mektepteki hiyerarşide en üst basamakta olduğunu ve asli sorumluluğun onda olduğunu gösterir. Bu ünvan Cumhuriyet döneminde *başöğretmen* olarak devam etmiştir. *Muallim-i evvel*, yalnızca öğretici değil; aynı zamanda tavır ve davranışlarıyla öğrenciler için disiplin sağlayan bir otorite, ahlâkî rehber ve eğitim sisteminin kurucusudur. Muallim-i evvel, ahlakî ve kültürel değerleri örnek davranışları, ilminden aldığı doğal otoritesi ile aktarıcı konumunda idi. *Muallim-i evvel*'in medrese tahsili görmüş olması, toplum nezdinde güvenilir, nüfuzlu, ilmihal bilgisine sahip, Kur'an okuyup öğretebilen kişi olması beklenir, ancak Tanzimat dönemine kadar çoğunluğu medrese mezunu değildir. İdari olarak öğrencilerin yaş ve seviyelerine göre öğretimi düzenler, verdiği derslerin takibini sağlamak üzere muallim-i sani ve kalfaların görev dağılımını yapar, mektepte disiplini sağlar, davranışlarıyla öğrencileri terbiye ederdi. Kendisini görevlendiren vakıf mütevellileri ile iş birliği yaparak veliler ve mahalle halkı ile ilişkileri yürütürdü.

Sıbyan mekteplerinde dil eğitimi, günümüzdeki gibi müstakil bir Türkçe dersi şeklinde değil; Osmanlıca öğretimi, dinî öğretim, ahlâk eğitimi ve okuma-yazma faaliyetleri içinde yapılıyordu. Örneğin elifbâ öğretimi esnasında Osmanlı Türkçesini okuma-yazmaya giriş şeklinde yürütürdü, harfler yalnızca tanıtılmaz talim yoluyla harflerin telaffuzu, heceleme ve sözcük tekrarı, anlam çalışmaları bir arada yürütülmekteydi. Bu esnada ezbere dayalı ve tekrarlı okuma öğretimi çocukların sözel dil yeteneğini, hafızasını, hitabetini güçlendiriyordu. Arapça öğretirken Türkçe de aracı dil olarak öğretilmiştir. Örneğin Kur'an ayetleri ve dinî metinler çocukların yaş ve seviyesine uygun olarak sadeleştirilip Türkçe açıklamalarla verilirken dolaylı yoldan Türkçe eğitimi de yapılmıştır. Ezber yaptırırken ve onları Türkçe açıklarken sözcük dağarcığını zenginleştirmekte, çocukların Osmanlı Türkçesinin söz varlığına vakıf olmalarını sağlamaktaydı. Kısacası günümüzdeki anlamda bir müfredat veya dilbilgisi öğretimi olmamasına rağmen, Osmanlı Türkçesinin sözlü ve yazılı kullanımının kuşaktan kuşağa aktarılmasını sağlayan bir aktördü. Bu nedenle muallim-i evvel, yalnızca dinî eğitim vermez, aynı zamanda Osmanlı Türkçesinin ilk öğreticisidir.

Örgün eğitime başlayan çocuklara ilk dil eğitimi ve okuma alışkanlığı kazandıran kişidir. Arapça dinî metinler, öğrencilerin anlayacağı dilden açıklamalarla Osmanlı Türkçesine aktarılırken muallim-i evvel, bir nevi günümüz Türkçe öğretmeni rolünü üstlenirdi. Özellikle harflerin telaffuzu, kelime tekrarları yaparken günümüz ses bilgisine benzer bir eğitim verir, ezber yoluyla öğretim esnasında çocukların sözlü ve yazılı temel dil becerilerini geliştirirdi. Sıbyan mektebinde eğitim; başöğretmen ve yönetici *muallim-i evvel*, yardımcı öğretmen ve başöğretmenin verdiği dersi pekiştiren *muallim-i sani*, gözetim, tekrar ve disiplin görevlerini üstlenen *Kalfa / halife* eliyle hiyerarşik yapı içinde verilirdi. Bu bakımdan muallim-i evvel, eğitimde asıl ve nihai sorumluluğu taşıyan kişidir.

Muallim-i evvel, öğrencilerin edep ve adap çerçevesinde yanlış söz ve üslubunu varsa düzeltir, doğru dil kullanmayı (dua etme, selam verme, büyüklerle konuşma, topluluk içinde söz alma gibi) ve güzel hitabeti öğretirken çocukların sözlü dil gelişimine katkı sağlardı. Bu yönüyle muallim-i evvel; saygı, itaat ve ölçülülük gibi değerlerle mücehhez ahlâkî dil kullanırken iletişim aracı olarak kullandığı etkili ve güzel Türkçe ile dolaylı yoldan dil öğretmiştir. Yüzyıllar boyunca Osmanlıda eğitimin sürekliliğini, düzenini sağlayan ana unsur olmuştur. Kaynağını peygamberimizin eğitimciliğinden alan iyi yetişmiş bir muallim-i evvel, omzunda taşıdığı sorumluluğun farkında olduğu zaman İslâmî eğitim geleneğinin pedagojik derinliğini ve toplumsal yönünü yansıtmıştır.

3.9.4. Muallim-i sani

Muallim-i sani, sıbyan mekteplerinde muallim-i evvelin nezaretinde çalışan yardımcı öğretmendir. Muallim-i evvelin verdiği temel Türkçe okuma-yazma öğretiminin sürekliliğini sağlamak amacıyla tekrar, alıştırma ve bire bir çalışma yoluyla yapılan öğretimi destekleyen, dil becerilerine pekiştirme yoluyla katkıda bulunan, tamamlayıcı bir dil eğitimcisidir. Metinleri sözcük sözcük açıklar, bu sırada gerekirse basit gramer ve kullanım örnekleri sunar. Bu yönüyle dil eğitiminin bireysel uygulama ve performans boyutunu temsil eden muallim-i sani veya muallim-i evvel önünde öğrenilenlerin, Türkçe olarak doğru telaffuzunu ve sözcüklerin anlamlandırılmasını sağlayan; eksiği olan veya geri kalan öğrencilerin eğitimden kopmasının önüne geçen önemli bir aktördür. Çocuklarla birebir talim şeklinde öğretim yapan muallim-i sani, öğrencilerin bireysel farklılıklarını, öğrenme hızlarını dikkate almak durumundaydı. Arapça metinlerin öğretimi sırasında muallim-i evvelin verdiği genel açıklamaları, bire bir öğretim esnasında özel olarak öğrenci seviyesine indirgeyerek anlaşılır bir Türkçe ile tekrar etmekteydi. Örneğin ilmihal ve kısa dua metnindeki anlamı bilinmeyen sözcüklerin Türkçe karşılıklarını seviyeye uygun şekilde vermektedir. Bu yönüyle aracı dil olarak Türkçenin öğretimine katkıda bulunan bir figürdür. Sınıfta hoca huzurunda öğrencilerin edep kurallarına uygun (yüksek sesle okuma, sırayla konuşma, büyüklerle hitap usulleri gibi sözlü dil davranışları) davranmalarını sağlayarak sıbyan mekteplerinde Türkçe ve dil eğitiminin görünmeyen aktörü olmuştur. Onun yürüttüğü pekiştirme, Türkçe açıklama, bireyselleştirilmiş öğretim faaliyeti, çocukların sağlam dil becerisi inşa etmesinde temel taşı görevi üstlenmiştir.

SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu çalışma, Osmanlı eğitim sisteminde sıbyan mekteplerinin çocukların dil eğitimindeki (dinî, ahlâkî eğitimle birlikte verilirdi) işlevini; bu mekteplerin özellikleri (adı, fizikî yapısı, öğretim yöntemleri, materyaller, dönüşüm vb.) ile buralarda görev alan *muallim-i sıbyan*, *muallim-i evvel*, *muallim-i sani* ve *kalfa* gibi eğitimcilerin dil eğitimindeki yerlerini belirlemeyi hedeflemiştir. Elde edilen bulgulara göre sıbyan mekteplerinin yalnızca temel dinî bilgilerin öğretildiği kurumlar olmadığı; aynı zamanda çocukların ana diliyle ilk sistemli teması kurduğu, dil becerilerinin örtük fakat işlevsel biçimde kazandırıldığı eğitim kurumları/ortamları olduğu görülmüştür. Bulgulara göre Osmanlıda Türkçe öğretiminin modern anlamda müstakil bir ders olarak değil; Kur'an, ilmihâl, ahlâk, yazı (hüsnuhat) kıraat (Tanzimat sonrası dile dair yazı, imla gibi dersler de ilave olunmuştur) öğretimiyle iç içe geçmiş bir hâlde yürütüldüğünü ortaya koymuştur. Bu yönüyle sıbyan mekteplerindeki dil eğitimi, örtük (dolaylı) bir nitelik taşımakta; dinî ve ahlâkî içerikli metinler aracılığıyla okuma-yazma, imlâ, telaffuz ve sözlü anlatım

becerileri geliştirilmektedir. Tanzimat dönemiyle birlikte yazı talimi de yapılması önemli bir dönüm noktası olmuştur. Bu yönüyle sıbyan mekteplerinde Türkçe, önce eğitim sürecinin aracı sonra çıktısı konumunda olmuştur.

Elde edilen bulgular, Osmanlı'dan Cumhuriyet'e uzanan süreçte ilkokuma ve yazma öğretiminin doğrusal ve sürekli bir gelişim göstermediğini, aksine zaman zaman kopukluklar ve tekrarlar içerdiğini ortaya koymaktadır. Alfabeler ve ders kitapları incelendiğinde klasik dönemde standardın ve pedagojik yönün eksik olduğu, Tanzimat döneminde ise daha ileri yöntem ve tekniklerden faydalandığı tespit edilmiştir.

Tanzimat öncesi dönemde sıbyan mekteplerinde müfredatın yazılı ve standart bir çerçeveye sahip olmaması, Türkçe öğretiminin büyük ölçüde öğretmenin bireysel yaklaşım ve becerilerine bağlı olduğunu; Türkçenin ses bilgisi, telaffuz ve yazım özelliklerine dair temel dil becerilerinin çeşitli eğitim materyalleri (elifba cüzleri, yazı meşkleri ve kıraat metinleri) aracılığıyla kazandırıldığı anlaşılmaktadır. Bu durum, sıbyan mekteplerinde Türkçe öğretiminin tamamen yok sayıldığı yönündeki genellemelerin geçerli olmadığını göstermektedir. Şifahi bir toplumda Türkçenin doğal olarak edinildiği düşünüldüğü için doğrudan verilmemiştir. Bu bize Türkçe dil öğretiminin önemsenmediğini göstermez, öncelikle ahlakî eğitim verilirken içerisinde Türkçenin doğru ve etkili kullanımı da önemsenmiştir.

Tanzimatla dönemde sıbyan mekteplerinin denetim altına alınması, iptidai mekteplerin kurulması ve 1847 Talimatnamesi ile Tanzimat öncesinde elifba cüzlerine dayalı, ezbere ve ağırlıklı olarak okumaya odaklanan ilkokuma öğretimi; önemli bir dönüşüm geçirmiş, sistematikleşme yönünde önemli bir merhaleyi teşkil etmiştir. Bu tarihten itibaren okuma ve yazmanın birlikte yürütülmesi gerektiği anlayışı resmî bir belgede yer almış, sınıf içi uygulamalarda okuma ile birlikte yazma çalışmalarına da ağırlık verilmiştir. Bu gelişme, ilkokuma ve yazma öğretiminde pedagojik farkındalığın artmaya başladığını göstermesi bakımından önemli bir dönüm noktasıdır. 1869 Maarif-i Umumiye Nizamnamesi ile Türkçe öğretimi; *kavaid*, *kıraat*, *imlâ* ve *tahrir* gibi derslerle programlı hâle gelmiş, okuma-yazma öğretimi daha bilinçli ve yöntemli bir zeminde yürütülmüştür. Ancak Cumhuriyet öncesi dönemde Türkçe öğretiminin ağırlıklı olarak Osmanlı Türkçesinin dil bilgisi kurallarına odaklandığı, beceri temelli bir ana dili öğretimi anlayışının sınırlı kaldığı görülmektedir.

Tanzimat döneminden itibaren kitaplarda resimli alfabeler, metin altı sorular, serbest okuma parçaları, hayvan hikayeleri, şiirler ve günlük yaşamla ilişkilendirilmiş metinler aracılığıyla çocukların bilişsel ve dilsel gelişimi desteklenmiştir. Özellikle kitaplarda resim kullanılması (renkli baskı kitaplar) ve hedef kitlenin ihtiyaçları dikkate alınarak hazırlanan alfabe kitapları;

ilkokuma ve yazma öğretiminde çağın ihtiyaçlarına cevap veren, pedagojik bir yaklaşıma sahip olduğunu göstermektedir.

Bu süreçte öğretmenlere yönelik olarak hazırlanan rehber kitaplarında ortaya konan yöntemlerin ilkokuma ve yazma öğretiminin yalnızca uygulamaya değil, kuramsal temellere de dayandırıldığını göstermektedir. Selim Sabit, Satı Bey, İsmail Hakkı gibi eğitimcilerin çalışmaları, öğretmen merkezli bir aktarım anlayışından yöntem ve teknik bilgisiyyle donanmış öğretmen modeline geçişin izlerini taşımaktadır. Ayrıca hedef kitlenin ihtiyaçlarına uygun bir öğretim anlayışının (kız okulları, köy okulları, yaygın eğitim kurumları ve askerî birlikler için ayrı eğitim materyalleri) geliştiği görülmektedir.

Sıbyan mekteplerinde eğitim işlerinden birinci derecede sorumlu *muallim-i sıbyan* ve *muallim-i evvel*, çocukların temel okuryazarlık becerilerini teorik olarak kazanmalarında ve yaptıkları uygulamalı derslerle Osmanlı Türkçesinin sözlü-yazılı aktarımında belirleyici bir rol üstlendikleri tespit edilmiştir. Bu eğitimcilerin sorumluluğu çocuklara yalnızca bilgi aktarmak değil; aynı zamanda davranışlarıyla ahlâkî bir model oluşturmak, çocuğun toplumsal normlara uygun şekilde sosyalleşmesini sağlamaktır. *Kalfa* ve *muallim-i sani*'nin ise öğretimin uygulama ve pekiştirme boyutunu üstlenerek birebir tekrar, müzakere ve yazı çalışmaları yoluyla öğrencilerin dil gelişimini destekleyen yardımcı eğitimci oldukları söylenebilir. Bu uygulama, teorik öğretim ile birebir pratik uygulama arasında işlevsel bir denge kurulduğunu göstermektedir. *Muallim-i evvel*, dil eğitiminin *otoritesi ve yönetici*, *muallim-i sani* dil öğretiminin *yardımcı öğretmeni*, *Kalfa* dil eğitiminin *emeği, pratiği, sürekliliği* idi. Osmanlı mekteplerinde dil eğitimi, kalfa olmadan yürüyemez, aslında bu hususta yükün ağırlığını kalfa çekmekteydi. Türkçenin eğitim dili olarak canlı kalması, büyük ölçüde kalfaların günlük, pratik ve öğrenciye özel uygulamalarına bağlıydı. Bu nedenle Osmanlı pedagojisinde kalfalar bir nevi dil ediniminin ustalarıdır.

ilkokuma ve yazma öğretimi alanında Tanzimat'tan itibaren ortaya konan çalışmalar, Türkiye'de ana dili öğretiminin tarihsel temellerini oluşturmaktadır. Bu birikim, her ne kadar süreklilik sorunu yaşamış olsa da yöntemsel çeşitlilik, materyal zenginliği ve pedagojik arayışlar açısından dikkate değer bir gelişim çizgisi sergilemektedir. Bu tarihsel deneyimin bütün yönleriyle bilinmesi, günümüzde ilkokuma ve yazma öğretimine ilişkin yapılacak program geliştirme, yöntem seçimi ve öğretmen yetiştirme çalışmalarına daha sağlam ve bilinçli bir zemin hazırlayacaktır.

Sonuç olarak sıbyan mektepleri, Osmanlı toplumunda çocuğun aile içinde kazandığı ahlâkî terbiyenin ardından örgün eğitime ilk adımı attığı, dil, din ve ahlâk temelli sosyalleşmenin

bütüncül biçimde gerçekleştiği kurumlardır. Bu mekteplerde görev yapan eğitimciler, Türkçenin kuşaktan kuşağa aktarılmasında ve çocukların temel dil becerilerini kazanmasında merkezi bir rol üstlenmiştir. Sıbyan mekteplerindeki eğitim pratiği, modern pedagojik ölçütlerle eleştirilebilir yönler taşısa da kendi tarihî ve ictimâî bağlamı içinde değerlendirildiğinde, Osmanlıda ana dili eğitiminin temellerini oluşturan önemli bir yapı olarak karşımıza çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Ağar, Mehmet Emin (2010), Türkçe Öğretimi Tarihi, Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi ISSN: 1303-5134. Erişim: <http://turkcede.org/yabanci-dil-ogretimi/turkce-ogretiminin-tarihcesi.html>
- Akyüz, Y. (2018), *Türk Eğitim Tarihi*, 30. baskı, Ankara, Pegem A Yayıncılık.
- Arslan, Ü. G. & Orhon, G. (2020). Osmanlı yenileşme hareketleri dönemi çocuk eğitimi. *Instructional Technology and Lifelong Learning*. 1(2), 245-280.
- Baltacı, A. (2019). Nitel Araştırma Süreci: Nitel Bir Araştırma Nasıl Yapılır? Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi (AEÜSBED), 2(5), 368-388.
- Baltacı, C. (2002). *Osmanlı Devleti'nde Eğitim ve Öğretim*, Türkler içinde s. 446-462, (Ed. H. C. Güzel, K. Çiçek ve S. Koca) C. 11
- Başar, U. (2016). Yüzbaşı İhsan'ın *Kavâ'id-i İmla ve Tahrir* İsimli Eseri Işığında 2. Abdülhamit Dönemi Türkçe Öğretimi Anlayışına Bir Bakış. *International Journal of Language Academy*, 4(1), 156-176.
- Biçer, N. (2024). “Ana Hatlarıyla Geçmişten Günümüze Türkçe Öğretimi”, *Ana Dili Olarak Türkçe Öğretimi (Kuramlar, Terimler-Yöntemler-Uygulamalar)* içinde s. 11-44, (Ed. Celal Demir, Elif Karakuş). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Demir, C. (2024). “Tanzimat’tan Cumhuriyet’e Türkçe Öğretimi Politikaları ve Programları”, *Ana Dili Olarak Türkçe Öğretimi (Kuramlar, Terimler-Yöntemler-Uygulamalar)* içinde s. 45-76, (Ed. Celal Demir, Elif Karakuş). Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları.
- Demirtaş, Z. (2007). Osmanlı’da Sıbyan Mektepleri ve ilköğretimin örgütlenmesi. *Fırat University Journal of Social Science*, 17(1), 173-183.
- Engin, G., & Uygun, S. (2011). Osmanlı’dan Günümüze Okuma Yazma Öğretimi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 21(1).
- Ergin, O. N. (1977). *Türk Maarif Tarihi* c. 1-2. İstanbul: Eser Matbaası.
- Eriş Kızgın, E. (2021). *Anadolu’da osmanlı dönemi sıbyan mekteplerinin mimari gelişimi* (Yayınlanmamış doktora tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Van
- Gelişli, Y. (2006). *Osmanlı İlköğretim Kurumlarından Sıbyan Mektepleri (Kuruluşu, Gelişimi ve Dönüşümü)*. Türkler. Cilt 15. Ankara: Yeni Türkiye Yayınları. S. 35-43
- Göğüş, B. (1970). *Anadili Olarak Türkçenin Öğretimine Tarihsel Bir Bakış*. Türk Dili Araştırmaları Yıllığı Belleten-1970. Ankara: Türk Dil Kurumu Yayınları. 123-154.
- Güdek, M. (2012). *Modernleşme Döneminde Osmanlı’da Çocuk Eğitimi ve Literatürü*, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Hızlı, M. (2008). Osmanlılarda İlköğretimin Tarihi. *Türkiye Araştırmaları Literatür Dergisi*, 6(12), 85-105.
- İhsanoğlu, E. (1998). Osmanlı Eğitim ve Bilim Müesseseleri, Osmanlı Devleti ve Medeniyeti Tarihi, cilt: II, s. 223-361.
- Kara, İ. & Birinci, A. (2005). Mahalle/Sıbyan Mektepleri. İstanbul: Dergâh Yayınları.
- Karabacak, E. (2012). *Ahmet Cevdet Paşa’nın Dil Bilgisi Kitapları Üzerine*. *Turkis Studies*. Volume 7/2. 613-620.
- Kotan, H. (2024). Ders kitaplarında yer alan afet eğitimi konularının incelenmesi. *International Journal of Social and Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 11(107), 905-919. <https://doi.org/10.5281/zenodo.11404168>

- Kılıç, C. E. (2023). “Osmanlı Klasik Dönemi'nde Sıbyan Mektepleri”, Tarih Alanında Seçme Yazılar- VI içinde s. 173-186. Gaziantep: Özgür Yayınları.
- Palalı, İ. (2021). *Osmanlı Devletinde İlköğretimde Yenileşme ve Urfa İlk Mektepleri*. Türk Dünyası Araştırmaları 127. 83-102.
- Polat, H. N. (2003). Türkçenin öğretimi ve Ahmet Cevdet Paşa. *TÜBAR*. S. 13. 447-454.
- Şahbaz, K. N. (2005). *Tanzimat'tan Cumhuriyet'in İlk Yıllarına Kadar (1839-1928) Türkiye'de İlkokuma ve Yazma Öğretimi*. (Doktora Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Şimşek, M. S. (2012). *Osmanlı'nın anaokulu: Sıbyan mektepleri*. Yeni Şafak.
<http://www.yenisafak.com/hayat/osmanlinin-anaokulu-sibyan-mektepleri-374327>
- Yıldırım, Ş. & Şimşek, H. (2011). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri*. Seçkin Yayınları.
- Yılmaz, Ş. (2009). *Osmanlıdan cumhuriyete sıbyan mekteplerinde yenilik ve gelişmeler* (Yayınlanmamış yüksek lisans tezi). Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü: Konya.
- İnternet kaynağı:
Ulaşım tarihi 20.12.2025. <https://istanbulansiklopedisi.org/handle/rek/28504>.

BELİRSİZLİK ÜZERİNE YENİ BİR METRİK: BULANIK KISMİ G-METRİK UZAY**Memet ŞAHİN**¹Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye.**ORCID:** 0000-0002-1066-1641**Tuğçe KÜÇÜKLER**Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye. **ORCID:**

0009-0002-5498-5901

ÖZET

Bu çalışmada, bulanık kısmi G-metrik uzaylar verilmiştir. Çalışmada öncelikle bulanık kısmi G-metrik kavramı tanımlanmış ve bu yapının temel topolojik özellikleri verilmiştir. Daha sonra, bir bulanık kısmi G-metrik uzayın azalmayan dönüşümler altında korunduğu gösterilmiş ve bu uzayın özellikleri incelenmiştir. Verilen bu çalışma bir örnek ile desteklenmiştir. Son olarak, bulanık kısmi G-metrik uzay üzerinde k-büzülme dönüşümü tanımlanmıştır. Elde edilen bulgular, belirsizlik içeren metrik yapılara dair teorik altyapıya katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Kısmi G-Metrik Uzay, Kısmi Metrik Uzay, G-Metrik Uzay.**A NEW METRIC ON UNCERTAINTY: FUZZY PARTIAL G-METRIC SPACE****ABSTRACT**

In this study, fuzzy partial G-metric spaces are introduced. Initially, the concept of a fuzzy partial G-metric is defined, and the fundamental topological properties of this structure are provided. Subsequently, it is demonstrated that a fuzzy partial G-metric space is preserved under non-decreasing mappings, and the characteristics of this space are investigated. The presented study is supported by an illustrative example. Finally, a k -contraction mapping is defined on the fuzzy partial G-metric space. The obtained findings contribute to the theoretical framework concerning metric structures involving uncertainty.

Keywords: Fuzzy Partial G-Metric Space, Partial Metric Space, G-Metric Space.**1.GİRİŞ**

Gerçek yaşamda karşılaşılan birçok olgu, kesin çizgilerle doğru veya yanlış olarak sınıflandırılmamaktadır. Bu tür durumlarda, bilgisizlik, yetersiz veri, öznel değerlendirmeler veya sistemin karmaşıklığından kaynaklanan belirsizlikler ortaya çıkmaktadır. Klasik mantıkta bir ifade ya doğrudur (1) ya da yanlıştır (0). Buna karşın bulanık mantıkta, bu iki uç nokta arasında sonsuz sayıda değer verilmektedir. Bu esnek yapı sayesinde bulanık mantık, belirsiz ve kısmi doğruluk içeren durumların modellenmesinde oldukça etkili bir araçtır. Klasik küme teorisini de kapsayan; bir ögenin bir kümeye ait olma derecesinin $[0,1]$ aralığında tanımlanan bir üyelik fonksiyonu aracılığıyla ifade edildiği bulanık küme teorisi, 1965 yılında Zadeh [7] tarafından tanımlanmıştır. Bulanık metrik uzay kavramı, bulanık küme teorisinin metrik

uzaylara uygulanması düşüncesiyle doğmuş ve bu yapı ilk olarak Kramosil ve Michalek [4] tarafından tanımlanmıştır. Öte yandan kısmi metrik uzay kavramı, 1992 yılında Matthews [3] tarafından tanımlanmıştır. Klasik metrik uzaylardan farklı olarak, bu yapıda bir noktanın kendisiyle olan uzaklığının sıfırdan farklı olabileceği verilmiştir. Bulanık kısmi metrik uzay kavramı ise ilk olarak Sedghi ve Shobkolaei [5] tarafından 2015 yılında tanımlanmıştır. İlgili çalışmada, bulanık kısmi metrik uzay, bulanık metrik uzayın bir genişlemesi olarak ele alınmış ve bazı sabit nokta teoremleri ortaya konmuştur. G-metrik uzay kavramı ise ilk olarak 2006 yılında Mustafa ve Sims [2] tarafından tanımlanmıştır. Ayrıca, belirsizlik temelli yapıların yalnızca teorik çerçevelerle sınırlı kalmadığı; karar verme süreçlerinde, özellikle de hukuk gibi yüksek belirsizlik içeren alanlarda çeşitli uygulamalarının bulunduğu literatürde görülmektedir [10, 11, 12, 13, 14]. Bu çalışmanın temel amacı, bulanık metrik uzay kavramının daha genel bir hali olan bulanık kısmi G-metrik uzay kavramını tanımlamaktır. Gerçek hayat problemlerine uygulanabilme potansiyeline sahip olan bu yapı, çalışmada sunulan temel özelliklerle desteklenmektedir. Çalışmanın Ön Bilgiler bölümünde, araştırmada kullanılacak temel tanım ve özelliklere yer verilmiştir. Araştırma ve Bulgular bölümünde bulanık kısmi G-metrik uzayı tanımlanmıştır. Bu uzayın sahip olduğu azalmayan dönüşüm özelliği matematiksel olarak ispatlanmış ve simetrik yapısı bir örnek ile gösterilmiştir. Sonuç bölümünde ise, elde edilen bulgular özetlenmiş olup; bu çalışmanın, gelecekte yapılacak çalışmalar için algoritma geliştirme ve belirsizlik tabanlı matematiksel modelleme konularında güçlü ve sağlam bir teorik temel oluşturduğu vurgulanmıştır.

2. ÖN BİLGİLER

Tanım 2.1 [1]: X boştan farklı bir küme ve d fonksiyonu $d : X \times X \rightarrow R^+$ şeklinde tanımlansın.

Eğer d fonksiyonu her $x, y, z \in X$ için,

$$M_1) d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y,$$

$$M_2) d(x, y) = d(y, x) \text{ (simetri özelliği)}$$

$$M_3) d(x, y) \leq d(x, z) + d(z, y) \text{ (üçgen eşitsizliği)}$$

şartlarını sağlıyorsa d ye X de bir metrik; d ile birlikte X e metrik uzay denir ve genellikle (X, d) veya X_d ile gösterilir. Burada M_1, M_2 ve M_3 şartlarına metrik aksiyomları adı verilir.

Tanım 2.2 [2]: X boştan farklı bir küme olsun. $G : X \times X \times X \rightarrow R^+$ fonksiyonu aşağıdaki özellikleri sağlıyorsa G fonksiyonuna X üzerinde genelleştirilmiş bir metrik ya da kısaca G – metrik denir.

$$G_1) x, y, z \in X \text{ noktaları için } x = y = z \text{ ise } G(x, y, z) = 0,$$

$$G_2) x, y \in X \text{ ve } x \neq y \text{ olmak üzere } 0 < G(x, x, y),$$

$G_3) x, y, z \in X$ ve $z \neq y$ için $G(x, x, y) \leq G(x, y, z)$,

$G_4) G(x, y, z) = G(x, z, y) = G(y, z, x) = \dots$ (simetri)

$G_5) x, y, z, a \in X$ için $G(x, y, z) \leq G(x, a, a) + G(a, y, z)$ (dikdörtgen eşitsizliği)

Bu durumda (X, G) ikilisine X üzerinde genelleştirilmiş G –metrik uzay denir.

Tanım 2.3 [3]: X boştan farklı bir küme ve $p: X \times X \rightarrow R^+$ aşağıdaki koşulları sağlayan bir dönüşüm olsun.

$PM_1)$ Her $x, y \in X$ için $p(x, x) \leq p(x, y)$ dir.

$PM_2)$ Her $x, y \in X$ için $x = y \Leftrightarrow p(x, x) = p(x, y) = p(y, y)$ dir.

$PM_3)$ Her $x, y \in X$ için $p(x, y) = p(y, x)$ dir.

$PM_4)$ Her $x, y, z \in X$ için $p(x, y) \leq p(x, z) + p(z, y) - p(z, z)$ dir.

Bu durumda p ye X üzerinde bir kısmi metrik ve (X, p) ikilisine kısmi metrik uzay denir. Eğer $p(x, y) = 0$ ise (PM_1) ve (PM_2) özelliklerinden $x = y$ olduğu görülmektedir. Fakat $x = y$ ise $p(x, y)$ değeri her zaman sıfır olmayabilir.

Tanım 2.4 [4]: X boştan farklı bir küme, $*$ sürekli bir t -norm ve $M: X \times X \times [0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ aşağıdaki koşulları sağlayan bir dönüşüm olsun.

$KM_1)$ Her $x, y \in X$ için $M(x, y, 0) = 0$ dir.

$KM_2)$ Her $x, y \in X$ ve $t > 0$ için $M(x, y, t) = 1 \Leftrightarrow x = y$ dir.

$KM_3)$ Her $x, y \in X$ ve $t > 0$ için $M(x, y, t) = M(y, x, t)$ dir.

$KM_4)$ Her $x, y, z \in X$ ve $t, s > 0$ için $M(x, y, t) * M(y, z, s) \leq M(x, z, t + s)$ dir.

$KM_5)$ Her $x, y \in X$ için $M(x, y, \cdot) : [0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ sol sürekli.

Bu durumda $(M, *)$ ikilisine X üzerinde bulanık metrik ve $(X, M, *)$ üçlüsüne bulanık metrik uzay denir.

Tanım 2.5 [5]: X boştan farklı bir küme, $*$ sürekli bir t -norm ve $F: X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ aşağıdaki koşulları sağlayan bir dönüşüm olsun.

$PFM_1)$ Her $x, y \in X$ ve $t > 0$ için $x = y \Leftrightarrow F(x, x, t) = F(x, y, t) = F(y, y, t)$ dir.

$PFM_2)$ Her $x, y \in X$ ve $t > 0$ için $F(x, x, t) \geq F(x, y, t) > 0$ dir.

$PFM_3)$ Her $x, y \in X$ ve $t > 0$ için $F(x, y, t) = F(y, x, t)$ dir.

$PFM_4)$ Her $x, y, z \in X$ ve $t, s > 0$ için $F(x, y, \max\{t, s\}) * F(z, z, \max\{t, s\}) \geq F(x, y, t) * F(y, z, s)$ dir.

$PFM_5) \forall x, y \in X$ için $F(x, y, \cdot): (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ sürekli.

Bu durumda $(F, *)$ ikilisine X üzerinde bulanık kısmi metrik ve $(X, F, *)$ üçlüsüne bulanık kısmi metrik uzay denir.

Tanım 2.6 [6]: X boştan farklı bir küme, $*$ sürekli bir t-norm ve $G: X \times X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0,1]$ üzerinde her $t, s > 0$ için aşağıdaki koşulları sağlayan bir dönüşüm olsun.

$$FM_1): x \neq y \text{ olduğunda tüm } x, y \in X \text{ için } G(x, x, y, t) > 0,$$

$$FM_2): y \neq z \text{ olmak üzere tüm } x, y, z \in X \text{ için } G(x, x, y, t) \geq G(x, y, z, t),$$

$$FM_3): G(x, y, z, t) = 1 \Leftrightarrow x = y = z \text{ ise,}$$

$$FM_4): G(x, y, z, t) = G(p(x, y, z), t), \text{ burada } p \text{ bir permütasyon fonksiyonudur,}$$

$$FM_5): G(x, y, z, t + s) \geq G(x, y, z, t) * G(x, y, z, s) \text{ tüm } x, y, z, a \in X \text{ için,}$$

$$FM_6): G(x, y, z): (0, \infty) \rightarrow [0,1] \text{ süreklidir.}$$

Bu durumda $(G, *)$ ikilisine X üzerinde bulanık G-metrik ve $(X, G, *)$ üçlüsüne bulanık G-metrik uzay denir.

3.1 Bulanık Kısmi G-Metrik Uzaylar

Tanım 3.1.1: X boştan farklı bir küme ve G fonksiyonu $G: X \times X \times X \times [0, \infty) \rightarrow [0,1]$ şeklinde tanımlansın. Eğer G fonksiyonu her $x, y, z \in X$ için;

$$PFGM_1) G(x, x, y, t) > 0 \quad x, y \in X \quad x \neq y,$$

$$PFGM_2) G(x, x, y, t) \geq G(x, y, z, t) \quad x, y, z \in X \quad y \neq z,$$

$$PFGM_3) x = y = z \Leftrightarrow G(x, x, x, t) = G(y, y, y, t) = G(z, z, z, t) = G(x, y, z, t) \quad x, y, z \in X$$

$$PFGM_4) G(x, y, z, t) = G(p(x, y, z), t) \text{ burada } p \text{ bir permütasyon fonksiyonudur,}$$

$$PFGM_5) G(x, a, a, t) * G(a, y, z, s) \leq G(x, y, z, t + s) * G(a, a, a, k) \quad k \geq t, k \geq s$$

$$x, y, z \in X,$$

$$PFGM_6) G(x, y, z, \cdot): [0, \infty) \rightarrow [0,1] \text{ süreklidir.}$$

şartlarını sağlıyorsa bu durumda $(X, G, *)$ üçlüsüne bulanık kısmi g-metrik uzay denir.

Teorem 3.1.2: X boştan farklı küme üzerinde tanımlı $(X, G, *)$ bulanık kısmi g-metrik uzay olsun. $*$ sürekli t-normu her $a, b, c \in [0,1]$ için $a * b \leq a * c$ iken $b \leq c$ koşulunu sağlıyorsa her $x, y, z \in X$ için;

$$G(x, y, z, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0,1]$$

azalmayan bir dönüşümdür.

Örnek 3.1.3: $X = \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$ bir küme olsun ve G de bir G-metriği olsun. X üzerinde tüm $a, b \in [0,1]$ için $a * b = ab$ yi alalım. $\forall t > 0$ için ;

$$G(x, y, z, t) = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

X üzerinde bir bulanık kısmi G-metrik olduğunu gösterelim.

Çözüm:

$G(x, x, y, t) > 0$ olduğunu gösterelim. $\forall x, y \in X \quad x \neq y \quad t > 0$ için ve tanımdan;

$$G(x, x, y, t) = \frac{t}{t + \min(x, x, y)}$$

ve,

$$0 \leq G(x, x, y, t) \leq 1$$

$t > 0$ olduğundan;

$$0 \leq \frac{t}{t + \min(x, x, y)} \leq 1$$

olur ve,

$$\min(x, x, y) > 0$$

olduğu elde edilir.

$G(x, x, y, t) \geq G(x, y, z, t)$ olduğunu gösterelim. $\forall x, y, z \in X \quad y \neq z \quad t > 0$;

$$G(x, x, y, t) = \frac{t}{t + \min(x, x, y)} \geq G(x, y, z, t) = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

$$t + \min(x, y, z) \geq t + \min(x, x, y)$$

$$\min(x, y, z) \geq \min(x, x, y)$$

olduğu elde edilir.

$$x = y = z \Leftrightarrow G(x, x, x, t) = G(y, y, y, t) = G(z, z, z, t) = G(x, y, z, t)$$

olduğunu gösterelim.

$\forall x, y, z \in X$ ve $t > 0$;

$\Rightarrow x = y = z$ olduğunu kabul edelim;

$$G(x, x, x, t) = \frac{t}{t + \min(x, x, x)} = \frac{t}{t + x}$$

$$G(y, y, y, t) = \frac{t}{t + \min(y, y, y)} = \frac{t}{t + y}$$

$$G(z, z, z, t) = \frac{t}{t + \min(z, z, z)} = \frac{t}{t + z}$$

$$\frac{t}{t + x} = \frac{t}{t + y} = \frac{t}{t + z} = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

ise;

$$G(x, x, x, t) = G(y, y, y, t) = G(z, z, z, t) = G(x, y, z, t)$$

olur ve bu yönü göstermiş oluruz.

$\Leftarrow G(x, x, x, t) = G(y, y, y, t) = G(z, z, z, t) = G(x, y, z, t)$ olduğunu kabul edelim;

$$\frac{t}{t + \min(x, x, x)} = \frac{t}{t + \min(y, y, y)} = \frac{t}{t + \min(z, z, z)} = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

$$\frac{t}{t + x} = \frac{t}{t + y} = \frac{t}{t + z} = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

buradan,

$$x = y = z$$

eşitliği sağlanmış olur.

$G(x, y, z, t) = G(p(x, y, z), t)$, (p permütasyon fonksiyon) olduğunu gösterelim. $\forall x, y, z \in X$ ve $t > 0$;

$$G(x, y, z, t) = G(x, z, y, t) = G(y, x, z, t) = G(z, y, x, t) = G(z, x, y, t) = G(y, z, x, t)$$

$$\frac{t}{t + \min(x, y, z)} = \frac{t}{t + \min(x, z, y)} = \frac{t}{t + \min(y, x, z)}$$

$$= \frac{t}{t + \min(z, x, y)} = \frac{t}{t + \min(z, y, x)} = \frac{t}{t + \min(y, z, x)}$$

$$\min(x, y, z) = \min(x, z, y) = \min(y, x, z) = \min(z, y, x) = \min(z, x, y) = \min(y, z, x)$$

olduğu elde edilir.

$G(x, a, a, t) * G(a, y, z, s) \leq G(x, y, z, t + s) * G(a, a, a, k)$ olduğunu gösterelim.

$k \geq t$ $k \geq s$ $\forall x, y, z \in X$ ve $t > 0$;

i) $x \leq a \leq y \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

$k \geq t$ ve $k \geq s$ olduğundan şart sağlanmış olur.

ii) $a \leq x \leq y \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

iii) $a \leq y \leq x \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

iv) $a \leq y \leq z \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

v) $x \leq y \leq a \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

vi) $x \leq y \leq z \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

vii) $y \leq a \leq x \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

viii) $y \leq x \leq a \leq z$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

ix) $y \leq z \leq x \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

x) $y \leq a \leq z \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xi) $z \leq a \leq x \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xii) $z \leq x \leq a \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xiii) $z \leq y \leq x \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xiv) $z \leq y \leq a \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xv) $x \leq z \leq a \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xvi) $a \leq z \leq y \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xvii) $y \leq z \leq a \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xviii) $x \leq z \leq y \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xix) $x \leq a \leq z \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xx) $y \leq x \leq z \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + y} \leq \frac{t + s}{t + s + y} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xxi) $a \leq x \leq z \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + x} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xxii) $a \leq z \leq x \leq y$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + a} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xxiii) $z \leq x \leq y \leq a$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + x} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

xxiv) $z \leq a \leq y \leq x$

$$\frac{t}{t + \min(x, a, a)} * \frac{s}{s + \min(a, y, z)} \leq \frac{t + s}{t + s + \min(x, y, z)} * \frac{k}{k + \min(a, a, a)}$$

$$\frac{t}{t + a} * \frac{s}{s + z} \leq \frac{t + s}{t + s + z} * \frac{k}{k + a}$$

olup şart sağlanmış olur.

$$k \geq t \quad k \geq s \quad s, t > 0$$

olduğundan:

$$G(x, a, a, t) * G(a, y, z, s) \leq G(x, y, z, t + s) * G(a, a, a, k)$$

olduğu gösterilmiş olur.

$G(x, y, z, \cdot): [0, \infty] \rightarrow [0, 1]$ süreklidir.

Tüm koşullar sağlandığı için;

$$G(x, y, z, t) = \frac{t}{t + \min(x, y, z)}$$

bulanık kısmi g-metrik uzayıdır.

Örnek 3.1.4: X boştan farklı bir küme, $(X, G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzay ve $G: X \times X \times X \times [0, \infty] \rightarrow [0, 1]$ dönüşümü her $x, y, z, t \in X$ için;

$$G(x, y, z, t) = |x - y| + |x - z| + |y - z| + |x - t| + |y - t| + |z - t|$$

şeklinde tanımlansın. Bu durumda $(X, G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzayı X üzerinde simetriktr.

Çözüm:

i) $x < y < z < t$

$$-x + y - x + z - y + z - x + t - y + t - z + t = -3x - y + z + 3t$$

ii) $t < z < y < x$

$$x - y + x - z + y - z + x - t + y - t + z - t = 3x + y - z - 3t$$

Buradan diğer eşitsizlikleri de göz önünde bulundurarak X üzerinde tanımlı olan $(X, G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzayın simetrik olduğunu (i) ve (ii) den göstermiş oluruz.

Not 3.1.5: Her bulanık kısmı g-metrik uzay simetrik olmak zorunda değildir.

Tanım 3.1.6: X boştan farklı bir küme ve $(X, P_G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzay olsun. $x \in X$ ve $(x_n), (x_r)$ X 'de birer dizi olsun. Eğer;

$$\lim_{n,r \rightarrow \infty} P_G(x, x_n, x_r, t) = 0$$

ise (x_n) limitli olur (x_n) ve (x_r) dizileri x noktasına yakınsaktır denir ve $x_{n,r} \rightarrow x$ şeklinde gösterilir.

Tanım 3.2.2: $(X, P_G, *)$ bir bulanık kısmı g-metrik uzay ve $(x_n), (x_r), (x_l)$ X de birer dizi olsun. Eğer;

$$\lim_{n,r,l \rightarrow \infty} P_G(x_n, x_r, x_l, t) = 0$$

mevcut ise $(x_n), (x_r), (x_l)$ dizileri birer Cauchy dizisidir.

Tanım 3.2.3: X boştan farklı bir küme ve $(X, P_G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzay olsun. X de ki her Cauchy dizisi $(X, P_G, *)$ uzayında ki bir noktaya yakınsak ise $(X, P_G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzayına tam bulanık kısmı g-metrik uzay denir.

Teorem 3.2.4: (X, p) bir kısmı metrik uzay ve $(X, P_G, *)$ bir bulanık kısmı g-metrik uzay olsun. $(x_n), (x_r)$ dizilerinin $(X, P_G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzayında yakınsak olması için $(x_n), (x_r)$ dizilerinin $(\mathcal{A}, p)$ kısmı metrik uzayında yakınsak olmalıdırlar.

Teorem 3.2.5: (X, p) bir kısmı metrik uzay ve $(X, P_G, *)$ bir bulanık kısmı g-metrik uzay olsun. $(x_n), (x_r), (x_l)$ dizilerinin $(X, P_G, *)$ bulanık kısmı g-metrik uzayında Cauchy dizisi olması için $(x_n), (x_r), (x_l)$ dizilerinin (X, p) kısmı metrik uzayında Cauchy dizisi olmalıdırlar.

Teorem 3.2.6: (X, p) bir kısmi metrik uzay ve $(X, P_G, *)$ bir bulanık kısmi g-metrik uzay olsun. $(X, P_G, *)$ bulanık kısmi g-metrik uzayının tam olması için (X, p) kısmi metrik uzayı tam olmalıdır.

Örnek 3.2.9: $(X, P_G, *)$ bir bulanık kısmi g-metrik uzay olsun. $X = \mathbb{R}$ ve $G: X \times X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+$ dir.

$$G(x, y, z, t) = \max\{|x - y|, |x - z|, |x - t|, |y - z|, |y - t|, |z - t|\}$$

olsun. $x, y, z, k \in X$ için;

$$x_k = \begin{cases} k, & k \text{ çift ise,} \\ 0, & \text{diğer durumlar,} \end{cases}$$

x_k yakınsak değildir.

Örnek 3.2.10: $X = \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$ bir küme olsun ve G de bir G-metriği olsun. X üzerinde tüm $a, b \in [0, 1]$ için $a * b = ab$ yi alalım. $\forall t > 0$ için ;

$$G(x, y, z, t) = \frac{t}{t + \max(x, y, z)}$$

X üzerinde bir bulanık kısmi g-metrik uzaydır. $(X, P_G, *)$ bulanık kısmi g-metrik uzayında $(x_n) = (1, 2, 1, 2, \dots)$ dizisi, her $x \geq 2$ için;

$$\lim_{n,r \rightarrow \infty} P_G(x, x_n, x_r, t) = 0$$

olduğundan yakınsaktır. Bu dizinin yakınsadığı noktaların kümesini $T(x_{n,r})$ ile gösterilirse

$$T(x_{n,r}) = \{x \in X \mid x_{n,r} \rightarrow x\} = [2, \infty)$$

dir. Buradan $(x_n), (x_r)$ dizilerinin limitinin tek olmadığı görülür. Ayrıca,

$$\lim_{n,r,l \rightarrow \infty} P_G(x_n, x_r, x_l, t)$$

mevcut olmadığından $(x_n), (x_r), (x_l)$ birer Cauchy dizisi değildir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, metrik uzay teorisinde belirsizliklerin modellenmesi adına önemli bir boşluğu doldurmak amacıyla bulanık kısmi G-metrik uzay kavramı tanımlanmış ve bu yapının temel topolojik özellikleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen bulgular, bu yeni uzayın hem klasik metrik uzayların hem de bulanık metrik uzayların daha genel ve esnek bir formu olduğunu göstermektedir. Araştırma sürecinde, tanımlanan uzayın azalmayan dönüşüm özelliği teorik olarak ispatlanmış ve uzayın simetrik yapısı somut bir örnek üzerinden doğrulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, belirsizlik ve kısmi bilgi içeren karmaşık sistemlerin matematiksel olarak modellenmesi için güçlü ve tutarlı bir teorik çerçeve sunmaktadır. Bu çalışma, yalnızca teorik bir genişleme sunmakla kalmayıp, aynı zamanda bulanık topoloji ve sabit nokta teorisi alanındaki gelecek araştırmalar için sağlam bir zemin

oluşturmaktadır. İleriki çalışmalarda, burada sunulan yapının algoritma geliştirme süreçlerine entegre edilmesi ve belirsizlik tabanlı karar verme problemlerinde uygulanması önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Copson, E. T. (1968). Metric Spaces, Cambridge University Press, New York.
- [2] G. Sun and K. Yang, (2010). "Generalized fuzzy metric spaces with properties," Research journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, vol. 2, no. 7, pp. 673–678.
- [3] Matthews, S.G. (1994). Partial Metric Topology, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 728, 183-197.
- [4] Kramosil I., Michálek, J. (1975). Fuzzy Metrics and Statistical Metric Spaces, *Kybernetika*, 11(5), 336-344.
- [5] Sedghi, S., Shobkolaei N., Altun I. (2015). Partial Fuzzy Metric Space and Some Fixed Point Results, *Communications in Mathematics*, 23(2), 131-142.
- [6] Rao, K. P. R., Ishak Altun, and S. Hima Bindu. (2011). "Common Coupled Fixed-Point Theorems in Generalized Fuzzy Metric Spaces." *Advances in fuzzy systems*, 1 986748.
- [7] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- [8] Aldemir B. (2021). Kısmi bulanık metrik uzaylar ve sabit nokta teoremleri Partial fuzzy metric spaces and fixed point theorems
- [9] Küçük Ş.S. (2023). Lacunary istatistiksel yakınsaklık kavramının G-metrik ve g-metrik uzaylarda anlamı The meaning of the concept of lacunary statistical convergence in G-metric and g-metric spaces.
- [10] Uluçay, V., Şahin, N. M., Toz, N. İ., & Bozkurt, E. (2023). VIKOR method for decision-making problems based on Q-single-valued neutrosophic sets: Law application. *Journal of Fuzzy Extension & Applications (JFEA)*, 4(4).
- [11] Şahin, N. M., & Uz, M. S. (2021). Multi- criteria decision- making applications based on set valued generalized neutrosophic quadruple sets for law. *International Journal of Neutrosophic Science*, 17(1), 41-60.
- [12] Şahin, N. M., & Dayan, A. (2021). Multicriteria decision-making applications based on generalized hamming measure for law. *International Journal of Neutrosophic Science*, 17(1), 8-29.
- [13] Uluçay, V., & Şahin, N. M. (2023). Some harmonic aggregation operators with trapezoidal fuzzy multi-numbers: Application of law. In *Neutrosophic SuperHyperAlgebra And New Types of Topologies* (pp. 202-219). Global Knowledge Publishing House.
- [14] Şahin, N. M. (2024). A new approach for application of cyber wars with Q-fuzzy sets. In *Algebraic Structures in the Universe of Neutrosophic: Analysis with Innovative Algorithmic Approaches* (pp. 78-100). Biblio Publishing.

BULANIK KISMI b-METRİK UZAYLAR**Memet ŞAHİN**

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-1066-1641**Özkan AYTEKİN**

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye

ORCID: 0009-0005-8457-5091**ÖZET**

Bu çalışmada bulanık kısmi b-metrik uzay konusunda kullanacağımız klasik metrik, b-metrik, kısmi metrik, bulanık metrik ve bulanık kısmi metrik uzaylarla ilgili temel tanımlar ve özellikler verilmiştir. Bu temeller üzerine, sürekli t-norm işlemleri kullanılarak yeni bir yapı olan bulanık kısmi b-metrik uzay tanımı verilmiştir. Sonrasında ise konuyla ilgili bir örnek verilmiştir. Buna ek olarak, bu yapının elde edilişinde kullanılan dönüşümlerin özellikleri incelenmiştir. Ayrıca, tanımlanan bu yeni uzay üzerindeki temel özellikler incelenmiştir. Özellikle dizilerin yakınsaklığı, limitin tekliği incelenmiş ve fonksiyonların bu uzaydaki süreklilik özellikleri üzerine teoremler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık Metrik, Bulanık Kısmi Metrik, Bulanık b-Metrik Uzaylar, Bulanık Kısmi b-Metrik Uzaylar, Yakınsaklık.

FUZZY PARTIAL b-METRIC SPACES**ABSTRACT**

In this study, fundamental definitions and properties concerning classical metric, b-metric, partial metric, fuzzy metric, and fuzzy partial metric spaces are provided. Building upon these foundations, the definition of a novel structure, the fuzzy partial b-metric space, is introduced by utilizing continuous t-norm operations. Subsequently, an illustrative example related to the subject is presented. Furthermore, the properties of the transformations employed in the construction of this structure are investigated. Additionally, fundamental properties within this newly defined space are examined. In particular, the convergence of sequences and the uniqueness of limits are analyzed, and theorems concerning the continuity properties of functions within this space are established.

Keywords: Fuzzy Metric, Fuzzy Partial Metric, Fuzzy b-Metric Spaces, Fuzzy Partial b-Metric Spaces, Convergence.

1. GİRİŞ

Gerçek hayatta karşılaşılan problemler, genellikle belirsizlik ve karmaşıklık içeren verilerle karakterize edilir. Klasik küme teorisi, doğası gereği kesin olmayan bu tür verilerin modellenmesinde çoğu zaman yetersiz kalmaktadır. Bu yetersizlik, daha esnek ve güçlü

modelleme tekniklerine olan ihtiyacı doğurmuştur. Bu gereksinim doğrultusunda, bir elemanın kümeye ait olmasının $[0,1]$ aralığında tanımlı bir üyelik fonksiyonu ile ifade edildiği bulanık küme teorisi, 1965 yılında Zadeh [1] tarafından geliştirilmiştir. Belirsizliğin modern matematikte ele alınmasında bir dönüm noktası olan bu teori, zaman içerisinde birçok farklı alanda genişletilmiş ve bulanık kümelerin çeşitli uzantıları literatüre kazandırılmıştır [11-13]. Bulanık küme teorisinin metrik uzaylarda çalışılmasıyla ortaya çıkan bulanık metrik uzay kavramı, ilk olarak Kramosil ve Michalek [8] ile Kaleva ve Seikkala [9] tarafından iki farklı yaklaşımla tanımlanmıştır. Takip eden süreçte, birçok araştırmacı bu uzaylar üzerinde çeşitli büzülme (daralma) dönüşümleri tanımlayarak sabit nokta teoremleri üzerine kapsamlı çalışmalar gerçekleştirmiştir. Diğer taraftan, kısmi metrik uzay kavramı 1992 yılında Matthews [4] tarafından tanıtılmıştır. Kısmi metrik uzayda, klasik metrik uzaylardan farklı olarak, bir noktanın kendisine olan uzaklığının sıfırdan farklı olabileceği verilmiştir. Kısmi metrik uzaylar, sağladığı bu esneklik sayesinde sadece bilgisayar bilimlerinde değil, matematiğin birçok dalında yaygın bir kullanım alanı bulmuş ve klasik metrik uzaylardaki birçok teorem bu yeni yapıya uyarlanarak genelleştirilmiştir. Kısmi metrik ve bulanık metrik yapıların her ikisini de bünyesinde barındıran bulanık kısmi metrik uzay kavramı ise ilk kez 2012 yılında Sedghi ve Shobe [3] tarafından literatüre sunulmuştur. İlgili çalışmada, bulanık kısmi metrik uzay, bulanık metrik uzayın bir genişlemesi olarak ele alınmış ve bu yapıda bazı sabit nokta teoremleri ispatlanmıştır. Daha sonra Gregori ve arkadaşları [10], sürekli t-norm ve diğer $(+,,\cup,\cap)$ işlemleri kullanarak bulanık kısmi metrik uzay kavramını yeniden ele almış; ayrıca açık yuvar kavramını tanımlayarak bu yapıdan türetilen bir topoloji geliştirmişlerdir. Bu çalışmanın temel amacı, bulanık kısmi metriğin daha farklı bir hali olan bulanık kısmi b-metrik kavramını tanımlamaktır. Çalışmanın aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir: Ön Bilgiler bölümünde, çalışma boyunca kullanılacak temel tanım ve özelliklere yer verilmiştir. Araştırma ve Bulgular bölümünde ise bulanık kısmi b-metrik uzaylar tanımlanmış, bu tanıma sağlayan açıklayıcı bir örnek sunulmuş ve örneğin gerekli şartları sağladığı gösterilmiştir. Ayrıca, bulanık kısmi b-metrik uzaylardan bulanık kısmi metrik uzayların türetilebileceğine ilişkin bir önerme sunulmuştur. Tanımda kullanılan dönüşümün azalmayan olduğu kanıtlanmış ve verilen örnek üzerinde bu durum doğrulanmıştır.

2. ÖN BİLGİLER

Tanım 2.1: [2] $X \neq \emptyset$ olsun. X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$d:X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa d fonksiyonuna X kümesi üzerinde bir metrik denir.

$$M_1) d(x,y) \geq 0$$

$$M_2) d(x,y)=0 \Leftrightarrow x=y$$

$$M_3) d(x,y)=d(y,x)$$

$$M_4) d(x,y) \leq d(x,z)+d(z,y)$$

(X,d) çiftine metrik uzay denir.

Tanım 2.2: [7] $X \neq \emptyset$ olsun. X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$d_b: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ ve $k \geq 1$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa d_b fonksiyonuna X kümesi üzerinde bir b -metrik denir.

$$M_{b1}) d_b(x,y) \geq 0$$

$$M_{b2}) d_b(x,y)=0 \Leftrightarrow x=y$$

$$M_{b3}) d_b(x,y)=d_b(y,x)$$

$$M_{b4}) d_b(x,y) \leq k[d_b(x,z)+d_b(z,y)]$$

(X,d_b) çiftine b -metrik uzay denir.

Tanım 2.3: [4] $X \neq \emptyset$ olsun. X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$p: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa p fonksiyonuna X kümesi üzerinde bir kısmi metrik denir.

$$M_1) p(x,y) \leq p(x,y)$$

$$M_2) p(x,x)=p(x,y)=p(y,y) \Leftrightarrow x=y$$

$$M_3) p(x,y)=p(y,x)$$

$$M_4) p(x,y) \leq p(x,z)+p(z,y)-p(z,z)$$

(X,p) çiftine kısmi metrik uzay denir.

Tanım 2.4 [4] $X \neq \emptyset$ olsun. X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$P_b: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ ve $s \geq 1$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa p_b fonksiyonuna X kümesi üzerinde bir kısmi metrik denir.

$$M_1) p_b(x,y) \leq p_b(x,y)$$

$$M_2) p_b(x,x)=p_b(x,y)=p_b(y,y) \Leftrightarrow x=y$$

$$M_3) p_b(x,y)=p_b(y,x)$$

$$M_4) p_b(x,y) \leq s[p_b(x,z) + p_b(z,y) - p_b(z,z)]$$

(X, p_b) çiftine

kısmi b-metrik uzay denir.

Tanım 2.5 [5] $X \neq \emptyset$ olsun. $*$ sürekli bir t-norm ve X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$M: X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0,1]$$

bulanık fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ ve her $t,s > 0$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa $(M, *)$ ikilisine X kümesi üzerinde bir bulanık metrik denir.

$$B_{m1}) M(x,y,0)=0$$

$$B_{m2}) M(x,y,t)=1 \Leftrightarrow x=y$$

$$B_{m3}) M(x,y,t)=M(y,x,t)$$

$$B_{m4}) M(x,z,t)*M(z,y,s) \leq M(x,y,t+s)$$

$$B_{m5}) M(x,y, \cdot) : (0,\infty) \rightarrow [0,1] \text{ sürekli.}$$

$(X,M,*)$ üçlüsüne bulanık metrik uzay denir.

Tanım 2.6 [8] $X \neq \emptyset$ olsun. $*$ sürekli bir t-norm ve X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$M_b: X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0,1]$$

bulanık fonksiyonu, her $x,y,z \in X$, her $t,s > 0$ ve her $b \geq 1$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa $(M_b, *)$ ikilisine X kümesi üzerinde bir bulanık b-metrik denir.

$$B_{m1}) M_b(x,y,0)=0$$

$$B_{m2}) M_b(x,y,t)=1 \Leftrightarrow x=y$$

$$B_{m3}) M_b(x,y,t)=M(y,x,t)$$

$$B_{m4}) M_b(x,z,\frac{t}{b})*M(z,y,\frac{s}{b}) \leq M(x,y,t+s)$$

$$B_{m5}) M_b(x,y, \cdot) : (0,\infty) \rightarrow [0,1] \text{ sürekli.}$$

$(X,M_b,*)$ üçlüsüne bulanık b-metrik uzay denir.

Tanım 2.7 [4] $X \neq \emptyset$ olsun. $*$ sürekli bir t-norm ve X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$F: X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0,1]$$

bulanık fonksiyonu, her $x,y,z \in X$ ve her $t,s > 0$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa $(F, *)$ ikilisine X üzerinde Bulanık kısmi metrik denir.

$$FP_{m1}) F(x,y,t) > 0$$

$$FP_{m2}) F(x,x,t) \geq F(x,y,t)$$

$$FP_{m3}) F(x,y,t) = F(y,x,t)$$

$$FP_{m4}) F(x,x,t) = F(x,y,t) = F(y,y,t) \Leftrightarrow x=y$$

$$FP_{m5}) F(x,y,t+s)*F(z,z,k) \geq F(x,z,t)*F(z,y,s), k \geq t \vee k \geq s$$

$F_{m6}) F(x,y, \cdot) : (0,\infty) \rightarrow [0,1]$ sürekli.

$(X,F,*)$ üçlüsüne Bulanık kısmi metrik uzay denir.

3. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

3.1 Bulanık Kısmi b-Metrik Uzaylar

Tanım 3.1.1 $X \neq \emptyset$ olsun. $*$ sürekli bir t-norm ve X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$F_b: X \times X \times (0, \infty) \rightarrow [0,1]$$

bulanık fonksiyonu, her $x,y,z \in X$, her $t,s > 0$ ve $b \geq 1$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa $F_b, *$ ikilisine X üzerinde Bulanık kısmi b-metrik denir.

$$FPM_{b1}) F_b(x,y,t) > 0$$

$$FPM_{b2}) F_b(x,x,t) \geq F_b(x,y,t)$$

$$FPM_{b3}) F_b(x,y,t) = F_b(y,x,t)$$

$$FPM_{b4}) F_b(x,x,t) = F_b(x,y,t) = F_b(y,y,t) \Leftrightarrow x=y$$

$$FPM_{b5}) F_b(x,y,t+s) * F_b(z,z,k) \geq F_b(x,z,\frac{t}{b}) * F_b(z,y,\frac{s}{b}), k \geq \frac{t}{b} \vee k \geq \frac{s}{b}$$

$$FPM_{b6}) F_b(x,y, \cdot) : (0,\infty) \rightarrow [0,1] \text{ sürekli.}$$

$(X,F_b,*)$ üçlüsüne Bulanık kısmi b-metrik uzay denir.

Örnek 3.1.2: $X = \mathbb{R}$ ve her $a,b \in [0,1]$ için $a*b = a.b$ olmak üzere $M: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times (0,\infty) \rightarrow [0,1]$

bulanık fonksiyon her $x,y \in \mathbb{R}$, $t,s > 0$ ve $b \geq 1$ için;

$$F_b(x,y,t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2,y^2\} - \min\{x,y\}}{t}}$$

Şeklinde tanımlansın

FPM_{b1}) $F_b(x,y,t) > 0$ olduğunu gösterelim.

$F_b(x,y,t) \in \mathbb{R}^+$ olduğundan $F_b(x,y,t) > 0$ şartını sağlar.

FPM_{b2}) $F_b(x,x,t) \geq F_b(x,y,t)$ olduğunu gösterelim.

$$F_b(x,x,t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2,x^2\} - \min\{x,x\}}{t}} \text{ ve } F_b(x,y,t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2,y^2\} - \min\{x,y\}}{t}}$$

olur. Buradan

$$\pi^{-\frac{\max\{x^2,x^2\} - \min\{x,x\}}{t}} \geq \pi^{-\frac{\max\{x^2,y^2\} - \min\{x,y\}}{t}}$$

olduğundan

$$\frac{\max\{x^2,x^2\} - \min\{x,x\}}{t} \leq \frac{\max\{x^2,y^2\} - \min\{x,y\}}{t}$$

olduğunu gösterelim.

$x \leq y$ için

$$\frac{\max\{x^2, x^2\} - \min\{x, x\}}{t} \leq \frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t} \Rightarrow \frac{x^2 - x}{t} \leq \frac{y^2 - x}{t} \Rightarrow x \leq y$$

olup şartı sağlar.

$y \leq x$ için

$$\frac{\max\{x^2, x^2\} - \min\{x, x\}}{t} \leq \frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t} \Rightarrow \frac{x^2 - x}{t} \leq \frac{x^2 - y}{t} \Rightarrow y \leq x \text{ olup şartı sağlar.}$$

$F_b(x, x, t) \geq F_b(x, y, t)$ şartını sağlar.

FPM_{b3} $F_b(x, y, t) = F_b(y, x, t)$ olduğunu gösterelim.

$$F_b(x, y, t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t}} \text{ ve } F_b(y, x, t) = \pi^{-\frac{\max\{y^2, x^2\} - \min\{y, x\}}{t}} \text{ olur.}$$

değişme özelliği olduğundan $F_b(x, y, t) = F_b(y, x, t)$ şartını sağlar.

FPM_{b4} $F_b(x, x, t) = F_b(x, y, t) = F_b(y, y, t) \Leftrightarrow x = y$ olduğunu gösterelim.

$$(\Rightarrow) F_b(x, x, t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, x^2\} - \min\{x, x\}}{t}}, F_b(y, y, t) = \pi^{-\frac{\max\{y^2, y^2\} - \min\{y, y\}}{t}}$$

olur.

$$F_b(x, y, t) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, x^2\} - \min\{x, x\}}{t}} = \pi^{-\frac{\max\{y^2, y^2\} - \min\{y, y\}}{t}}$$

olması için $x = y$ olur

$$(\Leftarrow) x = y \text{ olsun. } \pi^{-\frac{\max\{x^2, x^2\} - \min\{x, x\}}{t}} = \pi^{-\frac{\max\{y^2, y^2\} - \min\{y, y\}}{t}} = \pi^{-\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t}}$$

olur.

$F_b(x, x, t) = F_b(x, y, t) = F_b(y, y, t)$ şartını sağlar.

FPM_{b5} Her $x, y, z \in X$ ve $t, s > 0$, $b \geq 1$ için $F_b(x, y, t+s) * F_b(z, z, k) \geq F_b(x, z, \frac{t}{b}) * F_b(z, y, \frac{s}{b})$,

$k \geq \frac{t}{b} \vee k \geq \frac{s}{b}$ olduğunu gösterelim.

$$F_b(x, y, t+s) * F_b(z, z, k) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s}} \cdot \pi^{-\frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k}}$$

ve

$$F_b(x, z, \frac{t}{b}) * F_b(z, y, \frac{s}{b}) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}}} \cdot \pi^{-\frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}}}$$

olur. Buradan

$$\pi \frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} \cdot \pi \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \geq \pi \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} \cdot \pi \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}}$$

$$\Rightarrow \frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}}$$

olduğunu gösterelim.

i) $x \leq y \leq z$ için

55

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{y^2 - x}{t+s} + \frac{z^2 - z}{k} \leq \frac{x^2 - x}{\frac{t}{b}} + \frac{z^2 - y}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

ii) $x \leq z \leq y$ için

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{y^2 - x}{t+s} + \frac{z^2 - z}{k} \leq \frac{z^2 - x}{\frac{t}{b}} + \frac{y^2 - z}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

iii) $y \leq x \leq z$ için

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{x^2 - y}{t+s} + \frac{z^2 - z}{k} \leq \frac{z^2 - x}{\frac{t}{b}} + \frac{z^2 - y}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

iv) $y \leq z \leq x$ için

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{x^2 - y}{t+s} + \frac{z^2 - z}{k} \leq \frac{x^2 - z}{\frac{t}{b}} + \frac{z^2 - y}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

v) $z \leq x \leq y$ için

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{y^2-x}{t+s} + \frac{z^2-z}{k} \leq \frac{x^2-z}{\frac{t}{b}} + \frac{y^2-z}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

vi) $z \leq y \leq x$ için

$$\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{t+s} + \frac{\max\{z^2, z^2\} - \min\{z, z\}}{k} \leq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} + \frac{\max\{z^2, y^2\} - \min\{z, y\}}{\frac{s}{b}} \Rightarrow$$

$$\frac{x^2-y}{t+s} + \frac{z^2-z}{k} \leq \frac{x^2-z}{\frac{t}{b}} + \frac{y^2-z}{\frac{s}{b}}$$

olup şartı sağlar.

$k \geq \frac{t}{b} \vee k \geq \frac{s}{b}$, $t, s > 0$, $b \geq 1$ olduğundan $F_b(x, y, t+s) * F_b(z, z, k) \geq F_b(x, z, \frac{t}{b}) * F_b(z, y, \frac{s}{b})$ şartını sağlar.

FPM_{b6}) F_b 'nin tanımından $F_b(x, y, \cdot)$, $(0, \infty)$ üzerinde sürekli bir dönüşümdür.

Yani $(X, F_b, *)$ üçlüsü Bulanık kısmi b-metrik uzay olur.

Önerme 3.1.3: Bir bulanık kısmi b-metrikten bulanık kısmi metrik elde edilebilir.

Teorem 3.1.4: $(X, F_b, *)$ bulanık kısmi b- metrik uzay olsun. $*$ sürekli t-normu her $x, y \in X$ için $F(x, y, \cdot) : (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ azalmayan bir dönüşümdür .

Örnek 3.1.5: $X = \mathbb{R}$ ve her $a, b \in [0, 1]$ için $a * b = a.b$ olmak üzere $M: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ bulanık fonksiyon her $x, y \in \mathbb{R}$, $t, s > 0$ ve $b \geq 1$ için;

$$F_b(x, y, \frac{t}{b}) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{\frac{t}{b}}}$$

şeklinde tanımlansın

FPM_{b5})koşulundan

$F_b(x, z, \frac{t}{b}) * F_b(z, y, \frac{s}{b}) \leq F_b(x, y, t+s) * F_b(z, z, k)$ elde edilir. $k \geq \frac{t}{b}$, $k = \frac{s}{b}$ ve $z = y$ olsun.

$F(x, z, \frac{t}{b}) \leq F(x, z, t+s)$ elde edildiğini gösterelim.

$$F(x, z, \frac{t}{b}) = \pi^{-\frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}}} \leq \pi^{-\frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{t+s}} = F(x, z, t+s)$$

$$\frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{\frac{t}{b}} \geq \frac{\max\{x^2, z^2\} - \min\{x, z\}}{t+s}$$

olur. Buradan

$x \leq z$ için

$$\frac{z^2-x}{\frac{t}{b}} \geq \frac{z^2-x}{t+s} \Rightarrow \frac{t}{b} \leq t+s$$

olup şartı sağlar.

$$z \leq x \text{ için } \frac{x^2-z}{\frac{t}{b}} \geq \frac{x^2-z}{t+s} \Rightarrow \frac{t}{b} \leq t+s$$

olup şartı sağlar.

3.2 Bulanık Kısmi b-Metrik Uzayların Temel Özellikleri

Tanım 3.2.1: $(X, F_b, *)$ bir bulanık kısmi b-metrik uzay, $x \in X$ ve (x_n) , X 'de bir dizi olsun. Eğer $\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(x, x_n, \frac{t}{b}) = F_b(x, x, \frac{t}{b})$ oluyorsa (x_n) dizisi x noktasına yakınsaktır denir ve $x_n \xrightarrow{F_b} x$ şeklinde gösterilir.

Örnek 3.2.2: $X = \mathbb{R}$ ve her $a, b \in [0, 1]$ için $a * b = a.b$ olmak üzere $M: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \times (0, \infty) \rightarrow [0, 1]$ bulanık fonksiyon her $x, y \in \mathbb{R}$, $t, s > 0$ ve $b \geq 1$ için;

$$F_b(x, y, \frac{t}{b}) = \pi^{\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{\frac{t}{b}}}$$

şeklinde tanımlansın.

(y_n) , X 'de bir dizi ve $y_n \xrightarrow{F_b} y$ olacak şekilde yakınsak dizi olsun.

$F_b(x, x_n, \frac{t}{b})$ yakınsak bir dizi olduğunu gösterelim.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(x, y_n, \frac{t}{b}) = F_b(x, y, \frac{t}{b}) \text{ için}$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(x, y_n, \frac{t}{b}) = \pi^{\frac{\max\{x^2, y_n^2\} - \min\{x, y_n\}}{\frac{t}{b}}} = \pi^{\frac{\max\{x^2, y^2\} - \min\{x, y\}}{\frac{t}{b}}}$$

olur.

$F_b(x, y_n, \frac{t}{b})$ yakınsak bir dizidir.

Ön Teorem 3.2.3: $(X, F_b, *)$ bir bulanık kısmi b-metrik uzay ve $x, y \in X$ olmak üzere (x_n) , X 'de x ve y noktalarına yakınsak bir dizi olsun. Her $a, b, c \in [0, 1]$ için $a * b \leq a * c$ iken $b \leq c$ ve $\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(x, x_n, \frac{t}{b}) = F_b(x, x, \frac{t}{b}) = F_b(y, y, \frac{t}{b})$ ise $x = y$ dir.

Teorem 3.2.4: $(X, F_b, *)$ bir bulanık kısmi b-metrik uzay olsun. $M: X \rightarrow X$ üzerinde sürekli fonksiyon ve $(x_n) \in N$ olacak şekilde bir dizi olsun.

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(x, x_n, \frac{t}{b}) = F_b(x, x, \frac{t}{b})$$

şartını sağlıyorsa, o zaman

$$\lim_{n \rightarrow \infty} F_b(Mx, Mx_n, \frac{t}{b}) = F_b(Mx, Mx, \frac{t}{b})$$

eşitliğinde sağlar.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, klasik metrik uzay teorisinin yetersiz kaldığı belirsizlik durumlarını modellemek ve mevcut metrik yapıları genelleştirmek amacıyla "Bulanık Kısmi b-Metrik Uzay" kavramı ele alınmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda, literatürde var olan b-metrik, kısmi metrik ve bulanık metrik kavramlarının özelliklerini bünyesinde barındıran daha kapsayıcı bir yapı tanımlanmıştır. Çalışmanın temel bulgusu olarak, reel sayılar kümesi üzerinde tanımlanan özgün bir fonksiyonun, önerilen bulanık kısmi b-metrik uzay aksiyomlarını eksiksiz sağladığı gösterilmiş ve böylece yapının matematiksel tutarlılığı kanıtlanmıştır. Ayrıca, bu uzay yapısından bulanık kısmi metriklerin elde edilebileceği ve tanımlanan dönüşümlerin azalmayan özellikte olduğu teorik olarak ortaya konmuştur. Ek olarak, bu yeni uzay üzerindeki topolojik özellikler irdelenmiştir. Dizilerin yakınsaklığı kavramı bu yapıya uyarlanmış, limitin tekliği koşulları belirlenmiş ve fonksiyonların sürekliliği üzerine teoremler ispatlanmıştır. Gelecek çalışmalarda, bu uzay üzerinde tamlik (completeness) ve Cauchy dizileri gibi topolojik özelliklerin incelenmesi ve özellikle sabit nokta teoremlerinin bu yeni yapı üzerinde çalışılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- [2] Fréchet, M. M. (1906). Sur quelques points du calcul fonctionnel. *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo*, 22, 1–72.
- [3] Sedghi, S., and Shobe, N. (2012). Common fixed point theorem in b-fuzzy metric space. *Nonlinear Functional Analysis and Applications*, 17(3), 349–359.
- [4] Matthews, S. G. (1994). Partial metric topology. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 728, 183–197.
- [5] George, A., and Veeramani, P. (1994). On some results in fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 64, 395–399.
- [6] Bakhtin, I. A. (1989). The contraction mapping principle in almost metric spaces. *Functional Analysis*, 30, 26–37.
- [7] Czerwik, S. (1998) Nonlinear set-valued contraction mappings in b-metric spaces. *Atti Semin. Mat. Fis. Univ. Modena* 46, 263-276.
- [8] Kramosil, I., and Michálek, J. (1975). Fuzzy metric and statistical metric spaces. *Kybernetika*, 11, 326–334.
- [9] Kaleva, O., and Seikkala, S. (1984). On fuzzy metric spaces. *Fuzzy Sets and Systems*, 12(3), 215–229.
- [10] Gregori, V., Miñana, J. J., and Miravet, D. (2019). Fuzzy partial metric spaces. *International Journal of General Systems*, 48(3), 260–279.
- [11] Atanassov, K. (1986). *Intuitionistic fuzzy sets*. *Fuzzy Sets and Systems*, 20, 87–96.
- [12] Torra, V. (2010). *Hesitant fuzzy sets*. *International Journal of Intelligent Systems*, 25(6), 529–539.
- [13] S. Sebastian and T. V. Ramakrishnan. (2010) Multi-fuzzy sets, *International Mathematical Forum* 5(50), 2471-2476.

NÖTRO b-METRİK UZAYLAR**Memet ŞAHİN**

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye.

ORCID: 0000-0002-1066-1641**Teheni KABİRİ**

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye

ORCID: 0009-0003-6970-4065**ÖZET**

Bu çalışmanın temel amacı, klasik b-metrik uzay kavramını nütrosifik mantık çerçevesinde genişleterek Nötro b-metrik uzay kavramını literatüre kazandırmaktır. Çalışmada öncelikle nütrosifik kümeler, klasik metrik ve normlu uzaylarla ilgili literatürdeki temel ön bilgiler derlenmiştir. Daha sonra, klasik metrik aksiyomlarının nütrosifik anlamda yapılmasıyla Nötro b-metrik uzaylar tanımlanmıştır. Bu yeni uzayda, uzaklık kavramı klasik anlamdaki kesinlikten çıkarılarak; doğruluk (T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) dereceleri üzerinden çalışılmıştır. Çalışmanın devamında, elde edilen Nötro b-metrik uzaylar üzerinde dizi yakınsaklığı (Nötro-yakınsaklık), Cauchy dizisi ve tamlık (completeness) kavramları verilmiştir. Bir dizinin nötro b-metrik uzayda yakınsak olma şartları ve bu uzayın tamlığına dair kriterler belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nütrosifik mantık, b-metrik uzay, Nötro b-metrik uzay, Yakınsaklık, Cauchy dizisi, Tamlık.

NEUTRO b-METRIC SPACES**ABSTRACT**

The primary objective of this study is to introduce the concept of Neutro b-metric space to the literature by extending the classical concept of b-metric space within the framework of neutrosophic logic. Initially, fundamental preliminaries from the literature regarding neutrosophic sets, classical metric spaces, and normed spaces are compiled. Subsequently, Neutro b-metric spaces are defined by reinterpreting the classical metric axioms in a neutrosophic sense. In this novel space, the concept of distance is dissociated from classical certainty and is instead analyzed through the degrees of Truth (T), Indeterminacy (I), and Falsity (F). Furthermore, the concepts of sequence convergence (Neutro-convergence), Cauchy sequences, and completeness are presented within the context of the derived Neutro b-metric spaces. Finally, the conditions for a sequence to be convergent in a Neutro b-metric space and the criteria regarding the completeness of this space have been established.

Keywords: Neutrosophic logic, b-metric space, Neutro b-metric space, Convergence, Cauchy sequence, Completeness.

1. GİRİŞ

Matematiksel analiz ve topolojinin temel taşlarından biri olan metrik uzay kavramı, kümeler üzerindeki uzaklık fonksiyonunu kesin bir reel sayı olarak tanımlayarak yakınsaklık, süreklilik ve tamlık gibi analitik kavramların incelenmesine olanak tanır. Literatürde Copson [5], Lipschutz [12] ve Willard [19] gibi birçok araştırmacı tarafından detaylandırılan bu klasik yapı, üçgen eşitsizliği gibi katı aksiyomlar üzerine kuruludur. Ancak matematiğin gelişim süreci içerisinde, klasik metrik uzayların genelleştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu doğrultuda Czerwik [21], klasik metriktaki üçgen eşitsizliği aksiyomunu bir $k \geq 1$ sabiti ile gevşeterek b-metrik uzay

kavramını ortaya atmış ve bu uzayda sabit nokta teoremleri üzerine çalışmalar yapmıştır.

Bazı problemlerin modellenmesinde karşılaşılan belirsizlik ve kesin olmayan veriler ise klasik matematiksel yapıların yetersiz kalmasına neden olabilmektedir. Bu belirsizlik durumlarını yönetebilmek adına Zadeh [20], elemanların bir kümeye aidiyetinin $[0,1]$ aralığında derecelendirildiği Bulanık Küme (Fuzzy Set) teorisini geliştirmiştir. Daha sonra Atanassov [2], bulanık kümelerle "üye olmama" derecesini de ekleyerek Sezgisel Bulanık Kümeler (Intuitionistic Fuzzy Sets) kavramını tanımlamış, böylece belirsizlik modellemesini bir adım ileri taşımıştır.

Belirsizlik teorisindeki en kapsamlı genelleme ise Smarandache [16] tarafından yapılmıştır. Smarandache; doğruluk (T), yanlışlık (F) ve kararsızlık/belirsizlik (I) derecelerini birbirinden bağımsız bileşenler olarak ele alan Nötrosofik Mantık teorisini literatüre kazandırmıştır. Wang ve arkadaşları [18] ise bu teoriyi tek değerli nötrosofik kümeler (Single Valued Neutrosophic Sets) ile matematiksel işlemlere daha uygun hale getirmiştir. Nötrosofik teori, son yıllarda normlu uzaylar, fonksiyonel analiz ve operatör teorisi gibi alanlarda araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde çalışılmaktadır. Örneğin; Adnan [1] nötrosofik normlu uzaylarda yaklaşım teorisi üzerine, Kirişçi ve Şimşek [10] istatistiksel yakınsaklık üzerine, Khan ve arkadaşları [8, 9] ise nötrosofik operatörlerin sürekliliği ve yakınsaklığı üzerine önemli sonuçlar elde etmişlerdir. Benzer şekilde Bera ve Mahapatra [4] ile Muralikrishna ve Kumar [13] da nötrosofik yapıların lineer uzaylardaki uygulamalarını incelemişlerdir.

Son dönemde Smarandache [17], klasik cebirsel ve topolojik yapıların aksiyomlarının her zaman tam olarak sağlanmadığı (kısmen doğru, kısmen yanlış veya belirsiz olduğu) durumları inceleyen "Nötro-Yapılar" (Neutro-Structures) ve "Nötro-Cebir" kavramlarını tanıtmıştır. Bu yeni yaklaşım, aksiyomların esnetilmesine ve daha genel uzayların tanımlanmasına imkan tanımaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, Czerwik [21] tarafından tanımlanan b-metrik uzay yapısını, nütrosifik mantık ve Nötro-yapı çerçevesinde yeniden ele alarak Nötro b-metrik uzaylar kavramını tanımlamaktır. Çalışma boyunca, bu yeni uzay yapısı üzerinde nötro-yakınsaklık, Cauchy dizileri ve tamlik özellikleri incelenecektir.

2. ÖN BİLGİLER

Tanım 2.1 [19] X boş olmayan bir küme olsun. $\forall x \in X$ için $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ olmak üzere, $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile bir A **bulanık kümesi**;

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada $\mu_A(x)$, $x \in X$ in A kümesine ait olma derecesidir.

Tanım 2.2 [2] X boş olmayan bir küme olsun. $\forall x \in X$ için $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ olmak üzere, $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ ve $\nu_A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonları ile bir **sezgisel bulanık küme**

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada $\mu_A(x)$ ve $\nu_A(x)$ sırasıyla $x \in E$ için üye olma ve üye olmama derecesidir.

Ayrıca $\pi_A: X \rightarrow [0,1]$ ile gösterilen $x \in E$ için belirsizlik derecesi

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.3 [16] X boş olmayan bir küme olsun. Bir A **nütrosifik kümesi**

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada

$$0^- \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3^+$$

olmak üzere

$$T_A: X \rightarrow]^{-0}, 1^+[, I_A: X \rightarrow]^{-0}, 1^+[\text{ ve } F_A: X \rightarrow]^{-0}, 1^+[$$

Fonksiyonları sırasıyla $x \in X'$ in doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Ayrıca $^{-0} = 0 + \varepsilon$ ve $1^+ = 1 + \varepsilon$ olarak alınmıştır .

Tanım 2.4 [18] X boş olmayan bir küme olsun. Bir A **tek değerli nütrosifik kümesi** ;

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada

$$0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$$

olmak üzere

$$T_A: X \rightarrow [0,1] , I_A: X \rightarrow [0,1] \text{ ve } F_A: X \rightarrow [0,1]$$

Fonksiyonları sırasıyla, $x \in X'$ in doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.5 [5] X boştan farklı bir küme olsun. Eğer $d_m: X \times X \rightarrow [0, \infty)$ fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlarsa d_m fonksiyona X üzerinde bir **metrik**, (X, d_m) çiftine ise **metrik uzay** denir.

Her $x, y, z \in X$ için ,

$$\mathbf{M1)} \quad d_m(x, y) \geq 0$$

$$\mathbf{M2)} \quad d_m(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$$

$$\mathbf{M3)} \quad d_m(x, y) = d_m(y, x)$$

$$\mathbf{M4)} \quad d_m(x, y) \leq d_m(x, z) + d_m(z, y)$$

Tanım 2.2 [21] $X \neq \emptyset$ olsun. X üzerinde tanımlı bir küme olmak üzere,

$$d_b: X \times X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$$

fonksiyonu, her $x, y, z \in X$ ve $k \geq 1$ için aşağıdaki koşulları sağlıyorsa d_b fonksiyonuna X kümesi üzerinde bir b-metrik denir.

$$M_{b1)} \quad d_b(x, y) \geq 0$$

$$M_{b2)} \quad d_b(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$$

$$M_{b3)} \quad d_b(x, y) = d_b(y, x)$$

$$M_{b4)} \quad d_b(x, y) \leq k[d_b(x, z) + d_b(z, y)]$$

(X, d_b) çiftine b-metrik uzay denir.

Tanım 2.6 [6] (x_n) reel sayılardan oluşan bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$|x_n - x| < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse $n \rightarrow \infty$ için (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.7 [12] (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$d_m(x, x_n) < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse $n \rightarrow \infty$ için (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.8 [12] (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n, m > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$d_m(x_n, x_m) < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse (x_n) dizisine **Cauchy dizisi** denir.

Tanım 2.9 [12] (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir Cauchy dizisi olsun. Eğer her (x_n) dizisi bu uzaydaki bir noktaya yakınsıyor ise (X, d_m) metrik uzayına **tam metrik uzay** denir.

Tanım 2.10 [14] X boştan farklı bir küme, F bir reel veya kompleks sayılar cismi olsun. X kümesi üzerinde vektör toplamı olarak adlandırılan $+$ işlemi ve F ile X arasında skalerle çarpım olarak adlandırılan $.$ işlemi tanımlansın. Aşağıdaki şartlar sağlanırsa X 'e F cismi üzerinde bir **vektör uzayı** denir.

A) $V, +$ işlemine göre değişmeli bir gruptur.

1) Her $x, y \in X$ için $x + y \in X$

2) Her $x, y, z \in X$ için $x + (y + z) = (x + y) + z$

3) Her $x \in X$ için $x + \theta = \theta + x = x$ olacak şekilde $\theta \in X$ vardır.

4) Her $x \in X$ için $x + (-x) = (-x) + x = \theta$ olacak şekilde $-x \in X$ vardır.

5) Her $x, y \in X$ için $x + y = y + x$

B) $x, y \in X$ ve $\alpha, \beta \in F$ olmak üzere;

V1) $\alpha \cdot x \in X$ 'dir.

V2) $\alpha \cdot (x + y) = \alpha \cdot x + \alpha \cdot y$

V3) $(\alpha + \beta) \cdot x = \alpha \cdot x + \beta \cdot x$

V4) $(\alpha\beta) \cdot x = \alpha \cdot (\beta \cdot x)$

V5) $1 \cdot x = x$

Vektör uzayı $(V, +, .)$ ile de gösterilir. $F = \mathbb{R}$ ise X 'e reel; $F = \mathbb{C}$ ise X 'e kompleks vektör uzayı denir.

Tanım 2.11 [11] X bir reel vektör uzayı olsun. $\| \cdot \| : X \rightarrow (\infty, \infty)$ fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlarsa $\| \cdot \|$ fonksiyona X üzerinde bir **norm**, $(X, \| \cdot \|)$ çiftine ise **normlu uzay** denir.

$\forall x, y \in X$ ve $\alpha \in \mathbb{R}$ veya $\mathbb{C}$,

N1) $\|x\| \geq 0$,

N2) $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x = \theta$,

N3) $\|\alpha x\| = |\alpha| \|x\|$

N4) $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$

Tanım 2.12 [11] $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun. Her $n \in \mathbb{N}$ için $\|x_n\| < n$

olacak şekilde $n \geq 0$ sayısı bulunabilirse (x_n) dizisi sınırlıdır.

Tanım 2.13 [11] $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun, Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$\|x - x_n\| < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı bir $x \in X$ bulunabilirse (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.14 [11] $(X, \|\cdot\|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun. Her $\varepsilon > 0$ için $n, m > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$\|x_m - x_n\| < \varepsilon$$

olacak şekilde n_0 sayısı bulunabilirse (x_n) dizisine bir **Cauchy dizisi** denir.

Tanım 2.15 [11] $(X, \|\cdot\|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir Cauchy dizisi olsun, Eğer her (x_n) Cauchy dizisi yakınsak ise $(X, \|\cdot\|)$ normlu uzayına **Banach uzayı** veya **Tam normlu uzay** denir.

3. NÖTRO b-METRİK UZAYLAR

Tanım 3.1 : A boştan farklı bir küme ve $d_{mn}: A \times A \rightarrow \mathbb{R}$ bir fonksiyon olsun. Aşağıdaki şartlardan en az biri sağlarsa, d_{mn} 'ye bir nötro b-metrik denir.

$$(k, l) \in A \text{ için } d_{mn}(k, l) \geq 0$$

$$(m, n) \in A \text{ için } d_{mn}(m, n) < 0$$

$$(p, r) \in A \text{ için } d_{mn}(p, r) \geq_u 0$$

$$\text{ii) Eğer } k = l, m = n \text{ veya } p = r \Rightarrow d_{mn}(k, l) = 0$$

$$d_{mn}(m, n) \neq 0$$

$$d_{mn}(p, r) =_u 0$$

$$\text{Eğer } d_{mn}(k, l) = 0$$

$$d_{mn}(m, n) = 0$$

$$d_{mn}(p, r) = 0$$

$$\text{O zaman } k = l, m \neq n \text{ veya } p = r =_u$$

$$\text{iii) } (k, l, m) \in A \text{ için } d_{nm}(k, l) = d_{nm}(l, k)$$

$$d_{nm}(m, n) \neq d_{nm}(n, m)$$

$$d_{nm}(p, r) =_u d_{nm}(r, p)$$

$$\text{iv) } (k, l, m) \in A \text{ için } d_{nm}(k, l) \leq t [d_{nm}(k, m) + d_{nm}(m, l)]$$

$$d_{nm}(n, p) > t [d_{nm}(n, r) + d_{nm}(r, p)]$$

$$d_{nm}(s, t) \leq_u t [d_{nm}(s, v) + d_{nm}(u, t)]$$

Tanım 3.2: (A, d_{mn}) bir nötro b-metrik uzay ve $\{x_n\}, (A, d_{mn})$ de bir dizi olsun ve $k \in A$, her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ in bazı elemanları için $p \in \mathbb{N}$ varsa

$$d_{mn}(k, \{x_n\}) < \varepsilon \text{ (doğruluk derecesi T)}$$

Ve.

Eğer her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ in bazı elemanları için $r, s \in \mathbb{N}$ varsa

$$d_{mn}(k, \{x_n\}) \geq \varepsilon \text{ (yanlışlık derecesi F)}$$

Veya

$$d_{mn}(k, \{x_n\}) < \varepsilon \text{ (belirsizlik derecesi I)}$$

İse, $\{x_n\}$ k ye nötr yakınsaklık ,burada (T, I, F) $(1, 0, 0)$ ve $(0, 0, 1)$ dan farklıdır nötru yakınsak olarak adlandırılır.

Tanım 3.3: (A, d_{mn}) bir nötro b-metrik uzay ve $\{x_n\}, (A, d_{mn})$ de bir dizi olsun. ve $t \in \mathbb{N}$, her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ in bazı elemanları için $p \in \mathbb{N}$ varsa

$$d_{mn}(\{x_p\}, \{x_n\}) < \varepsilon \text{ (doğruluk derecesi T)}$$

ve

Eğer her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ in bazı elemanları için $r, s \in \mathbb{N}$ varsa

$$d_{mn}(\{x_p\}, \{x_n\}) \geq \varepsilon \text{ (yanlışlık derecesi F)}$$

veya

$$d_{mn}(\{x_p\}, \{x_n\}) < \varepsilon \text{ (belirsizlik derecesi I)}$$

İse $\{x_n\}$ dizisine nötro-Cauchy dizisi denir.

Burada (T, I, F) $(1, 0, 0)$ dan farklıdır ve $n > r \geq t$, $n > r \geq t$, $n > s \geq t$ tir.

Tanım 3.4: (A, d_{mn}) bir nötru b- metrik uzay ve $\{x_n\}, (A, d_{mn})$ de bir dizi olsun. o halde (A, d_{mn}) ye ancak ve ancak her $\{x_n\}$ Cauchy dizisi (A, d_{mn}) de yakınsıyorsa tam nötro b- metrik uzay denir.

Tanım 3.5: (A, d_{mn}) bir nötro b-metrik uzay ve $\{x_n\}, (A, d_{mn})$ de bir notrömetrik dizisi olsun, o halde (A, d_{mn}) uzayı ancak ve ancak her $\{x_n\}$ nötro b- metrik Cauchy dizisi (A, d_{mn}) de yakınsıyorsa nötro b-metrik tam nötro b- metrik uzay denir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Czerwik [21] tarafından klasik metrik uzayların bir genellemesi olarak sunulan b-metrik uzay kavramı, Smarandache [16, 17] tarafından geliştirilen Nötrosifik Mantık ve Nötro-Yapı teorileri çerçevesinde yeniden ele alınmıştır. Klasik metrik uzaylarda noktalar arasındaki uzaklık kesin bir reel sayı iken ve üçgen eşitsizliği gibi aksiyomlar katı bir şekilde

sağlanırken; tanımladığımız Nötro b-metrik uzay yapısında bu aksiyomların kısmen doğru, kısmen yanlış veya belirsiz olabileceği durumlar (Nötro-Aksiyomlar) göz önüne alınmıştır. Çalışma kapsamında, Nötro b-metrik fonksiyonu; doğruluk (T), belirsizlik (I) ve yanlışlık (F) dereceleri kullanılarak tanımlanmış ve bu uzay üzerinde topolojik analiz için temel teşkil eden dizi yakınsaklığı (Nötro-yakınsaklık), Cauchy dizisi ve tamlık kavramları detaylandırılmıştır. Elde edilen tanımlar, belirsizlik içeren verilerin ve klasik matematiksel modellerle ifade edilemeyen yapıların analizi için yeni bir teorik araç sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Adnan, A. A. M. (2024). Some results on approximation in neutrosophic normed space. *International Journal of Neutrosophic Science*, (), 389–396.
- [2] Atanassov, T. K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets System*, 20, 87–96.
- [3] Bayraktar, M. (2006). Fonksiyonel analiz. Gazi Kitabevi, Ankara.
- [4] Bera, T., Mahapatra, N. K. (2018). Neutrosophic soft normed linear spaces. *Neutrosophic Sets and Systems*, 23.
- [5] Copson, E. T. (1968). *Metric Spaces*, Cambridge University Press, New York.
- [6] Dugundji, James (1966). *Topology*. Boston: Allyn and Bacon.
- [7] Gönül Bilgin, N. (2023). Arithmetic statistically convergent on neutrosophic normed spaces. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(2), 270–280.
- [8] Khan, V. A., Arshad, M. (2026). Application of neutrosophic normed spaces to analyze the convergence of sequences involving neutrosophic operators. *Mathematical Foundations of Computing*, 9, 81–105.
- [9] Khan, V. A., Esi, A., Ahmad, M., Khan, M. D. (2021). Continuous and bounded linear operators in neutrosophic normed spaces. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*, 40(6), 11063–11070.
- [10] Kirişçi, M., Şimşek, N. (2020). Neutrosophic normed spaces and statistical convergence. *J Anal*, 28, 1059–1073.
- [11] Kreyszig, E. (1978). *Introductory functional analysis with applications*. Wiley Classics Library.
- [12] Lipschutz, S. (1965). *General topology*. Schaum's Outlines.
- [13] Muralikrishna, P., Kumar, D. S. (2019). Neutrosophic approach on normed linear space. *Neutrosophic Sets and Systems*, 30, 225+.
- [14] Peano, Giuseppe (1888), *Calcolo Geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann preceduto dalle Operazioni della Logica Deduttiva* (in Italian), Turin.
- [15] Royden, H. L., Fitzpatrick, P. M. (2010). *Real analysis* (4th Edition). Pearson Education.
- [16] Smarandache, F. (1998). *A unifying field in logics, neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic*. American Research Press: Rehoboth, MA, USA.
- [17] Smarandache, F. (2020). NeutroAlgebra is a generalization of partial algebra. *International Journal of Neutrosophic Science*, 2(1), 08–17.
- [18] Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y., Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace Multistruct.*, 4, 410–413.
- [19] Willard, S. (1970). *General topology*. Addison – Wesley Publishing Company.
- [20] Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.
- [21] Czerwik, S. (1998) Nonlinear set-valued contraction mappings in b-metric spaces. *Atti Semin. Mat. Fis. Univ. Modena* 46, 263-276.

NÖTRO-NORMLU UZAYLAR**Prof. Dr. Memet ŞAHİN**

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye.

ORCID NO: 0000-0002-1066-1641

Safaa HALLAK

Gaziantep Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Gaziantep, Türkiye.

ORCID NO: 0009-0000-0445-9941

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle nötro-pozitiflik, nötro-singülerlik, nötro-homojenlik ve nötro-üçgen eşitsizliği gibi dört temel nötro-norm aksiyomu tanımlanmıştır. Ek olarak, her normlu uzaydan bir nötro-normlu uzay elde edilebileceği gösterilmiş ve birebir olmayan fonksiyonlar kullanılarak çeşitli nötro-norm örnekleri sunulmuştur. Daha sonra, "nötro-açık yuvar", "nötro-kapalı yuvar" ve "nötro-yuvar yüzeyi" kavramları, doğruluk, yanlışlık ve belirsizlik dereceleri dikkate alınarak verilmiştir. Ardından, dizilerin yakınsaklığı genelleştirilerek "nötro-yakınsak dizi" ve "nötro-Cauchy dizisi" tanımları yapılmış, bir dizinin hem yakınsayan hem de ıraksayan davranışları (veya belirsiz durumları) aynı anda barındırabileceği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nötro-Normlu Uzaylar, Nötrosofi, NötroCebir, Fonksiyonel Analiz, Nötro-Yakınsaklık, Nötro-Cauchy Dizisi, Tam Nötro-Normlu Uzay.

NEUTRO-NORMED SPACES**ABSTRACT**

In this study, four fundamental neutro-norm axioms—namely neutro-positivity, neutro-singularity, neutro-homogeneity, and the neutro-triangle inequality—are initially defined. Additionally, it is demonstrated that a neutro-normed space can be derived from any given normed space, and various examples of neutro-norms are presented utilizing non-injective functions. Subsequently, the concepts of 'neutro-open ball,' 'neutro-closed ball,' and 'neutro-sphere' are introduced, taking into account the degrees of truth, falsity, and indeterminacy. Following this, the convergence of sequences is generalized to define 'neutro-convergent sequences' and 'neutro-Cauchy sequences,' demonstrating that a sequence can simultaneously exhibit convergent and divergent behaviors (or indeterminate situations).

Keywords: Neutro-Normed Spaces, Neutrosophy, NeutroAlgebra, Functional Analysis, Neutro-Convergence, Neutro-Cauchy Sequence, Complete Neutro-Normed Space.

GİRİŞ

Belirsizlik, modern bilim, mühendislik ve karar verme süreçlerinde kaçınılmaz bir olgudur. Klasik matematiksel modeller, genellikle kesin (crisp) değerlere dayanır (Lipschutz, 1965), ancak bu modeller gerçek dünyadaki karmaşık, eksik veya çelişkili bilgileri modellemekte

yetersiz kalabilmektedir. Bu boşluğu doldurmak amacıyla, Zadeh tarafından bir elemanın bir kümeye üyeliğini $[0,1]$ aralığında bir derece ile ifade eden bulanık küme (fuzzy set) (Zadeh, 1965) teorisi ortaya atılmıştır. Bulanık küme teorisinin bir genellemesi olarak, Atanassov sezgisel bulanık kümeleri (intuitionistic fuzzy sets) (Atanassov, 1986) kavramını tanıtmıştır. Bu yaklaşım, üyelik derecesine ek olarak bir üye olmama derecesi tanımlar ve bu iki değer toplamının 1'den küçük veya eşit olması şartını koşar. Bu model, belirsizlik derecesini dolaylı olarak ele alır. Ancak bu kısıtlama, özellikle çelişkili veya tam olarak belirlenemeyen (indeterminate) bilgileri modellemede zorluklar yaratmıştır. Bu daha karmaşık belirsizlik türlerini ele almak amacıyla, nütrosifik kümeleri önerilmiştir (Smarandache, 1998). Nütrosofi, bir önermeyi birbirinden bağımsız olan "doğruluk" (T), "kararsızlık" (I) ve "yanlışlık" (F) bileşenleri ile ele alır. Nütrosifik mantığın matematiksel uygulamaları için (Wang, Smarandache, Zhang, & Sunderraman, 2010) T, I ve F bileşenlerini standart $[0,1]$ aralığına kısıtlayan "tek değerli nütrosifik kümeler" (Single Valued Neutrosophic Sets) yapısını tanıtmıştır.

Fonksiyonel analiz alanı, (Kreyszig, 1978), (Willard, 1970) ve (Bayraktar, 2006) gibi klasik çalışmalarda detaylandırıldığı üzere, katı aksiyomlara dayanan metrik uzaylar, normlu uzaylar ve Banach uzayları üzerine kuruludur. Son yıllarda, nütrosifik mantığın bu klasik yapılara uygulanması üzerine çok fazla araştırma yapılmaktadır. (Kirişci & Şimşek, 2020), (Gönül Bilgin, 2023), (Khan, Esi, Ahmad, & Khan, 2021) ve (Adnan, 2024) gibi çalışmalarda, nütrosifik normlu uzaylar üzerine çeşitli topolojik özellikler, istatistiksel yakınsaklık teorileri ve operatör analizleri üzerine durulmuştur. (Bera & Mahapatra, 2018) ve (Muralikrishna & Kumar, 2019) tarafından yapılan çalışmalarda da bu alandaki yapılar daha da geliştirilmiştir. Bu çalışmalar genellikle nütrosifik kümeler üzerine odaklanırken, (Smarandache, 2020) tarafından tanıtılan "NütroCebir" (NeutroAlgebra) kavramı, konuya daha farklı ve radikal bir genelleme getirmiştir. NütroCebir felsefesi, bir cebirsel yapının aksiyomlarının (örneğin, bir grubun birleşme özelliği) o yapıdaki tüm elemanlar için evrensel olarak geçerli olmak zorunda olmadığını öne sürer. Aksine, bir aksiyom bazı elemanlar için doğru (T), bazıları için belirsiz (I) veya bazıları için yanlış (F) olabilir.

Bu çalışmada, (Smarandache, 2020) tarafından başlatılan NütroCebir yapısını, klasik fonksiyonel analizin (Kreyszig, 1978) temel taşı olan normlu uzaylara uygulanmıştır. Klasik norm aksiyomlarının her zaman tam olarak sağlanmak zorunda olmadığı fikrinden yola çıkarak "Nütro-Normlu Uzay" kavramını tanımlanmıştır. Çalışmanın devamında, bu yeni uzay üzerinde "nütro-açık yuvar", "nütro-kapalı yuvar" ve "nütro-yuvar yüzeyi" gibi temel topolojik

kavramlar tanıtılmıştır. Son olarak, klasik analizin (Royden & Fitzpatrick, 2010) yakınsaklık ve tamlık kavramlarını bu yeni yapıya genelleştirerek, "nötro-yakınsak dizi", "nötro-Cauchy dizisi" ve "tam nötro-normlu uzay" tanımlarını ve bu tanımları somutlaştıran örnekleri sunulmuştur.

2. ÖN BİLGİLER

Tanım 2.1 (Zadeh, 1965) X boş olmayan bir küme olsun. $\forall x \in X$ için $0 \leq \mu_A(x) \leq 1$ olmak üzere, $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonu ile bir A **bulanık kümesi**;

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada $\mu_A(x)$, $x \in X$ in A kümesine ait olma derecesidir.

Tanım 2.2 (Atanassov, 1986) X boş olmayan bir küme olsun. $\forall x \in X$ için $0 \leq \mu_A(x) + \nu_A(x) \leq 1$ olmak üzere, $\mu_A: X \rightarrow [0,1]$ ve $\nu_A: X \rightarrow [0,1]$ fonksiyonları ile bir **sezgisel bulanık küme**

$$A = \{ \langle x, \mu_A(x), \nu_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada $\mu_A(x)$ ve $\nu_A(x)$ sırasıyla $x \in E$ için üye olma ve üye olmama derecesidir.

Ayrıca $\pi_A: X \rightarrow [0,1]$ ile gösterilen $x \in E$ için belirsizlik derecesi

$$\pi_A(x) = 1 - \mu_A(x) - \nu_A(x)$$

şeklinde tanımlanır.

Tanım 2.3 (Smarandache, 1998) X boş olmayan bir küme olsun. Bir A **nötrosifik kümesi**

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada

$$0^- \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3^+$$

olmak üzere

$$T_A: X \rightarrow]^-0, 1^+[, I_A: X \rightarrow]^-0, 1^+[\text{ ve } F_A: X \rightarrow]^-0, 1^+[$$

Fonksiyonları sırasıyla $x \in X$ 'in doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Ayrıca $^-0 = 0 + \varepsilon$ ve $1^+ = 1 + \varepsilon$ olarak alınmıştır .

Tanım 2.4 (Wang ve ark, 2010) X boş olmayan bir küme olsun. Bir A **tek değerli nötrosifik kümesi** ;

$$A = \{ \langle x, T_A(x), I_A(x), F_A(x) \rangle : x \in X \}$$

şeklindedir. Burada

$$0 \leq T_A(x) + I_A(x) + F_A(x) \leq 3$$

olmak üzere

$$T_A: X \rightarrow [0,1] , I_A: X \rightarrow [0,1] \text{ ve } F_A: X \rightarrow [0,1]$$

Fonksiyonları sırasıyla, $x \in X$ 'in doğruluk, kararsızlık ve yanlışlık derecesidir.

Tanım 2.5 (Copson, 1968) X boştan farklı bir küme olsun. Eğer $d_m: X \times X \rightarrow [0, \infty)$ fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlarsa d_m fonksiyona X üzerinde bir **metrik**, (X, d_m) çiftine ise **metrik uzay** denir.

Her $x, y, z \in X$ için ,

M1) $d_m(x, y) \geq 0$

M2) $d_m(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$

M3) $d_m(x, y) = d_m(y, x)$

M4) $d_m(x, y) \leq d_m(x, z) + d_m(z, y)$

Tanım 2.6 (Dugundji, 1966) (x_n) reel sayılardan oluşan bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$|x_n - x| < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse $n \rightarrow \infty$ için (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.7 (Lipschutz, 1965) (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$d_m(x, x_n) < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse $n \rightarrow \infty$ için (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.8 (Lipschutz, 1965) (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir dizi olsun.

Her $\varepsilon > 0$ için $n, m > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$d_m(x_n, x_m) < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı n_0 sayısı bulunabilirse (x_n) dizisine **Cauchy dizisi** denir.

Tanım 2.9 (Lipschutz, 1965) (X, d_m) bir metrik uzay ve (x_n) bu uzayda bir Cauchy dizisi olsun. Eğer her (x_n) dizisi bu uzaydaki bir noktaya yakınsıyor ise (X, d_m) metrik uzayına **tam metrik uzay** denir.

Tanım 2.10 (Peano, 1888) X boştan farklı bir küme, F bir reel veya kompleks sayılar cismi olsun. X kümesi üzerinde vektör toplamı olarak adlandırılan $+$ işlemi ve F ile X arasında skalerle çarpım olarak adlandırılan $\cdot$ işlemi tanımlansın. Aşağıdaki şartlar sağlanırsa X 'e F cismi üzerinde bir **vektör uzayı** denir.

A) $V, +$ işlemine göre değişmeli bir gruptur.

- 1) Her $x, y \in X$ için $x + y \in X$
- 2) Her $x, y, z \in X$ için $x + (y + z) = (x + y) + z$
- 3) Her $x \in X$ için $x + \theta = \theta + x = x$ olacak şekilde $\theta \in X$ vardır.
- 4) Her $x \in X$ için $x + (-x) = (-x) + x = \theta$ olacak şekilde $-x \in X$ vardır.
- 5) Her $x, y \in X$ için $x + y = y + x$

B) $x, y \in X$ ve $\alpha, \beta \in F$ olmak üzere;

V1) $\alpha \cdot x \in X$ 'dir.

V2) $\alpha \cdot (x + y) = \alpha \cdot x + \alpha \cdot y$

V3) $(\alpha + \beta) \cdot x = \alpha \cdot x + \beta \cdot x$

V4) $(\alpha\beta) \cdot x = \alpha \cdot (\beta \cdot x)$

V5) $1 \cdot x = x$

Vektör uzayı $(V, +, \cdot)$ ile de gösterilir. $F = \mathbb{R}$ ise X 'e reel; $F = \mathbb{C}$ ise X 'e kompleks vektör uzayı denir.

Tanım 2.11 (Kreyszig, 1978) X bir reel vektör uzayı olsun. $\| \cdot \| : X \rightarrow (\infty, \infty)$ fonksiyonu aşağıdaki şartları sağlarsa $\| \cdot \|$ fonksiyona X üzerinde bir **norm**, $(X, \| \cdot \|)$ çiftine ise **normlu uzay** denir.

$\forall x, y \in X$ ve $\alpha \in \mathbb{R}$ veya $\mathbb{C}$,

N1) $\|x\| \geq 0$,

N2) $\|x\| = 0 \Leftrightarrow x = \theta$,

N3) $\|\alpha x\| = |\alpha| \|x\|$

N4) $\|x + y\| \leq \|x\| + \|y\|$

Tanım 2.12 (Kreyszig, 1978) $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun. Her $n \in \mathbb{N}$ için

$$\|x_n\| < n$$

olacak şekilde $n \geq 0$ sayısı bulunabilirse (x_n) dizisi sınırlıdır.

Tanım 2.13 (Kreyszig, 1978) $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun, Her $\varepsilon > 0$ için $n > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$\|x - x_n\| < \varepsilon$$

olacak şekilde ε 'a bağlı bir $x \in X$ bulunabilirse (x_n) dizisi x 'e **yakınsar** ve

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = x \text{ ya da } x_n \rightarrow x$$

ile gösterilir.

Tanım 2.14 (Kreyszig, 1978) $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir dizi olsun. Her $\varepsilon > 0$ için $n, m > n_0 \in \mathbb{N}$ olduğunda

$$\|x_m - x_n\| < \varepsilon$$

olacak şekilde n_0 sayısı bulunabilirse (x_n) dizisine bir **Cauchy dizisi** denir.

Tanım 2.15 (Kreyszig, 1978) $(X, \| \cdot \|)$ bir normlu uzay, (x_n) bu uzayda bir Cauchy dizisi olsun, Eğer her (x_n) Cauchy dizisi yakınsak ise $(X, \| \cdot \|)$ normlu uzayına **Banach uzayı** veya **Tam normlu uzay** denir.

3. NÖTRO-NORMLU UZAYLAR

Not (1): Bu bölümde, eşitliğin kesin olmadığı durumlar için " $=_u$ " sembolü kullanılacaktır. Örneğin, " a " ve " b " nin eşit olduğundan emin olunamıyorsa, bu durum $a =_u b$ ile gösterilir.

Not (2): Bu bölümde, bir elemanın küçük veya eşit olup olmadığı belirsiz olan durumlar için " $\leq_u$ " sembolü kullanılacaktır.

Örneğin, " a "nın " b " den küçük veya eşit olduğu belirsizse, $a \leq_u b$ ile gösterilir.

Not (3): Bu bölümde, bir elemanın büyük veya eşit olup olmadığı belirsiz olan durumlar için " $\geq_u$ " sembolü kullanılacaktır.

Örneğin, " a "nın " b " den büyük veya eşit olduğu belirsizse, $a \geq_u b$ ile gösterilir.

Tanım 3.1: X bir vektör uzayı olsun. $\| \cdot \|_n : X \rightarrow (\infty, \infty)$ fonksiyonu aşağıdaki şartlardan en az birini sağlarsa $\| \cdot \|_n$ fonksiyona X üzerinde bir **nötro-norm**, $(X, \| \cdot \|_n)$ çiftine ise **nötro-normlu uzay** denir .

$\alpha \in \mathbb{R}$ veya $\mathbb{C}$ için ,

NN1) [Nötro-pozitiflik aksiyomu]

$\exists x \in X$ için,

$$\|x\|_n \geq 0 \text{ (doğruluk derecesi } T)$$

ve $\exists y \in X$ için,

$$\|y\|_n < 0 \text{ (yanlışlık derecesi } F)$$

veya

$\exists z \in X$ için,

$$\|z\|_n \geq_u 0 \text{ (belirsizlik derecesi } I)) .$$

NN2) [Nötro-singüler olma aksiyomu]

$$(\Rightarrow) \|x\|_n = 0 \text{ olsun}$$

$\exists x \in X$ için,

$$x = 0 \text{ (doğruluk derecesi } T)$$

ve $\exists y \in X$ için,

$y \neq 0$ (yanlıslık derecesi F)

veya

$\exists z \in X$ için,

$z =_u 0$ (belirsizlik derecesi I)).

$(\Leftrightarrow) x = 0$ olsun

$\exists x \in X$ için,

$\|x\|_n = 0$ (doğruluk derecesi T)

ve $\exists y \in X$ için,

$\|y\|_n \neq 0$ (yanlıslık derecesi F)

Veya $\exists z \in X$ için,

$\|z\|_n =_u 0$ (belirsizlik derecesi I)).

NN3) [Nötro-homojenlik aksiyomu]

$\exists x \in X$ için,

$\|ax\|_n = |\alpha| \|x\|_n$ (doğruluk derecesi T)

Ve $\exists y \in X$ için,

$\|ay\|_n \neq |\alpha| \|y\|_n$ (yanlıslık derecesi F)

Veya $\exists z \in X$ için,

$\|az\|_n =_u |\alpha| \|z\|_n$ (belirsizlik derecesi I)).

NN4) [Nötro-üçgen eşitsizliği aksiyomu]

$\exists x, y \in X$ için,

$\|x + y\|_n \leq \|x\|_n + \|y\|_n$ (doğruluk derecesi T)

Ve $\exists s, t \in X$ için,

$\|s + t\|_n > \|s\|_n + \|t\|_n$ (yanlıslık derecesi I)

Veya $\exists m, n \in X$ için,

$\|m + n\|_n \leq_u \|m\|_n + \|n\|_n$ (belirsizlik derecesi I)).

Not (4): Burada geçen (T, I, F) , $(1,0,0)$ ve $(0,0,1)$ den farklıdır .

Örnek 3.1 $\|f\|_n: \mathbb{R} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonu $f(x, y) = |x| - |y|$ ise $x, y \in \mathbb{R}$ için

NN1) Eğer $|x| \geq |y|$ ise

$$\|f\|_n = |x| - |y| \geq 0$$

ve eğer $|x| < |y|$ ise

$$\|f\|_n = |x| - |y| < 0$$

Tanım 3.1'deki NN1 şartını sağlar. Bu nedenle $\|f\|_n$ bir nötro-normdur ve $(\mathbb{R}, \|f\|_n)$ bir nötro-normlu uzaydır. Ayrıca Tanım 3.1'deki NN2 şartı da sağlanır. Şöyle ki:

NN2) $(\Rightarrow)$ Eğer $x = y$ ise

$$\|f\|_n = |x| - |y| = 0$$

ve eğer $x \neq y$, $x = -y$ ise

$$\|f\|_n = |x| - |y| = 0$$

$(\Leftarrow)$ Eğer $\|f\|_n = |x| - |y| = 0$ ise $x = y$ 'dir.

Eğer $\|f\|_n = |x| - |y| = 0$ ise $x \neq y$ ($x = -y$ için)

Şimdi NN3 ve NN4 şartlarının sağlanıp sağlanmadığına bakalım:

NN3) $\alpha \in \mathbb{R}$ veya $\mathbb{C}$ için,

$$\|\alpha f\|_n = |\alpha x| - |\alpha y| = |\alpha||x| - |\alpha||y| = |\alpha|(|x| - |y|) = |\alpha|\|f\|_n \text{ eşitliği } \forall x, y \in \mathbb{R}^2$$

için sağlandığından $\|\alpha f\|_n \neq |\alpha|\|f\|_n$ olacak şekilde en az bir eleman yoktur. Dolayısıyla NN3 şartı sağlanmaz.

$$\text{NN4) } \|f + g\|_n = |x + m| - |y + n| \leq |x| - |y| + |m| - |n| = \|f\|_n + \|g\|_n \text{ eşitliği}$$

$\forall x, y \in \mathbb{R}^2$ için sağlandığından $\|x + y\|_n > \|x\|_n + \|y\|_n$ olacak şekilde en az bir eleman yoktur. Dolayısıyla NN4 şartı sağlanmaz.

Teorem 3.1 Her normlu uzaydan bir nötro-normlu uzay elde edilebilir.

İspat : X bir vektör uzayı ve $\|x\| : X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$ normlu uzay olsun, $m \in \mathbb{R}^+$, her $x \in X$ ve $\|x\| \neq m$ için $\|x\|_n = \|x\| - m$ nötro-norm olduğunu ispatlayalım

$\|x\| \geq m$ varsayalım $\|x\|_n \geq 0$ 'dır.

ayrıca $\|x\| < m$ varsayalım $\|x\|_n < 0$ 'dır

bu nedenle $\|x\|_n$ Tanım 3.1 'deki NN1 şartını sağladığından $\|x\|_n = \|x\| - m$ nötro-normdur.

Teorem 3.2 X bir boş olmayan bir küme ve $f : X \rightarrow \mathbb{R}$ fonksiyonu birebir olmayan bir fonksiyon ve $\|f\|_n : X \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$ olsun. O halde, $\|f\|_n = |f(x) - f(y)|$ bir nötro-normdur.

İspat : $n, m \in X$ için $n \neq m$ varsayalım, o zaman f birebir olmadığı için $f(n) = a = f(m)$ alabiliriz.

$x, y \in X$, $x = y$ için

$$\|f\|_n = |f(x) - f(y)| = 0$$

ve $n, m \in X$, $n \neq m$ için

$$\|f\|_n = |f(n) - f(m)| = |a - a| = 0$$

Yani,

eğer $\|f\|_n = |f(x) - f(y)| = 0$ ise $x = y$ dir.

ve eğer $\|f\|_n = |f(n) - f(m)| = |a - a| = 0$ ise $n \neq m$ dir.

Böylece Tanım 3.1'deki NN2 şartı sağlandığı için $\|f\|_n$ nötro-normdur.

Örnek 3.2 X boş olmayan bir küme, $P(X)$ X 'in kuvvet kümesi ve $s(X)$ ise X 'in eleman sayısı olsun. O zaman Teorem 3.1.4'ten $\| \cdot \|_n: P(X) \times P(X) \rightarrow \mathbb{R}^+ \cup \{0\}$ bir nötro-normdur öyle ki $\| \cdot \|_n = |S(x) - S(y)|$. Çünkü $S(X)$ birebir değildir.

Tanım 3.3 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay ve $x \in X$ olsun. Her $r > 0$ ve X 'in bazı x_0 elemanları için,

$$\dot{D}(x_0, r) = \{x \in X: \|x - x_0\|_n < r\} \text{ (doğruluk derecesi } T)$$

ve her $r > 0$ ve X 'in bazı y_0 elemanları için,

$$\dot{D}(y_0, r) = \{x \in X: \|x - y_0\|_n \geq r\} \text{ (yanlılık derecesi } F)$$

veya her $r > 0$ ve X 'in bazı z_0 elemanları için,

$$\dot{D}(z_0, r) = \{x \in X: \|x - z_0\|_n <_u r\} \text{ (belirsizlik derecesi } I)$$

ise $\dot{D}(x_0, r)$ kümesine **Nötro-açık yuvar** denir. Burada geçen (T, I, F) , $(1, 0, 0)$ ve $(0, 0, 1)$ den farklıdır.

Örnek: $X = \mathbb{R}$ bir vektör uzayı, $\| \cdot \|_n: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ve $\|x\|_n = x^2 - 1$ olsun. $r = 8$ ve $x_0 = 0$ alalım.

$$\dot{D}(0, 8) = \{x \in X: \|x - 0\|_n < 8\},$$

$$\|x\|_n = x^2 - 1 < 8 \text{ ise } -3 < x < 3.$$

Şimdi ise $y_0 = 10$ alalım.

$$\dot{D}(10, 8) = \{x \in X: \|x - 10\|_n \geq 8\},$$

$\|x - 10\|_n \geq 8$ ise $(x - 10)^2 - 1 \geq 8$. Buradan $x \geq 13$ veya $x \leq -7$. $r=8$ için hem (T) tipi hem de (F) tipi kümeler bulabildiğimiz için $\dot{D}(x_0, r)$ nötro-açık yuvardır.

Tanım 3.4 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay ve $x \in X$ olsun. Her $r > 0$ ve X 'in bazı x_0 elemanları için,

$$\ddot{D}(x_0, r) = \{x \in X: \|x - x_0\|_n \leq r\} \text{ (doğruluk derecesi } T)$$

ve her $r > 0$ ve X 'in bazı y_0 elemanları için,

$$\ddot{D}(y_0, r) = \{x \in X: \|x - y_0\|_n > r\} \text{ (yanlılık derecesi } F)$$

veya her $r > 0$ ve X 'in bazı z_0 elemanları için,

$$\ddot{D}(z_0, r) = \{x \in X: \|x - z_0\|_n \leq_u r\} \text{ (belirsizlik derecesi } I)$$

ise $\ddot{D}(x_0, r)$ kümesine **Nötro-kapalı yuvar** denir. Burada geçen (T, I, F) , $(1, 0, 0)$ ve $(0, 0, 1)$ den farklıdır.

Örnek 3.3 $X = \mathbb{R}$ bir vektör uzayı, $\| \cdot \|_n: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ve $\|x\|_n = |x| - 1$ olsun. $r = 3$ ve $x_0 = 0$ alalım.

$$\check{D}(0,3) = \{x \in X: \|x - 0\|_n \leq 3\}.$$

$\|x - 0\|_n \leq 3$ ise $|x| - 1 \leq 3$ olur. Buradan, $-4 \leq x \leq 4$. Dolayısıyla doğruluk (T) durumuna uyan, merkezi 0 ve yarıçapı 3 birim olan kapalı yuvar $[-4,4]$ 'tür.

Şimdi ise $y_0 = 10$ alalım.

$$\check{D}(10,3) = \{x \in X: \|x - 10\|_n > 3\}.$$

$\|x - 10\|_n > 3$ ise $|x - 10| - 1 > 3$ olur. Buradan, $x > 14$ veya $x < 6$ elde edilir. Dolayısıyla yanlışlık (F) durumuna uyan, merkezi 0 ve yarıçapı 10 birim olan kapalı yuvar $(-\infty, 6) \cup (14, \infty)$ 'dur.

Sonuç olarak, $r=3$ için hem (T) tipi hem de (F) tipi kümeler bulabildiğimiz için $\check{D}(x_0, r)$ nötro-kapalı yuvardır.

Tanım 3.5 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay ve $x \in X$ olsun .

her $r > 0$ ve X 'in bazı x elemanları için,

$$\check{S}(x_0, r) = \{x \in X: \|x - x_0\|_n = r\} \text{ (doğruluk derecesi } T)$$

ve her $r > 0$ ve X 'in bazı y_0 elemanları için,

$$\check{S}(y_0, r) = \{x \in X: \|x - y_0\|_n \neq r\} \text{ (yanlışlık derecesi } F)$$

veya

her $r > 0$ ve X 'in bazı z_0 elemanları için

$$\check{S}(z_0, r) = \{x \in X: \|x - z_0\|_n =_u r\} \text{ (belirsizlik derecesi } I)$$

ise $\check{S}(x_0; r)$ kümesine **Nötro-yuvar yüzeyi** denir. Burada geçen (T, I, F) , $(1,0,0)$ ve $(0,0,1)$ den farklıdır.

Örnek 3.4 $X = \mathbb{R}$ bir vektör uzayı, $\| \cdot \|_n: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ ve $\|x\|_n = x^2 - 1$ olsun. $r = 3$ ve $x_0 = 0$ alalım.

$$\check{S}(0,3) = \{x \in X: \|x - 0\|_n = 3\}$$

$\|x - 0\|_n = 3$ ise $x^2 - 1 = 3$ olur. Buradan $x=2$ veya $x=-2$ elde edilir. Dolayısıyla doğruluk (T) durumuna uyan, merkezi 0 ve yarıçapı 3 birim olan nötro-yuvar yüzeyi $\{-2, 2\}$ 'dir.

Şimdi ise $y_0 = 5$ alalım.

$$\check{S}(5,3) = \{x \in X: \|x - 5\|_n \neq 3\}$$

$\|x - 5\|_n \neq 3$ ise $(x - 5)^2 - 1 \neq 3$ olur. Buradan $x \neq 3$ veya $x \neq 7$ elde edilir. Dolayısıyla yanlışlık (F) durumuna uyan, merkezi 5 ve yarıçapı 3 birim olan nötro-yuvar yüzeyi $\mathbb{R} - \{3, 7\}$ 'dir.

Sonuç olarak, $r=3$ için hem (T) tipi hem de (F) tipi kümeler bulabildiğimiz için $\check{S}(x_0, r)$ nötroyuvar yüzeyidir.

Tanım 3.6 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay ve $\{x_n\}$ bu uzayda bir dizi ve $x \in X$ olsun.

her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ 'in $m \geq n_0 \in \mathbb{N}$ sağlayan bazı elemanları için,

$$\|x_m - x\|_n < \varepsilon \quad (\text{doğruluk derecesi } T)$$

ve

her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ 'in $r \geq n_0 \in \mathbb{N}$ sağlayan bazı elemanları için,

$$\|x_r - x\|_n \geq \varepsilon \quad (\text{yanlışlık derecesi } F)$$

veya

her $\varepsilon > 0$ ve $\{x_n\}$ 'in $s \geq n_0 \in \mathbb{N}$ sağlayan bazı elemanları için,

$$\|x_s - x\|_n <_u \varepsilon \quad (\text{belirsizlik derecesi } I)$$

olacak şekilde ε 'a bağlı bir n_0 sayısı bulunabilirse $\{x_n\}$ dizisi x 'e **Nötroyakınsar**. Ayrıca $\{x_n\}$ dizisine **Nötroyakınsak dizi** denir. Burada geçen (T, I, F) , $(1,0,0)$ ve $(0,0,1)$ den farklıdır.

Örnek 3.5 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay, $\|x\|_n = |x| - 1$ ve bu uzaydaki $\{x_n\}$ dizisi aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$x_n = \begin{cases} \frac{1}{n}, & n \text{ tek ise} \\ n, & n \text{ çift ise} \end{cases}$$

$m \geq n_0$ 'ı sağlayan dizinin tek elemanlarını ve $x=0$ 'ı göz önüne alalım:

$$\|x_m - x\|_n = \left\| \frac{1}{m} - 0 \right\|_n = \left\| \frac{1}{m} \right\|_n = \left| \frac{1}{m} \right| - 1 = \frac{1}{m} - 1 < 0 \text{ elde edilir. } \varepsilon > 0 \text{ olduğundan } \frac{1}{m} - 1 < \varepsilon$$

daima sağlanır.

Şimdi ise $r \geq n_0$ 'ı sağlayan dizinin çift elemanlarını ve $x=0$ 'ı göz önüne alalım:

$$\|x_r - x\|_n = \|r\|_n = |r| - 1 = r - 1.$$

n_0 'ı ε 'dan büyük (veya eşit) ilk tam sayı olarak seçelim. Yani $n_0 = [\varepsilon + 1]$. n_0 'ı böyle seçtiğimizde, n_0 'dan büyük veya eşit bir r (çift) elemanı (örneğin n_0 veya $n_0 + 1$) seçebiliriz.

Bu r sayısı $r \geq n_0 \geq \varepsilon + 1$ koşulunu sağlar.

İki durum da her ε için sağlandığından $\{x_n\}$ dizisi 0'a **Nötroyakınsar**.

Tanım 3.7 $(X, \| \cdot \|_n)$ bir nötro-normlu uzay, x_n bu uzayda bir dizi ve $n_0 \in \mathbb{N}$ olsun.

her $\varepsilon > 0$ ve bazı $m, n \geq n_0 \in \mathbb{N}$ için,

$$\|x_m - x_n\|_n < \varepsilon \quad (\text{doğruluk derecesi } T)$$

ve her $\varepsilon > 0$ ve bazı $r, n \geq n_0 \in \mathbb{N}$ için,

$$\|x_r - x_n\|_n \geq \varepsilon \quad (\text{yanlışlık derecesi } F)$$

veya

her $\varepsilon > 0$ ve bazı $s, n \geq n_0 \in \mathbb{N}$

$$\|x_s - x_n\|_n <_{\varepsilon} \varepsilon \text{ (belirsizlik derecesi I)}$$

olacak şekilde (ε a bağlı) bir n_0 sayısı bulunabilirse $\{x_n\}$ dizisine **Nötro-Cauchy dizisi** denir.

Burada geçen (T, I, F) , $(1, 0, 0)$ ve $(0, 0, 1)$ den farklıdır.

Örnek 3.6 $(X, \|\cdot\|_n)$ bir nötro-normlu uzay, $\|x\|_n = |x| - 1$ ve bu uzaydaki $\{x_n\}$ dizisi aşağıdaki gibi tanımlansın:

$$x_n = \begin{cases} \frac{1}{n}, & n \text{ tek ise} \\ n, & n \text{ çift ise} \end{cases}$$

Her ikisi de tek olan ve n_0 'dan büyük m, n sayılarını alalım. $x_m = 1/m$ ve $x_n = 1/n$ olur.

$\|x_m - x_n\|_n = \left\| \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right\|_n = \left| \frac{1}{m} - \frac{1}{n} \right| - 1 < 0$ elde edilir. Dolayısıyla $\|x_m - x_n\|_n < \varepsilon$ olduğu görülür.

Şimdi ise sırasıyla biri çift biri tek ve n_0 'dan büyük r, s sayılarını alalım. $x_r = r$ ve $x_s = 1/s$ olur. n_0 'ı $\varepsilon + 2$ 'den büyük seçelim.

$$\|x_r - x_s\|_n = \left\| r - \frac{1}{s} \right\|_n = \left| r - \frac{1}{s} \right| - 1 = r - \frac{1}{s} - 1 \geq (\varepsilon + 2) - 1 - 1 = \varepsilon \text{ elde edilir.}$$

Dolayısıyla, $\{x_n\}$ dizisine **Nötro-Cauchy dizisidir**.

Tanım 3.8 $(X, \|\cdot\|_n)$ bir nötro-normlu uzay ve x_n bu uzayda bir Cauchy dizi olsun. Eğer her x_n Cauchy dizisi bu uzayda yakınsak ise $(X, \|\cdot\|_n)$ 'ye **tam nötro-normlu uzay** denir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, klasik fonksiyonel analizin temel yapılarından olan normlu uzay kavramı, NötroCebir mantığı temel alınarak ele alınmıştır. Klasik norm aksiyomlarının evrensel olarak geçerli olma zorunluluğunun ortadan kaldırıldığı Nötro-Normlu Uzay kavramı tanımlanmıştır. Bu yeni yapıda, aksiyomların kısmen doğru (T), kısmen yanlış (F) veya kararsız (I) olabileceği gösterilmiştir. Çalışmada, klasik normlu uzaylardan veya birebir olmayan fonksiyonlardan Nötro-Normlu uzaylar elde etme yöntemleri sunulmuştur. Bu yeni uzayın topolojik altyapısını oluşturmak amacıyla nötro-açık yuvar, nötro-kapalı yuvar ve nötro-yuvar yüzeyi kavramları tanımlanmış ve bu yapıların klasik topolojiden nasıl farklılaştığı örneklerle gösterilmiştir. Ayrıca, dizilerin bu yeni yapıya uyarlanması amacıyla, bir dizinin hem yakınsak (T) hem de ıraksak (F) olabilmesine olanak tanıyan "nötro-yakınsak dizi" ve "nötro-Cauchy dizisi" tanımları yapılmıştır. Bu tanımlar, belirsizlik içeren veya kararsız davranan dizilerin analizine imkan tanımaktadır.

Son olarak, klasik Banach uzayı kavramının nütrosifik karşılığı olan "tam nütro-normlu uzay" tanımlanmıştır. Bu çalışma ile ortaya konan tanımlar ve örnekler, belirsizlik ve kısmi doğrular içeren cebirsel yapılar üzerinde fonksiyonel analiz çalışmak için yeni bir teorik zemin sunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Adnan, A. A. M. (2024). Some results on approximation in neutrosophic normed space. *International Journal of Neutrosophic Science*, (), 389–396.
- Atanassov, T. K. (1986). Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets System*, 20, 87–96.
- Bayraktar, M. (2006). Fonksiyonel analiz. Gazi Kitabevi, Ankara.
- Bera, T., Mahapatra, N. K. (2018). Neutrosophic soft normed linear spaces. *Neutrosophic Sets and Systems*, 23.
- Copson, E. T. (1968). *Metric Spaces*, Cambridge University Press, New York.
- Dugundji, James (1966). *Topology*. Boston: Allyn and Bacon.
- Gönül Bilgin, N. (2023). Arithmetic statistically convergent on neutrosophic normed spaces. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 13(2), 270–280.
- Khan, V. A., Arshad, M. (2026). Application of neutrosophic normed spaces to analyze the convergence of sequences involving neutrosophic operators. *Mathematical Foundations of Computing*, 9, 81–105.
- Khan, V. A., Esi, A., Ahmad, M., Khan, M. D. (2021). Continuous and bounded linear operators in neutrosophic normed spaces. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems: Applications in Engineering and Technology*, 40(6), 11063–11070.
- Kirişçi, M., Şimşek, N. (2020). Neutrosophic normed spaces and statistical convergence. *J Anal*, 28, 1059–1073.
- Kreyszig, E. (1978). *Introductory functional analysis with applications*. Wiley Classics Library.
- Lipschutz, S. (1965). *General topology*. Schaum's Outlines.
- Muralikrishna, P., Kumar, D. S. (2019). Neutrosophic approach on normed linear space. *Neutrosophic Sets and Systems*, 30, 225+.
- Peano, Giuseppe (1888), *Calcolo Geometrico secondo l'Ausdehnungslehre di H. Grassmann preceduto dalle Operazioni della Logica Deduttiva* (in Italian), Turin.
- Royden, H. L., Fitzpatrick, P. M. (2010). *Real analysis* (4th Edition). Pearson Education.
- Smarandache, F. (1998). *A unifying field in logics, neutrosophy: Neutrosophic probability, set and logic*. American Research Press: Rehoboth, MA, USA.
- Smarandache, F. (2020). NeutroAlgebra is a generalization of partial algebra. *International Journal of Neutrosophic Science*, 2(1), 08–17.
- Wang, H., Smarandache, F., Zhang, Y., Sunderraman, R. (2010). Single valued neutrosophic sets. *Multispace Multistruct.*, 4, 410–413.
- Willard, S. (1970). *General topology*. Addison – Wesley Publishing Company.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353.

5.SINIF İSTATİSTİKSEL ARAŞTIRMA SÜRECİ TEMASI KAPSAMINDA PURDUE MODELİNE DAYALI ÖĞRETİM MATERYALİ GELİŞTİRİLMESİ

Büşra YÜKSAL SARAY

Aydın Adnan Menderes University, Graduate School of Natural and Applied Sciences,
Efeler, Aydın

ORCID ID: 0009-0005-3998-7812

Prof. Dr. Esra ALTINTAŞ

Aydın Adnan Menderes University, Faculty of Education, Department of Mathematics Education,
Efeler, Aydın

ORCID ID: 0000-0003-3311-7179

ÖZET

Bu çalışma, üstün yetenekli öğrencilerin eğitiminde kullanılan zenginleştirme modellerinden biri olan Üç Aşamalı Purdue Modeli temel alınarak örnek bir rehber materyal geliştirmek amacıyla hazırlanmıştır. 2024 yılında güncellenen “Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli Ortaokul Matematik Öğretim Programı (5–8)” kapsamında yer alan 5. sınıf “İstatistiksel Araştırma Süreci” temasındaki “MAT.5.5.1. Kategorik veri ile çalışabilme ve veriye dayalı karar verebilme” öğrenme çıktısı temel alınarak Purdue modelinin aşamalarına uygun bir öğretim materyali tasarlanmıştır. Ortaokul beşinci sınıf matematik dersindeki ‘İstatistiksel Araştırma Süreci’ temasının ilk öğrenme çıktısına yönelik olarak Purdue Modeli temelinde hazırlanan bu materyal; öğrenciler için farklılaştırılmış ve zenginleştirilmiş bir öğrenme deneyimi sunması, öğretmenler için Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli kapsamında desteklenen farklılaştırılmış öğretim kapsamında örnek bir öğretim materyali desteği sağlaması ve öğrencilerin de dijital okuryazarlık becerilerini işe koşmalarını sağlayacak etkinlikler içermesi bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca yapılan alanyazın taraması, Purdue Modeline göre hazırlanmış matematik dersi etkinliklerinin sayısının sınırlı olduğunu göstermektedir. Etkinliğin ilk aşamasında, öğrencilerin gözlem yapma, sınıflandırma ve tahminde bulunma gibi temel bilimsel süreç becerilerini kullanabilecekleri etkinlikler oluşturulmuştur. İkinci aşamada, dinamik istatistik yazılımlarından yararlanılarak gerçek yaşamdan alınmış veri seti üzerinde çalışmalar yapılmış ve öğrencilerin istatistiksel araştırma sürecini adım adım uygulayarak akıl yürütme ve karar verme becerilerini geliştirmeleri amaçlanmıştır. Üçüncü aşamada ise öğrencilerin elde ettikleri bilgileri özgün ürünler yoluyla ifade etmeleri ve öğrenmelerini somutlaştırmaları hedeflenmiştir. Çalışmada geliştirilen taslak haldeki materyal matematik eğitimi alanında uzman iki akademisyen, Millî Eğitim Bakanlığı’nda görev yapan iki matematik öğretmeni ve bir Türkçe öğretmeni tarafından incelenmiştir. Yapılan değerlendirmeler doğrultusunda materyale son şekli verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İstatistiksel araştırma süreci, Purdue Modeli, Öğretim Materyali, Maarif Model

ABSTRACT

This study was designed to develop a sample guide material based on the Three-Stage Purdue Model, one of the enrichment models used in the education of gifted students. Based on the learning outcome "MAT.5.5.1. Ability to work with categorical data and make data-based decisions" in the 5th-grade "Statistical Research Process" theme within the "Turkey Century Maarif Model Middle School Mathematics Curriculum (5–8)" updated in 2024, an instructional material aligned with the stages of the Purdue model was designed. This material, based on the Purdue Model and designed to address the first learning outcome of the "Statistical Research Process" theme in fifth-grade middle school mathematics, is important because it provides a differentiated and enriched learning experience for students, provides teachers with exemplary instructional material support within the differentiated instruction supported by the Turkey Century Maarif Model, and includes activities that will enable students to put their digital literacy skills to work. Furthermore, a literature review reveals that the number of mathematics course activities designed according to the Purdue Model is limited. In the first phase of the activity, activities were designed to allow students to practice basic scientific process skills such as observation, classification, and prediction. In the second phase, studies were conducted on a real-life dataset using dynamic statistical software, aiming to develop students' reasoning and decision-making skills by implementing the statistical research process step by step. In the third phase, the aim was for students to express the information they obtained through original products and to concretize their learning. The draft material developed in the study was reviewed by two academicians specializing in mathematics education, two mathematics teachers working at the Ministry of National Education, and a Turkish teacher. In line with the evaluations made, the material was given its final shape.

Keywords: Statistical research process, Purdue Model, Instructional Material, Maarif Model

TÜRKİYE VE JAPONYA'DA OKUTULAN 5. SINIF MATEMATİK DERS KİTAPLARINDA YER ALAN GÖREVLERİN KARŞILAŞTIRMALI İNCELEMESİ

Zehra TAŞPINAR ŞENER

Yıldız Teknik University, Mathematics and Science Education, Mathematics Education, 34220
Esenler, İstanbul

ORCID: 0000-0001-8914-784X

Büşra DİKCE BENZEK

Yıldız Teknik University, Mathematics and Science Education, Mathematics Education, 34220
Esenler, İstanbul

ORCID: 0009-0006-7321-2188

ÖZET

Eğitim programı bireyin ve kültürün ihtiyaçlarına göre şekillenmektedir. Matematik öğretimi de yalnızca öğrencilere işlemsel becerilerin kazandırılması olarak değil, aynı zamanda değerlerimize sahip çıkmak da oldukça önemlidir. Buradan hareketle Bishop'un matematiksel değerler çerçevesi ders kitaplarındaki görevleri ortaya çıkardığını incelemek için önemli bir yapıdır. Bishop'a (1988) göre matematiksel değerler, matematiğin öğretim ve öğrenme sürecinde aktarılan kültürel ve pedagojik anlamları ifade eder. Bu değerler; rasyonellik, nesnelcilik, kontrol, ilerleme, açıklık ve gizem olmak üzere altı başlık altında toplanır. Bu değerler matematiksel bilginin sunuluş biçimini, nasıl öğrenildiğini ve öğrenciden nasıl bir düşünme biçimi beklendiğini yansıtır. Bu çalışmanın amacı Türkiye ve Japonya' da okutulmakta olan 5. Sınıf matematik ders kitaplarındaki "Geometri ve ölçme" öğrenme alanına ait öğrenme çıktılarının Bishop'un matematiksel değerleri kapsamında karşılaştırmalı olarak incelemektir. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden doküman incelemesi kullanılmıştır. Türkiye'ye ait verilerin toplanmasında MEB'in yayınlamış olduğu ders kitapları, Japonya'ya ait verilerin toplanmasında MEXT'in yayınlamış olduğu "Fun With Mathematics" ders kitapları kullanılmıştır. Araştırmaya toplam 311 görev dahil edilmiştir. Kodlama, güvenilirliği artırmak için birbirinden bağımsız iki kodlayıcı tarafından oluşturulmuştur. Kodlayıcılar arası güvenilirlik Cohen'S Kappa katsayısı ile hesaplanmıştır. Bulgular her iki ülkenin nesnelcilik değerine oldukça önem verdiğini göstermektedir. Japonya ders kitaplarında rasyonellik değerine oldukça önem verilmektedir fakat Türkiye ders kitapları Japonya'ya kıyasla daha fazla yer aldığı görülmektedir. Benzer şekilde Japonya ders kitaplarında pratik yapmayı içeren kontrol değerinin yüzdesi oldukça dikkat çekicidir. Her iki ülke ders kitapları incelendiğinde merak duygusu uyandıran gizem değeri neredeyse yok denecek kadar az düzeyde bulunmuştur. Araştırmada iki farklı ülkenin kültürlerinin "geometri ve ölçme" öğrenme alanına ilişkin matematiksel değerleri ne derecede karşıladıklarını ortaya koymaktadır. Ulaşılan bulgulara

göre ülkelerin karşılaştırılmalı ders kitaplarına yönelik çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Matematik, ders kitabı, Türkiye, Japonya, değerler.

ABSTRACT

Curricula are shaped according to the needs of individuals and culture. Mathematics education should not be limited to developing students' procedural skills; it is also important to transmit and preserve cultural and educational values. From this perspective, Bishop's framework of mathematical values provides an important structure for examining the tasks presented in mathematics textbooks. According to Bishop (1988), mathematical values refer to the cultural and pedagogical meanings conveyed through the teaching and learning of mathematics. These values are categorized into six dimensions: rationalism, objectivism, control, progress, openness, and mystery. These values reflect how mathematical knowledge is presented, how it is learned, and the ways of thinking expected from students.

The aim of this study is to comparatively examine the learning outcomes related to the *Geometry and Measurement* learning domain in Grade 5 mathematics textbooks used in Turkey and Japan within the framework of Bishop's mathematical values. A qualitative research design based on document analysis was employed. The data from Turkey were collected from mathematics textbooks published by the Ministry of National Education (MoNE), while the data from Japan were obtained from the *Fun with Mathematics* textbooks published by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). A total of 311 tasks were included in the study. To enhance the reliability of the coding process, the tasks were independently coded by two coders. Inter-coder reliability was calculated using Cohen's Kappa coefficient.

The findings indicate that textbooks from both countries place considerable emphasis on the value of objectivism. While Japanese textbooks place significant emphasis on the value of rationalism, Turkish textbooks were found to include this value more frequently in comparison. Similarly, the percentage of the control value, which emphasizes practice, is notably high in Japanese textbooks. An analysis of textbooks from both countries revealed that the value of mystery, which aims to stimulate curiosity, is present at a very low level or is almost absent. Overall, this study reveals the extent to which the mathematical values related to the *Geometry and Measurement* learning domain reflect the cultures of two different countries. The findings are expected to contribute to comparative studies on mathematics textbooks.

Keywords: Mathematics, textbook, Turkey, Japan, values.

9. SINIF ÖĞRENCİLERİNİN MAARİF MODELİNE GÖRE HAZIRLANAN MATEMATİK DERS KİTABINDAKİ UYGULAMALAR HAKKINDA GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ

Selin TÜRKCAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0009-0000-3814-3152

Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalı, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0002-8567-3639

Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalı, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0003-3254-8858

ÖZET

Günümüzdeki teknolojik gelişmeler, eğitim uygulamalarının da değişmesine ve yenilenmesine neden olmuştur. 2024 yılında uygulanmaya başlanan "Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli" ile birlikte okul öncesinden lise kademesine kadar öğretim programları ve ders kitapları yenilenmiştir. Bu çalışmanın amacı, yeni 9. sınıf matematik ders kitabındaki uygulama etkinlikleri hakkında öğrenci görüşlerini incelemektir. Araştırmada nitel araştırma yöntemlerinden durum çalışması deseni kullanılmıştır. Çalışma grubu, 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Marmara Bölgesi'nde bulunan 1'i fen lisesi 4'ü Anadolu lisesi olmak üzere 5 farklı lisede eğitim gören 10 öğrenciden oluşmaktadır. Veriler, 8 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşmeler aracılığıyla toplanmış ve içerik analizi yöntemiyle analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, öğrenciler uygulamalar konusunda farklı görüşlere sahiptir. Özellikle "genelleme" ve "önerme" gibi matematiksel terimlerin doğrudan verilmesi, bazı öğrencilerin terimlerin anlamını bilmemesi sebebiyle konuyu öğrenmesini zorlaştırmaktadır. Öğrencilerin çoğu, bu uygulamaların tek başına konuyu öğretmek için yeterli olmadığını, daha çok konuyu pekiştirmek için kullanılması gerektiğini düşünmektedir. Ayrıca, öğrencilerin sınav odaklı bakış açısı bu tür etkinliklere yaklaşımını olumsuz etkileyebilmektedir. Birçok öğrenci üniversite sınavına hazırlandığı için bu tarz uzun etkinliklerin sınavda kendilerine çok yardımcı olmayacağını düşünmektedir. Buna karşın, görsel destekli ve günlük hayatla ilişkilendirilmiş örneklerin öğrencilerin ilgisini çektiği ve ders motivasyonunu arttırdığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, ders kitabındaki uygulamaların daha anlaşılır olması için kullanılan dilin sadeleştirilmesi, öğrencilerin seviyesine daha uygun hale getirilmesinin ve bu doğrultuda sınıf içi uygulama süreçlerinin geliştirilmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye yüzyılı maarif modeli, matematik ders kitabı, öğrenci görüşleri, nitel araştırma.

INVESTIGATION OF 9TH GRADE STUDENTS' OPINIONS ON PRACTICES IN THE MATHEMATICS TEXTBOOK PREPARED ACCORDING TO THE TURKEY CENTURY EDUCATION MODE

ABSTRACT

Current technological developments have led to the transformation and renewal of educational practices. With the "Turkey Century Education Model" implemented in 2024, curricula and textbooks from preschool to high school levels have been restructured. The purpose of this study is to examine student opinions regarding the practice activities in the new 9th-grade mathematics textbook. A qualitative research design, specifically a case study, was employed in the study. The study group consists of 10 students attending five different high schools (one science high school and four Anatolian high schools) in the Marmara Region during the 2024-2025 academic year. Data were collected through a semi-structured interview form consisting of eight questions and analyzed using the content analysis method.

According to the findings, students hold diverse perspectives regarding the practices. In particular, the direct presentation of mathematical terms such as "generalization" and "proposition" hinders the learning process for some students due to a lack of understanding of these terms. Most students believe that these practices are insufficient for teaching a subject on their own and should instead be utilized for reinforcement. Furthermore, students' exam-oriented mindset negatively impacts their approach to such activities. Many students, preparing for university entrance exams, do not perceive these lengthy activities as significantly helpful for their exam goals. On the other hand, it was observed that visually supported examples related to daily life attract students' attention and increase their motivation toward the lesson. In conclusion, it is suggested that simplifying the language used in textbook practices to better align with students' levels and enhancing in-class implementation processes accordingly would be beneficial.

Keywords: Turkey century education model, mathematics textbook, student opinions, qualitative research.

GİRİŞ

Günümüzde teknoloji öngörülemez biçimde değişmeye ve gelişmeye devam etmektedir. Eğitim faaliyetlerinin de bu değişimden etkilenmesi kaçınılmazdır (Aydınoglu, 2020). Eğitim-öğretim faaliyetlerinin yol haritası durumunda olan öğretim programları da bu değişime ayak uydurmaya başlamıştır. Milli Eğitim Bakanlığı hem dünyadaki hem de eğitim alanındaki bu yenilikleri takip ederek Nisan 2024 yılı ile beraber Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli adı altında okul öncesi, ilköğretim ve ortaöğretim programlarını yenilemiştir (Yurdakal, 2024).

Eğitim öğretim aşamasında hem öğrenciler hem de toplumu doğrudan etkilemesi sebebiyle ders kitapları büyük önem taşır (Güneş ve Çelikler, 2010). Ders kitaplarının hazırlanma ve düzenleme aşamalarında sürekli denetime tabii tutulması ve gelişmeleri için çok aşamalı süreçlerin varlığı, titiz ve detaylı bir çalışma istemeleri açısından işlevsel yönden değerli ve kalıcı ürünler olma özelliğine sahiptir (Güçlü ve diğerleri, 2001, aktaran Yüksel, 2010). Ders kitapları öğretimi düzenli ve belirlenen kazanımlara yönelik gerçekleştiriyor olması yönüyle tercih edilen araçlardır (Ulum, 2017). Kitaplar öğrencilerin çok yönlü deneyimler edinmelerinde kolaylık sağlamalı ve bu yaşantılar için çeşitli öğrenme uygulamaları içermelidir (Yüksel, 2010).

Ders kitapları konusunda öğretmen ve program yetkililerinin görüşleri yanında öğrenci görüşleri de önemli olmaktadır. Öğrenciler ders kitaplarını bilginin kaynağı olarak görüp kitaplarda yazan bilgileri temel alırlar (Güneş, Çelikler, 2010). Bu kitaplar aracılığıyla kavramları tanır ve kendi öğrenme yaşantılarını oluştururlar (Yıldırım ve Çelik, 2022). Öğrencilerin kitaplardan beklentileri kişisel beklentilerine ve öğrenme şekillerine göre değişmektedir. Bu sebeple öğrencilerin ders kitapları hakkındaki görüşleri de farklılık göstermektedir. Güncel öğretim programları öğretimle beraber eleştiren, düşünebilen bireyleri topluma kazandırmayı hedeflerken, ders kitaplarının da bu becerilere yönelik hazırlanması gerekmektedir (Aybek, Çetin ve Başarır, 2014). Bu çalışmada, uygulamaya yeni koyulan Türkiye Yüzyılı Maarif Modeline göre hazırlanan 9. sınıf matematik ders kitabındaki uygulamalar hakkında öğrenci görüşlerini incelemek amaçlanmıştır.

Yöntem

Çalışmanın amacı, 9. sınıf öğrencilerinin Maarif Modeli matematik ders kitabındaki uygulamalara dair deneyimlerini, algılarını ve görüşlerini derinlemesine anlamak olduğu için, araştırma deseni olarak nitel durum çalışması benimsenmiştir. Nitel araştırma, sosyal bilimlerde bireylerin kendi bağlamlarında nasıl anlamlar oluşturduğunu ve yaşadığı deneyimleri ayrıntılı biçimde ortaya koymayı hedeflediği için (Yıldırım ve Şimşek, 2021), bu araştırmanın amacına uygun görülmüştür.

Çalışma Grubu

Çalışma grubu, 2024-2025 eğitim-öğretim yılında Marmara Bölgesi'nde bulunan 1'i Fen Lisesi 4'ü Anadolu lisesi olmak üzere 5 farklı lisede eğitim gören 10 öğrenciden oluşmaktadır. Katılımcıların 8'i kız, 2'si erkektir. Çalışma grubunun belirlenmesinde, nitel araştırmalarda amaçlı örnekleme yöntemlerinden biri olan kolay ulaşılabilir örnekleme tekniği tercih edilmiştir. Bu teknik, araştırmacının örneklemini belirlerken kolay erişim sağlayabilmesi ve

sürece hız kazandırması açısından tercih edilmiştir (Patton, 2014). Araştırmaya katılım gönüllülük esasına dayalı olarak gerçekleştirilmiş olup, etik ilkelere uygunluk adına katılımcılara gerekli bilgilendirme yapılmıştır.

Veri Toplama

Bu araştırmada veri toplamak amacıyla yarı yapılandırılmış görüşme formu kullanılmıştır. Form, öğrencilerin ortaöğretim matematik 9. sınıf ders kitabının sayılar temasında yer alan 2 farklı uygulamaya (Ek 1, Ek 2) dair görüş ve deneyimlerini incelemek amacıyla 8 adet açık uçlu sorudan oluşmaktadır. Uygulamalar, öğretim programının zamanlamasına uygun olarak seçilmiştir. Görüşme formu oluşturulurken ilgili literatür taranmış ve uzman görüşü alınarak geçerliği sağlanmıştır. Veri toplama süreci, her biri yaklaşık 10-20 dakika süren bireysel görüşmelerle yürütülmüştür. Bu görüşmeler öncesinde katılımcılara gerekli bilgilendirmeler yapılmıştır. Formda yer alan sorular aşağıda sunulmuştur:

Bu uygulamanın açıklamalarını yeterince anlaşılır buluyor musunuz? Açıklayınız.

Bu uygulamada anlamını bilmediğiniz terimler veya kavramlar var mı? Varsa nelerdir?

Derste bu etkinliği uyguladınız mı? Uyguladıysanız konunun hangi kısmında uyguladınız, eksik veya faydalı yönleri sizce nelerdir?

Bu uygulamanın konuyu öğretmedeki yeterliliği hakkında ne düşünüyorsunuz?

Uygulamanın zorluk seviyesini nasıl değerlendirirsiniz?

Bu uygulama dikkatinizi çekiyor mu? Açıklayınız.

Bu uygulama, konuyu öğrenme motivasyonunuzu nasıl etkiledi? Daha fazla bu tarz uygulamalar yapmak ister misiniz? Açıklayınız.

Bu uygulamada edindiğiniz bilgileri gerçek hayatta kullanabileceğinizi düşünüyor musunuz? Açıklayınız.

Veri Analizi

Bu araştırmada elde edilen veriler, nitel veri analiz yöntemlerinden içerik analizi tekniği kullanılarak incelenmiştir. İçerik analizi, toplanan verilerin içindeki benzer konuları ve fikirleri bir araya getirerek, bu verilerden anlamlı temalar ve kategoriler çıkarmayı amaçlar (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Analiz sürecinde öğrenciler Ö1, Ö2, ... şeklinde kodlanmıştır. Öğrencilerin cevaplarına yönelik temalar belirlenmiş ve analiz edilen bilgiler tablolar halinde sunulmuştur.

ARAŞTIRMA VE BULGULAR

Tablo1: Uygulama 1' yönelik görüşler

Soru No	Ana Tema	Eğilim Gösterilen Ana Sonuç	Öğrenci Dağılımı
Soru 1	Uygulama Anlaşılabilirliği	Öğrencilerin yarısı açıklamaları başarılı bulurken, diğer yarısı yönlendirme eksikliği nedeniyle dili anlaşılmaz bulmuştur.	Anlaşılır: 5 Öğrenci Anlaşılmaz: 5 Öğrenci
Soru 2	Anlamını Bilmediği Kavramlar	"Genelleme" ve "önerme" gibi terimlerin tanımlanmaması anlaşılabilirliği zorlaştırmıştır.	Kavram Eksikliği Var: 4 Öğrenci (Ö2, Ö4, Ö5, Ö6)
Soru 3	Uygulanma Düzeyi	Hazırlık ve tekrar için verimli bulunan uygulama; uzun süresi ve ödev formatında sunulması nedeniyle eleştirilmiştir.	Girişte Uygulandı: 4 Öğrenci (Ö1, Ö2, Ö4, Ö7) Uygulanmadı/Ödev: 2 Öğrenci (Ö3, Ö6)
Soru 4	İşlevsellik	Konuyu öğretmede yetersiz görülmüş; daha zorlayıcı soru ve öğretmen desteğine ihtiyaç duyulduğu belirtilmiştir.	Yetersiz: 7 Öğrenci Yeterli: 3 Öğrenci
Soru 5	Zorluk Seviyesi	Uygulama, çoğunlukla "kolay" veya "orta" düzey olarak değerlendirilmiştir.	Kolay/Orta: 9 Öğrenci Zor: 1 Öğrenci
Soru 6	İlgi Çekicilik	Sözel içeriğin yoğunluğu, metin uzunluğu ve soru tarzı nedeniyle çoğunlukla "sıkıcı" bulunmuştur.	İlgi Çekmiyor: 6 Öğrenci İlgi Çekiyor: 4 Öğrenci
Soru 7	Motivasyon	Sınav başarısına katkı sağlamayacağı düşüncesiyle motivasyon düşük kalmış; tekrar yapma isteği oluşmamıştır.	Artmadı: 5 Öğrenci Arttı: 5 Öğrenci
Soru 8	Gerçek Hayatla İlişki	Öğrencilerin yarısı bilgileri akademik/sınav odaklı görürken, diğer yarısı günlük hayata aktarılabilceğini belirtmiştir.	Sınav Odaklı: 5 Öğrenci Kullanılır: 5 Öğrenci

Uygulamanın anlaşılabilirliği konusunda öğrenciler arasında belirgin bir ayrım bulunmaktadır. Öğrencilerin bir kısmı (Ö1, Ö3, Ö7, Ö10), uygulamayı "açıklayıcı" ve "formülü buldurmaya" yönelik olduğu için beğendiğini belirtirken; diğer grup ise dili karmaşık ve eksik bulmuştur. Bu karmaşıklığın temel kaynağı, uygulamalarda sıklıkla geçen "Genelleme," "Önerme" ve "Varsayım" gibi matematiksel kavramların net olarak açıklanmaması olarak düşünülmektedir. Ö4, bu terimler hakkında hiçbir bilgisi olmadığını, Ö5 ise bu kelimelerle neyin kastedildiğini tam anlayamadığı için soruları çözemediğini ifade etmiştir.

Uygulama, öğrencilerin çoğunluğu tarafından kolay veya orta zorlukta görülmüş ve derste genellikle konuya giriş veya hatırlatma amaçlı kullanılmıştır (Ö1, Ö7). Buna karşın, öğrencilerin büyük çoğunluğu (Ö4, Ö8, Ö9), uygulamanın konuyu öğretmede yetersiz kaldığını düşünmektedir. Ö4, uygulamanın konunun ilerleyen zamanlarında yeterli olmayacağını vurgularken, Ö9 ise konunun yeterince uzun tutulmadığını ve daha zorlayıcı sorularla desteklenmesi gerektiğini belirtmiştir. Sadece Ö3, kendi formülünü önermeyi istemesi nedeniyle uygulamanın yeterli olduğunu savunmuştur.

Öğrencilerin yarısından fazlası uygulamayı ilgi çekici bulmamıştır. Ö6, uygulamayı "sıkıcı ve uzun" bulduğunu, Ö5 ise tablo doldurma dışındaki sözel soruları çözmek istemediğini ifade etmiştir. Daha ilgi çekici hale getirme önerileri arasında ise daha eğlenceli örneklemeler (Ö4) ve daha yoğun, şekilli "yeni nesil tarzı" soruların eklenmesi (Ö9) öne çıkmaktadır.

Motivasyon anlamında öğrencilerin birçoğu bu tarz uygulamaların üniversite sınavlarında işe yaramayacağını düşündükleri için motivasyonunun yükselmediğini belirtmişlerdir. Ö6 ise "Bir daha böyle uygulama yapmak hiç istemem" şeklinde ifade etmiştir. Genel eğilim, öğrencilerin bu tarz etkinlikleri sık tekrar etmemesi yönündedir (Ö1, Ö7).

Uygulamada edinilen bilgilerin gerçek hayatta karşılığı konusunda öğrenciler arasında bir ayrışma yaşanmıştır. Öğrencilerin yarısı (Ö4, Ö5, Ö6, Ö9) bilgileri günlük hayatta kullanmayacağını, sadece sınavlar veya akademik hayat için gerekli olduğunu düşünürken; diğer yarısı (Ö1, Ö2, Ö3, Ö10), matematiğin genel olarak "hayatımızın her yerinde" karşımıza çıkacağını (Ö10) belirterek olumlu görüş bildirmiştir.

Tablo2: Uygulama 2'ye yönelik görüşler

Soru No	Ana Tema	Eğilim Gösterilen Ana Sonuç	Öğrenci Dağılımı
Soru 1	Uygulama Anlaşılabilirliği	Görsel ve örneklerle genel olarak açık bulunmuş; ancak bazı öğrencilerce tekrarlar nedeniyle karmaşık görülmüştür.	Anlaşılır: 6 Öğrenci Kısmen/Hiç Anlaşılmaz: 4 Öğrenci
Soru 2	Anlamını Bilmediği Kavramlar	Genel kavramlar bilinmekle birlikte, "Strateji Belirleme" ifadesi bazı öğrenciler için belirsiz kalmıştır.	Kavram Sorunu Yok: 8 Belirsiz Kavram Var: 2 Öğrenci
Soru 3	Uygulanma Düzeyi	Öğrencilerin çoğu etkinliği ders saatinde uygulamamıştır.	Uygulanmadı: 8 Öğrenci Uygulandı: 2 Öğrenci (Ö1, Ö7)
Soru 4	İşlevsellik	Konu pekiştirme için yeterli, ancak ilk öğrenme ve giriş aşaması için yetersiz bulunmuştur.	Yeterli: 5 Öğrenci Yetersiz: 4 Öğrenci

Soru No	Ana Tema	Eğilim Gösterilen Ana Sonuç	Öğrenci Dağılımı
Soru 5	Zorluk Seviyesi	Genellikle kolay-orta düzeyde görülmüştür.	Kolay/Orta: 8 Öğrenci Orta Zor: 2 Öğrenci
Soru 6	İlgi Çekicilik	Görseller ve gerçek hayat örnekleri ilgiyi artırırken, yoğun sözel içerik ilgiyi düşürmüştür.	İlgi Çekiyor: 6 Öğrenci İlgi Çekmiyor: 4 Öğrenci
Soru 7	Motivasyon	Eğlenceli ve uygulanabilir bulunup motivasyonu artırmış; bir grup ise süreci vakit kaybı olarak nitelendirmiştir.	Arttı: 5 Öğrenci Artmadı: 5 Öğrenci
Soru 8	Gerçek Hayatla İlişki	Çoğunlukla, bağlamlar sayesinde bilginin günlük hayatta kullanılabileceği düşünülmüştür.	Kullanılır: 7 Öğrenci Kullanılmaz: 3 Öğrenci

Uygulama 2 ‘nin anlaşılabilirliği konusunda öğrenciler büyük çoğunlukla anladıklarını ancak bazı görseller sebebiyle karmaşıklık yaşadıklarını belirtmişlerdir. “Strateji belirleme” kavramı bazı öğrenciler için problem olarak görülmüştür(Ö8, Ö9).

Uygulamanın derste kullanımı konusunda öğrencilerin çoğunluğu (Ö2, Ö3, Ö4, Ö10), etkinliği ders sırasında uygulamamış veya konuya henüz gelmemişlerdir. İşlevsellik açısından bakıldığında, uygulama konuyu öğretmekten ziyade pekiştirmeye (Ö4) uygun görülmüştür; bazı öğrenciler uygulamanın konuyu öğretmede yetersiz olduğunu düşünürken (Ö8), Ö3 ise muhakemeyi teşvik etmesi açısından faydalı bulmuştur.

Uygulamanın Zorluk Seviyesi, genellikle Orta olarak değerlendirilmiştir; ancak Ö6 gibi bazı öğrenciler, içeriğin ortaokul düzeyinde olduğunu belirtmiştir. Uygulamanın Gerçek hayatla ilişkili (Ö1) ve görsel (Ö9, Ö10) olması, ilgi çekicilik ve motivasyon (Ö1, Ö2) üzerinde belirgin bir pozitif etki yaratmıştır. Bu olumlu motivasyona rağmen, öğrencilerin bir kısmı (Ö6, Ö7), uygulamayı vakit kaybı olarak görmeye devam etmiş ve tekrar yapmak istemediğini ifade etmiştir.

SONUÇ

Elde edilen bulgular, Maarif Modeli’ndeki ders kitabı uygulamalarının öğrenciler üzerinde farklı etkiler bıraktığını göstermektedir. İlk uygulamada (Uygulama 1) "Genelleme" ve "Önerme" gibi kavramların soyut kalması, öğrencilerin konuyu anlamasını zorlaştırmış ve öğrenme sürecini olumsuz yönde etkilemiştir. İkinci uygulamada (Uygulama 2) ise görsel öğelerin ve metrekare hesaplama gibi günlük hayat örneklerinin kullanılması, öğrencilerin derse olan ilgisini ve motivasyonunu olumlu etkilemiştir. Stylianides ve Stylianides(2008) matematik eğitiminde gerçek hayat bağlamlarının öğrencilerin ilgi ve motivasyonunu

artırdığını belirtmiştir. Ders kitabı uygulamalarında yer alan soyut kavramların, daha somut örnekler aracılığı ile sunulması faydalı olabilir.

Her iki uygulamada da öğrenciler bu etkinliklerin yeni bir bilgi öğretmek yerine, mevcut bilgileri pekiştirmek için yapıldığını düşünmektedir. Soruların genellikle kolay veya orta seviyede olması, öğrencilerin daha kapsamlı ve zorlayıcı alıştırma beklentisini karşılamamıştır. Özellikle ikinci uygulamanın çoğunlukla sınıfta işlenmeyip ödev olarak bırakılması, uygulamadan beklenen faydayı azaltmıştır. Bu nedenle etkinliklerin mümkün olduğunca sınıf ortamında ele alınması, beklenen faydayı sağlama konusunda daha çok yardımcı olabilir. Etkinlikler gerçek hayatla bağ kurmayı amaçlasa da öğrencilerin üniversite sınavına odaklanması ve bu etkinliklerin sınav başarısını etkilemeyeceğine olan inançları, uygulamaya karşı motivasyonu olumsuz yönde etkilemiştir.

KAYNAKÇA

- Aybek, B., Çetin, A., & Başarır, F. (2014). Fen ve teknoloji ders kitabının eleştirel düşünme standartları doğrultusunda analiz edilmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 19-38.
- Aydınoğlu, Ş. Ş. (2020). *Genel liselerden meslek liselerine dönüşen okulların yaşadığı sorunlara ilişkin öğretmen görüşlerinin incelenmesi* (Yüksek lisans tezi, İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı).
- Çelik, M. E., & Yıldırım, G. (2022). Sosyal bilgiler 5., 6. ve 7. sınıf ders kitaplarının kavram haritaları açısından incelenmesi. *Uluslararası Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2022(18), 208-221.
- Güçlü, N., Topses, G., Yel, S., Korkmaz, A., Çakmak, M., Köksal, H., & Albayrak, F. (2001). *Hayat Bilgisi 1-3, Konu Alanı Ders Kitabı İnceleme Kılavuzu*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Güneş, M. H., & Çelikler, D. (2010). Konu alanı ders kitabı inceleme dersine yönelik öğrenci görüşleri. *Kafkas Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(5), 81-90.
- Milli Eğitim Bakanlığı. (2024). *9. sınıf matematik ders kitabı (1. kitap)*. Ankara, Türkiye: Milli Eğitim Bakanlığı.
- Patton, M. Q. (2014). *Qualitative research & evaluation methods: Integrating theory and practice*. Sage publications.
- Stylianides, A. J., & Stylianides, G. J. (2008). Studying the implementation of tasks in classroom settings: High-level mathematics tasks embedded in “real-life” contexts. *Teaching and Teacher Education*, 24, 859-875.
- Ulum, H., & Taşkaya, S. M. (2019). İlkokul 2, 3 ve 4. sınıf Türkçe ders ve çalışma kitaplarında yer alan etkinliklerin yenilenmiş Bloom taksonomisine göre incelenmesi. *Kastamonu Education Journal*, 27(1), 107-118.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. (12. Baskı). Seçkin Yayıncılık
- Yurdakal, İ. H. (2024). Türkiye Yüzyılı Maarif Modeli: 2024 İlkokul Türkçe Dersi Öğretim Programı'nın (1, 2, 3 ve 4. sınıflar) incelenmesi. *Temel Eğitim*, 6(24), 76-88.
- Yüksel, E. (2010). *İlköğretim 6. sınıf matematik ders kitaplarının öğretmen ve öğrenci görüşleri doğrultusunda değerlendirilmesi* (Yüksek lisans tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).

Ek 1

Tabanları Aynı Olan Üslü Gösterimlerle Çarpma ve Bölme İşlemi

Verilen bilgileri inceleyerek aşağıdaki soruları cevaplayınız.

x sıfırdan farklı bir gerçekte sayı, a ve b birer tam sayı olsun.

- Üslü gösterimlerde $x^a \cdot x^b$ ve $\frac{x^a}{x^b}$ işlemlerinin sonuçları nasıl hesaplanabilir? Varsayımlarınızın doğruluğunu sayfa çerçevesinde tartışarak açıklayınız.
- Tabloda verilen işlemlerin sonuçlarını örneklerdeki gibi bularak ilgili yere yazınız.

İşlem	İşlemin Açık Hali	Sonuçun Üslü Gösterimi
$2^3 \cdot 2^4$	$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2}{3 \text{ tane}} \cdot \frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}{4 \text{ tane}}$	2^7
$(-6)^2 \cdot (-6)^3 \cdot (-6)$		
$\left(\frac{1}{3}\right)^2 \cdot \left(\frac{1}{3}\right)^3$		
$3^4 \cdot 3^{-4}$	$3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 3 \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{1}{3}$	3^0
$5^{-4} \cdot 5^7$		
$\left(\frac{2}{3}\right)^{-1} \cdot \left(\frac{2}{3}\right)^3$		
$x^4 \cdot x^2$		
$\frac{2^5}{2^3}$	$\frac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}{2 \cdot 2 \cdot 2}$	2^2
$\frac{11^4}{11^2}$		
$\frac{(-3)^7}{(-3)^4}$		
$\frac{6^2}{6^{-2}}$		
$\frac{x^4}{x^5}$		

- Tabloda elde ettiğiniz sonuçlardan yararlanarak tabanları aynı olan üslü gösterimlerle çarpma ve bölme işlemlerine dair genellemler oluşturunuz.
- Varsayımlarınızla genellemlerinizi karşılaştırarak üslü gösterimlerde çarpma ve bölme işlemlerine dair önermelerinizi oluşturunuz.
- Olşturduğunuz önermeler yardımıyla aşağıda verilen problemi çözünüz. Önermelerin problemin çözümünde ne tür kolaylıklar sağladığını ve başka hangi problem durumlarında kullanılabileceğini yazınız.
Yeryüzündeki kumullarda yaklaşık $4 \cdot 10^{21}$ kum taneisi okluğu düştürülmektedir. Arjinet, yaptığı bir çalışmada bütün evreni doldurmak için gereken kum taneisi sayısını yaklaşık olarak hesaplamıştır. Arjinet'in bulunduğu sayı, yeryüzündeki kumullarda bulunan kum taneisi sayısının $2 \cdot 10^{42}$ katıdır.
Buna göre tüm evreni doldurmak için gereken kum taneisi sayısı nasıl hesaplanabilir?

- a ve b nin pozitif tam sayı olduğu durumlarda için olşturduğunuz önermelerin doğrulanma adımlarının bir kısmı aşağıda verilmiştir.

$$a) \quad x^a \cdot x^b = \underbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}_{a \text{ tane}} \cdot \underbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}_{b \text{ tane}} = \underbrace{x \cdot x \cdot \dots \cdot x}_{(a+b) \text{ tane}} = x^{a+b}$$

$$b) \quad a > b \text{ için } \frac{x^a}{x^b} = \frac{\overbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}^{a \text{ tane}}}{\underbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}_{(a-b) \text{ tane}}} = \frac{x \cdot x \cdot \dots \cdot x}{1} = x^{a-b}$$

$$a < b \text{ için } \frac{x^a}{x^b} = \frac{\overbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}^{a \text{ tane}}}{\underbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}_{(b-a) \text{ tane}}} = \frac{1}{\underbrace{(x \cdot x \cdot \dots \cdot x)}_{(b-a) \text{ tane}}} = \frac{1}{x^{b-a}} = x^{-b+a}$$

Boşlukları uygun şekilde doldurup önermelerinizi matematiksel olarak doğrulayınız.

a ve b nin negatif tam sayı olduğu durumlarda için olşturduğunuz önermeler matematiksel olarak doğrulayınız. Doğrulama yöntemlerinizi sınıf arkadaşlarınızın kullandığı yöntemlerle karşılaştırarak kullanışlılık açısından değerlendiriniz.

Ek 2

Bahçe Düzeni

Verilenlere göre aşağıdaki soruları cevaplayınız.

Deniz Hanım, bir kenar uzunluğu 15,75 m olan kare şeklindeki bahçesinin zemininin bir kısmını seramikle, bir kısmını hazır çimle kaplatacaktır. Deniz Hanım, seramikle kaplanacak bölümün kare şeklinde olmasını istemektedir. Bahçenin iki farklı düzenine göre alınan fiyat teklifleri tabloda verilmiştir.

	1. Teklif	2. Teklif
Çim ve Seramik Kaplanacak Alan		
Çim Kaplama Ücreti	8100 TL	19 440 TL

Deniz Hanım, iki fiyat teklifi için 1 m² çim kaplama ücretini karşılayacaktır. 1 m² çim kaplama ücretinin daha düşük olduğu teklifi tercih edecektir.

- Her iki teklif için çim kaplanacak alanı nasıl hesaplıyorsunuz? Yönteminizi açıklayınız.
- Çim kaplanacak alanları bulurken işlemlerinizi kolaylaştıracak stratejileri belirleyiniz.
- Belirlediğiniz stratejileri kullanarak çim kaplanacak alanları hesaplayınız.
1. fiyat teklifi için 1 m² çim kaplama ücreti x Türk lirası, 2. fiyat teklifi için 1 m² çim kaplama ücreti y Türk lirası olsun. İki durum için çim kaplama ücretini veren cebirsel ifadeleri yazınız.
- Oluşturduğumuz cebirsel ifadeler yardımıyla iki fiyat teklifi için 1 m² çim kaplama ücretlerini bularak Deniz Hanım'ın seçeceği teklifi yazınız.

ORTAOKUL MATEMATİK ÖĞRETMENLERİNİN GEOGEBRA KULLANIMINA YÖNELİK GÖRÜŞLERİNİN İNCELENMESİ

Selin TÜRKCAN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0009-0000-3814-3152

Prof. Dr. Gül KALELİ YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalı, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0002-8567-3639

Prof. Dr. Dilek SEZGİN MEMNUN

Bursa Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Bölümü, Matematik Eğitimi Ana Bilim Dalı, 16059, Nilüfer, Bursa

ORCID: 0000-0003-3254-8858

ÖZET

Teknolojik gelişmelerin eğitime entegrasyonu ile birlikte matematik öğretiminde somutlaştırma ve dinamik yazılımların kullanımı büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı, ortaokul matematik öğretmenlerinin GeoGebra uygulamasının kullanımına yönelik görüşlerini incelemektir. Araştırmada nitel araştırma yaklaşımı benimsenmiş ve durum çalışması deseni tercih edilmiştir. Araştırmanın çalışma grubunu, Marmara Bölgesi'ndeki bir devlet üniversitesinde lisansüstü eğitimine devam eden 10 matematik öğretmeni oluşturmaktadır. Veriler 6 sorudan oluşan yarı yapılandırılmış görüşme formları aracılığı ile toplanmıştır. Toplanan veriler içerik analizi yöntemi ile analiz edilmiştir. Araştırma kapsamında öğretmenlerin bu programı kullanma becerileri, programın öğrencilerin öğrenmesine etkisi ve derslere kattığı motivasyon hakkındaki görüşleri incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre öğretmenler, GeoGebra konusundaki yetkinliklerini "orta seviyede" görmekte; genellikle yeni etkinlik hazırlamak yerine var olan hazır dosyaları derslerine uyarlamayı tercih etmektedirler. Uygulamayı çoğunlukla geometri öğrenme alanında kullandıklarını ve GeoGebra'nın en büyük faydasının zor ve soyut matematik konularını görselleştirerek somut hale getirmesi olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle ortaokul öğrencilerinin somut düşünceden soyut düşünceye geçiş aşamasında oldukları için, programın bu geçişte bir anlama aracılığı görevi üstlendiği düşünülmektedir. Ayrıca, öğretmenler programının öğrencilerin derse yönelik ilgilerini artırdığını ve matematik kaygılarını azalttığını belirtmişlerdir. Sonuç olarak; GeoGebra'nın sadece bir şekil çizme aracı değil, öğrencinin konunun mantığını kavramasını sağlayan yardımcı bir araç olduğu görülmüştür. Öğretmenlerin GeoGebra'yı geometrinin yanı sıra cebir ve istatistik gibi konularda da kullanabilmeleri için desteklenmeleri yararlı olabilir. GeoGebra'nın sınıflarda tam potansiyeliyle kullanılabilmesi için öğretmenlerin tasarım becerilerinin geliştirilmesine ve uygulamanın öğretim programına planlı bir şekilde entegre edilmesine ihtiyaç duyulduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: GeoGebra, matematik öğretimi, ortaokul matematiği, öğretmen görüşleri.

**AN INVESTIGATION OF MIDDLE SCHOOL MATHEMATICS TEACHERS'
VIEWS ON THE USE OF GEOGEBRA**

ABSTRACT

With the integration of technological advancements into education, the use of visualization and dynamic software in mathematics teaching has gained significant importance. This study aims to examine the views of middle school mathematics teachers regarding the use of the GeoGebra application. A qualitative research approach was adopted, and a case study design was preferred for the investigation. The study group consisted of 10 mathematics teachers pursuing graduate education at a state university in the Marmara Region. Data were collected through semi-structured interview forms consisting of six questions and analyzed using the content analysis method. Within the scope of the research, teachers' skills in using this software, the impact of the software on student learning, and their views on its contribution to classroom motivation were examined. According to the results obtained from the research, teachers perceive their competence in GeoGebra at an "intermediate level" and generally prefer adapting existing files to their lessons rather than creating new activities. They stated that they mostly use the application in the field of geometry and that the greatest benefit of GeoGebra is its ability to concretize difficult and abstract mathematical topics through visualization. Since middle school students are in the transition stage from concrete to abstract thinking, it is considered that the program serves as a tool for conceptual understanding during this transition. Additionally, teachers noted that the software increases students' interest in the lesson and reduces their mathematics anxiety. Consequently, it has been observed that GeoGebra is not merely a figure-drawing tool but a supportive instrument that enables students to grasp the logic of the subject. It is suggested that supporting teachers in using GeoGebra in other fields such as algebra and statistics, in addition to geometry, could be beneficial. It is considered that, in order for GeoGebra to be utilized at its full potential in classrooms, there is a need to enhance teachers' design skills and to integrate the application into the curriculum in a planned and systematic manner.

Keywords: GeoGebra, mathematics teaching, middle school mathematics, teacher views.

MINKOWSKI ÇARPIMSAL UZAYINDA KUATERNİYON TABANLI UZAY-ZAMAN EĞRİLERİNİN ÇARPIMSAL GEOMETRİK ANALİZİ

Zehra ÖZDEMİR

Amasya University, Faculty of Science and Arts, Department of Mathematics, 05189, Amasya, Türkiye

ORCID: 0000-0001-9750-507X

ÖZET

Bu çalışmada, Minkowski çarpımsal uzayının pseudo-Öklidyen yapısı temel alınarak uzay-zaman eğrilerinin çarpımsal kuaterniyonlar aracılığıyla modellenmesi ayrıntılı biçimde ele alınmıştır. Minkowski metrik yapısı, zaman benzeri, uzay benzeri ve ışık benzeri ayrımların belirleyici olduğu bir ortam sunar; bu nedenle klasik Öklidyen diferansiyel geometri, özellikle üstel değişkenlik gösteren veya hiperbolik dönüşüme maruz kalan eğri hareketlerini açıklamada yetersiz kalmaktadır. Bu bağlamda, çarpımsal hesap (multiplicative calculus) prensipleri Minkowski uzayının Lorentz yapısıyla birleştirilerek, doğrusal olmayan ve çarpımsal olarak evrilen eğrilerin davranışına yönelik yeni bir geometrik çerçeve oluşturulmuştur.

Çalışmada öncelikle, Minkowski çarpımsal iç çarpımı ile uyumlu bir çarpımsal kuaterniyon çarpımı tanımlanmış ve bu yapı kullanılarak geniş bir çarpımsal uzay-eğrisi ailesi türetilmiştir. Ardından, bu eğrilerin çarpımsal eğrilik ve çarpımsal burulma büyüklüklerinin, eğriyi temsil eden kuaterniyon alanının Minkowski çarpımsal türevleri üzerinden hesaplanabileceği gösterilmiştir. Böylece eğrilerin Lorentz metrik altında üstel ölçeklemeler ve hiperbolik dönüşümlerle birlikte nasıl evrildiğine ilişkin bütünsel bir formülasyon elde edilmiştir.

Ayrıca önerilen yöntemin geometrik davranış açısından sağladığı avantajlar çeşitli örnek eğriler üzerinde incelenmiş olup, hem zaman benzeri hem uzay benzeri karakterlerde eğriler üretilmiş ve bu eğrilerin çarpımsal farkları görselleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Minkowski çarpımsal uzayında kuaterniyon tabanlı modellemenin relativistik kinematik, hiperbolik akışlar, çarpımsal dinamikler, bilgisayar grafikleri ve Lorentz simetrisine sahip fiziksel sistemlerde güçlü uygulama potansiyelleri sunduğunu göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Minkowski çarpımsal uzay; Çarpımsal kuaterniyonlar; Lorentz metrik; Çarpımsal eğrilik ve burulma; Hiperbolik dönüşümler; Relativistik çarpımsal geometri.

MULTIPLICATIVE GEOMETRIC ANALYSIS OF QUATERNION-BASED SPACE-TIME CURVES IN MINKOWSKI MULTIPLICATIVE SPACE

ABSTRACT

In this study, a comprehensive quaternion-based multiplicative framework is developed for modeling space-time curves within the structure of Minkowski multiplicative geometry. The Lorentzian metric of Minkowski space inherently distinguishes between time-like, space-like,

and light-like directions, which limits the effectiveness of classical Euclidean differential geometry—especially when dealing with curves governed by exponential variations, multiplicative deformations, or hyperbolic transformations. By integrating the principles of multiplicative calculus with the pseudo-Euclidean nature of Minkowski space, we establish a generalized geometric setting suitable for analyzing nonlinear curve evolution.

We introduce a multiplicative quaternion product specifically adapted to the Minkowski multiplicative inner product. This algebraic structure enables the generation of a wide family of multiplicative rational curves in a non-Newtonian environment. Furthermore, it is shown that the multiplicative curvature and multiplicative torsion of a curve can be computed directly from the associated quaternion field via Minkowski multiplicative derivatives. This approach provides a unified understanding of curve dynamics under simultaneous Lorentzian and multiplicative transformations, capturing both hyperbolic rotations and exponential scaling behaviors.

To demonstrate the capabilities of the proposed model, several representative examples are constructed, including time-like, space-like, and light-like curves. Their geometric properties are examined numerically, and their multiplicative evolutions are visualized to highlight the distinctions from classical Lorentzian curve theory. The results confirm that the interplay between Minkowski geometry and multiplicative quaternion algebra forms a powerful theoretical tool for studying space-time curves.

This framework shows strong potential in various applications, including relativistic kinematics, hyperbolic flow analysis, multiplicative dynamical systems, exponential growth models, and geometric modeling of physical phenomena governed by Lorentz symmetry.

Keywords: Minkowski multiplicative space; Multiplicative quaternions; Lorentz metric; Multiplicative curvature and torsion; Hyperbolic transformations; Relativistic multiplicative geometry.

INTRODUCTION

Quaternions have long been recognized as a powerful mathematical tool for representing rotations and orientations in three-dimensional space. Their ability to encode rotational transformations without the singularities associated with Euler angles makes them particularly useful in geometry, physics, and computer graphics (Kuipers, 1999; Shoemake, 1991).

Early studies demonstrated the practical utility of quaternions in rigid body transformations and object alignment. Horn (1987) presented a closed-form solution for absolute orientation using unit quaternions, providing a robust method for 3D object alignment. Similarly, Shoemake

(1991) explored the connection between quaternions and 4×4 transformation matrices, emphasizing their importance in graphics and animation applications.

In robotics and computer vision, quaternions have been extensively used for object representation and pose estimation. Faugeras and Hebert (1986) investigated the representation, recognition, and localization of 3D objects, highlighting the role of mathematical representations in automated systems. Schwartz and Sharir (1987) addressed the identification of partially obscured objects in two and three dimensions by matching noisy characteristic curves, demonstrating the integration of geometric theory with practical recognition techniques. Beyond applications, quaternions also possess rich geometric interpretations. Hoffman and Wang (2014) analyzed quaternions associated with curves and surfaces, connecting classical quaternion theory to differential geometry. More recently, Aslan, Bekar, and Yaylı (2023) introduced a framework of multiplicative quaternions for 3-dimensional geometric spaces, offering new insights into the algebraic and geometric structure of spatial transformations. Collectively, these studies establish quaternions as a versatile tool bridging theoretical mathematics and practical applications in geometry, computer vision, and robotics. Building upon this foundation, the present study investigates the hyperbolic split quaternionic curves, aiming to further elucidate the geometric properties of quaternion-based representations.

PRELIMINARIES

In this section, we begin to give some basic information and notions about geometric scalar (inner) product and geometric vector product that are so critical to determining rotation in this space. The hyperbolic geometric inner product as follows:

$$g_L(G): R^3(G) \times R^3(G) \rightarrow R(G)$$

$$(x, y) \rightarrow g_L(G)(x, y) = e^{-a_1 x_1 y_1 + a_2 x_2 y_2 + a_3 x_3 y_3}.$$

The number of $\sqrt[6]{|\det_G \Omega^*|}$ is called geometric constant of the geometric inner product and represented by Δ_G^* in the rest of the study. The geometric space R^3 appointed with the indefinite $g_L(G)$ inner product is showed by $R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$. In this case, a vector $u \in R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$ is defined timelike, spacelike or null if $g_L(G)(u, u) < 1$, $g_L(G)(u, u) > 1$ or $g_L(G)(u, u) = 1$. Then two geometric vectors are defined as geometric hyperbolical orthogonal vectors if $g_L(G)(u, v) = 1_G$. If the multiplicative hyperbolic quaternions of geometric norms are e , we say that $g_L(G)$ geometric hyperbolical orthonormal vectors. If $\{e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}\}$ is an orthonormal bases of $R_{g_L(G)}^{1,2}(G)$, then $\det_G\{e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}\} = \Delta_G^{*-1}$. The geometric hyperbolical angle between two vectors is defined as,

$$\cosh_G \theta = g_L(G)(u, v) \oslash (|a|_{g_L(G)} \odot |b|_{g_L(G)})$$

that θ is full of agreeableness with the parameters of the angular parametric equations of the geometric hyperboloid, (Özdemir, 2024).

With respect to the geometric hyperbolic inner product, let us define the geometric hyperbolic vector product. We can write $u = (e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}) \in R^{1,2}(G)$ and $\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \tilde{e}_3$ be standard unit geometric vectors for $H(G)$. Then, in $R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$, the hyperbolic vector product has the following definition:

$$V_G^*(\cdot): R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G) \times R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G) \rightarrow R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G)$$

$$(u, v) \rightarrow V_G^*(u, v) = V_G^*(u \times_G v)$$

such that following is satisfied

$$V_G^*(u \times_G v) = \Delta_G^* \det_G \begin{vmatrix} \tilde{e}_1 \emptyset e^{-a_1} & \tilde{e}_2 \emptyset e^{a_2} & \tilde{e}_3 \emptyset e^{a_3} \\ e^{u_1} & e^{u_2} & e^{u_3} \\ e^{v_1} & e^{v_2} & e^{v_3} \end{vmatrix}.$$

Basic details regarding multiplicative hyperbolic split quaternion product are provided.

A multiplicative hyperbolic split quaternion defined by

$$q_e = (e^{q_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{q_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{q_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{q_4} \odot \tilde{k}).$$

Let

$$q_e = (e^{q_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{q_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{q_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{q_4} \odot \tilde{k})$$

and

$$p_e = (e^{p_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{p_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{p_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{p_4} \odot \tilde{k})$$

are two multiplicative hyperbolic split quaternions. Thus, the multiplicative hyperbolic split quaternion product is given as follows:

$$q_e \odot_H p_e = (S_{q_e} \odot S_{p_e}) \theta g_L(G)(V_{p_e}, V_{q_e}) \oplus (S_{q_e} \odot V_{p_e}) \oplus (S_{p_e} \odot V_{q_e}) \oplus V_G^*(V_{p_e} \times_G V_{q_e})$$

where S_q is the scalar part of multiplicative elliptic quaternion, V_q is the vector component of multiplicative hyperbolic quaternion, and $g_L(G), V_G^*$ are geometric hyperbolic inner product and geometric hyperbolic vector product, respectively.

If q_e and p_e are pure multiplicative hyperbolic split quaternion, we can write as follow,

$$q_e \odot_H p_e = g_L(G)(V_{p_e}, V_{q_e}) \oplus V_G^*(V_{p_e} \times_G V_{q_e})$$

The multiplicative hyperbolic split quaternion product is given as the form

$$pq = \begin{bmatrix} e^{p_1} & e^{-a_1 p_2} & e^{a_2 p_3} & e^{a_3 p_4} \\ e^{p_2} & e^{p_1} & e^{p_4 \frac{\Delta_G^*}{a_1}} & e^{-p_3 \frac{\Delta_G^*}{a_1}} \\ e^{p_3} & e^{p_4 \frac{\Delta_G^*}{a_2}} & e^{p_1} & e^{-p_2 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} \\ e^{p_4} & e^{-p_3 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} & e^{p_2 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} & e^{p_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{q_1} \\ e^{q_2} \\ e^{q_3} \\ e^{q_4} \end{bmatrix}.$$

The following definitions apply to the multiplicative hyperbolic split quaternion: conjugate, norm, modulus, and inverse for

$$q_e = (e^a \odot \tilde{e}) \oplus (e^b \odot \tilde{i}) \oplus (e^c \odot \tilde{j}) \oplus (e^d \odot \tilde{k})$$

multiplicative hyperbolic quaternion as follow:

$$q_e^{-G} = (e^a) \theta (e^b \odot \tilde{i}) \theta (e^c \odot \tilde{j}) \theta (e^d \odot \tilde{k}),$$

$$J_G(q_e) = e^{a^2 + a_1 b^2 - a_2 c^2 - a_3 d^2},$$

$$|q_e|_G = e^{\sqrt{|a^2 + a_1 b^2 - a_2 c^2 - a_3 d^2|}} |q_e|_G,$$

and

$$q_e^{-1G} = q_e^{-G} \emptyset J_G(q_e).$$

A multiplicative hyperbolic split quaternion is defined H_G spacelike, H_G timelike or H_G null, if $J_G(q_e) < 1$, $J_G(q_e) > 1$ or $J_G(q_e) = 1$, respectively. We can give three theorems pertaining to the use of quaternions with angles in software.

Theorem 2.1. Every $q_e = (e^{x_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{x_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{x_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{x_4} \odot \tilde{k})$ multiplicative spacelike hyperbolic split quaternion ($J_G(q_e) < 1$),

$$\sinh_G \theta = e^{x_1} \emptyset |q_e|_G,$$

$$\cosh_G \theta = e^{\sqrt{-a_1 x_2^2 + a_2 x_3^2 + a_3 x_4^2}} \emptyset |q_e|_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{-a_1 x_2^2 + a_2 x_3^2 + a_3 x_4^2}} \odot \tilde{i}}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{-a_1 x_2^2 + a_2 x_3^2 + a_3 x_4^2}} \odot \tilde{j}}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{-a_1 x_2^2 + a_2 x_3^2 + a_3 x_4^2}} \odot \tilde{k}}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = |q_e|_G \odot (\sinh_G \theta \oplus (\cosh_G \theta \odot \tilde{n})).$$

Theorem 2.2. Every $q_e = (e^{x_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{x_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{x_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{x_4} \odot \tilde{k})$ multiplicative timelike hyperbolic split quaternion which has a spacelike vector part ($J_G(q_e) > 1$),

$$\cosh_G \theta = e^{x_1} \emptyset |q_e|_G,$$

$$\sinh_G \theta = e^{\sqrt{-a_1 x_2^2 + a_2 x_3^2 + a_3 x_4^2}} \emptyset |q_e|_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}} \odot \tilde{i}}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}} \odot \tilde{j}}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}} \odot \tilde{k}}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = |q_e|_G \odot (\cos_G \theta \oplus (\sin_G \theta \odot \tilde{n})).$$

Theorem 2.3. Every $q_e = (e^{x_1 \odot \tilde{e}}) \oplus (e^{x_2 \odot \tilde{i}}) \oplus (e^{x_3 \odot \tilde{j}}) \oplus (e^{x_4 \odot \tilde{k}})$ multiplicative timelike hyperbolic split quaternion which has a timelike vector part ($J_G(q_e) > 1$),

$$\cos_G \theta = e^{x_1} \emptyset |q_e|_G,$$

$$\sin_G \theta = e^{\sqrt{a_1x_2^2-a_2x_3^2-a_3x_4^2}} \emptyset |q_e|_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{a_1x_2^2-a_2x_3^2-a_3x_4^2}} \odot \tilde{i}}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{a_1x_2^2-a_2x_3^2-a_3x_4^2}} \odot \tilde{j}}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{a_1x_2^2-a_2x_3^2-a_3x_4^2}} \odot \tilde{k}}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = |q_e|_G \odot (\cos_G \theta \oplus (\sin_G \theta \odot \tilde{n})).$$

MULTIPLICATIVE HYPERBOLIC SPLIT QUATERNION CURVES

Theorem 3.1. Each unit timelike hyperbolic multiplicative quaternion represents a multiplicative hyperbolic rotation on the multiplicative general hyperboloid. The multiplicative hyperbolic rotation matrix form is given with respect to the multiplicative hyperbolic split quaternion and geometric tools as follows:

$$q_e = (e^{q_1 \odot \tilde{e}}) \oplus (e^{q_2 \odot \tilde{i}}) \oplus (e^{q_3 \odot \tilde{j}}) \oplus (e^{q_4 \odot \tilde{k}}) = \cos_G \theta \oplus (n \odot \sin_G \theta) \in H_{a_1, a_2, a_3}(G),$$

we can write as follow:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} e^{q_1^2+a_1q_2^2+a_2q_3^2+a_3q_4^2} & e^{(2q_1q_4\Delta_G/a_1)-2a_2q_2q_3} & e^{(-2q_1q_3\Delta_G/a_1)-2a_3q_2q_4} \\ e^{(2q_1q_4\Delta_G/a_2)+2a_1q_2q_3} & e^{q_1^2-a_1q_2^2-a_2q_3^2+a_3q_4^2} & e^{(-2q_1q_2\Delta_G/a_2)-2a_3q_3q_4} \\ e^{(-2q_1q_3\Delta_G/a_3)+2a_1q_2q_4} & e^{(2q_1q_2\Delta_G/a_3)-2a_2q_3q_4} & e^{q_1^2-a_1q_2^2+a_2q_3^2-a_3q_4^2} \end{bmatrix}.$$

Consider two multiplicative rational space curves in multiplicative projective coordinates (director $d(t)$ and radius $r(t)$):

$$d(t) = (e^{d_1(t)}, e^{d_2(t)}, e^{d_3(t)}, e^{d_4(t)}), r(t) = (e^{r_1(t)}, e^{r_2(t)}, e^{r_3(t)}, e^{r_4(t)}).$$

Proposition 3.1. The multiplicative rational curve

$$x(t) = (e^{x_1(t)}, e^{x_2(t)}, e^{x_3(t)}, e^{x_4(t)}) = d(t) \odot_H r(t) \odot_H d(t)^*$$

is the homogeneous form of a rational curve in affine $R^{1,2}(G)$ generated by rotating the radius $r(t) \emptyset e^{r_1(t)}$ about the director $d(t) \emptyset e^{d_1(t)}$. The quaternion curve $x(t)$ has matrix representation

$$x(t) = \tilde{R}(t) \odot r(t)$$

where $\tilde{R}$ is the rotation matrix.

Proposition 3.2. Let $x(t)$ be a regular multiplicative space curve and s its arc length. Define the Frenet frame T_G, N_G, B_G and curvature k_G and torsion τ_G by the usual formulas:

$$T_G = x^*, N_G = T_G^* \oslash ||T_G^*||, B_G = V_G^*(T_G \times_G N_G),$$

$$k_G = ||T_G^*||, \tau_G = -g_L(G)(V_G^*(x^* \times_G x^{**}), x^{***}) \oslash ||V_G^*(x^* \times_G x^{**})||^2.$$

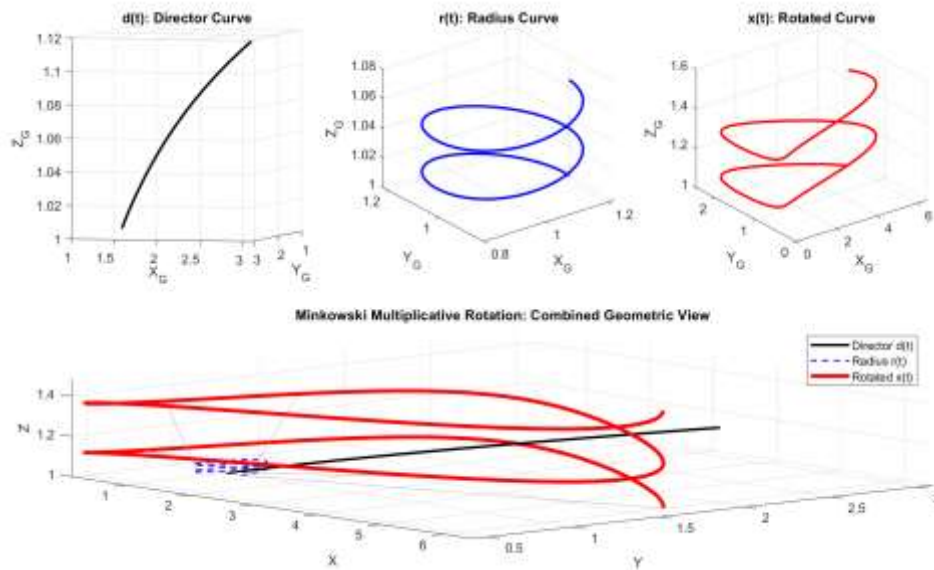
Example 3.1. For the multiplicative curve $x(t)$ generated by the rotation of a radius helix $r(t)$ around a director $d(t)$, the following values are obtained:

Curve Parameters

Profile Helix : $r(t) = (e^{0.6} \odot \cos_G(t), e^{0.6} \odot \sin_G(t), e^{0.15t})$

Director Curve: $r(t) = (e^{0.15t}, e^{0.20t}, e^{0.5})$. Then the quaternion curve $x(t)$ has matrix representation

$$x(t) = d(t) \odot_H r(t) \odot_H d(t)^*.$$



CONCLUSION

In this study, we investigate the geometry of space curves in Minkowski space by employing hyperbolic multiplicative quaternions. By associating a multiplicative quaternion-valued function with a given curve, the Lorentzian moving frame of the curve is encoded through a hyperbolic multiplicative rotation matrix that preserves the Minkowski inner product. This formulation provides a natural algebraic representation of Lorentz transformations within the framework of multiplicative calculus.

Using hyperbolic multiplicative quaternion operations, the fundamental geometric invariants of the curve, such as Lorentzian curvature and torsion, are obtained explicitly in multiplicative form. Furthermore, the multiplicative product of hyperbolic quaternions enables the generation of new curves from existing ones via hyperbolic multiplicative rotations and boosts, while maintaining the causal character of the curves.

The results demonstrate that hyperbolic multiplicative quaternions establish a strong connection between Lorentzian differential geometry, multiplicative calculus, and quaternion algebra, offering a powerful and computationally efficient framework for the analysis and manipulation of space curves in Minkowski geometry.

REFERENCES

- J. W. Hoffman and H. Wang, *Quaternions associated to curves and surfaces*, Palestine Journal of Mathematics 13.Special Issue III, 43--54, 2014
- O. D. Faugeras and M. Hebert, *The representation, recognition, and locating of 3-D objects*, International Journal of Robotics Research, 5(3):27--52, 1986.
- B. K. P. Horn, *Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions*, Journal of Optical Society of America A, 4(4):629--642, 1987.
- J. B. Kuipers, *Quaternions and Rotation Sequences*, Princeton University Press, 1999.
- J. T. Schwartz and M. Sharir, *Identification of partially obscured objects in two and three dimensions by matching noisy characteristic curves*, International Journal of Robotics Research, 6(2):29--44, 1987.
- K. Shoemake, *Quaternions and 4x4 matrices*, in Graphics Gems II, Academic Press, 1991.
- S. Aslan, M. Bekar and Y. Yaylı, *Geometric 3-space and multiplicative quaternions*, Int. J. of Geo. Methods in Modern Physics, (2023).
- Özdemir, Z. Ceyhan H. *Multiplicative hyperbolic split quaternions and generating geometric hyperbolical rotation matrices*. Applied Mathematics and Computation, Volume 479, 15 October 2024, 128862, <https://doi.org/10.1016/j.amc.2024.128862>.

MINKOWSKI ÇARPIMSAL UZAYDA KUATERNİYONİK YÜZEYLER**Zehra ÖZDEMİR**

Amasya University, Faculty of Science and Arts, Department of Mathematics, 05189, Amasya, Türkiye

ORCID: 0000-0001-9750-507X**ÖZET**

Bu çalışma, Minkowski çarpımsal uzayında kuaterniyon tabanlı yüzey üretimi ve analizine yönelik yeni bir yaklaşım sunmaktadır. Minkowski metrikli ortamlar, zamansal ve uzaysal bileşenlerin farklı imzalara sahip olması nedeniyle doğrusal olmayan ve hiperbolik karakterli geometrik yapılara sahiptir. Çarpımsal diferansiyel geometri ise, klasik türev ve integralleri üstel temelli dönüşümlerle yeniden yorumlayarak, bu tür geometrilerde ortaya çıkan ölçeklenme, genişleme ve hiperbolik dönme gibi davranışların daha doğal biçimde modellenmesine olanak sağlamaktadır. Bu bağlamda çalışmada, çarpımsal kuaterniyon operatörleri kullanılarak geniş bir parametrik yüzey ailesi türetilmiş ve bu yüzeylerin Minkowski uzayıyla etkileşimi ayrıntılı olarak incelenmiştir.

Önerilen yöntem, bir yüzeye ait çarpımsal birinci ve ikinci temel biçimlerin yanı sıra, Lorentz-imzalı eğrilik türlerinin kuaterniyon alanından doğrudan hesaplanabilmesini mümkün kılmaktadır. Bu sayede yüzeyin geometrik özellikleri; zaman benzeri ve uzay benzeri bölgelerde gösterdiği davranışlar çarpımsal cebir altında daha net biçimde ortaya konmuştur. Kuaterniyonlar, hem dönme hem de ölçekleme bileşenlerini aynı yapıda birleştirebildiğinden, Minkowski çarpımsal uzayda gerçekleşen karmaşık deformasyonların ifadesi önemli ölçüde sadeleşmiştir.

Çalışmada sunulan örnek yüzeyler, yöntemin hem teorik hem de hesaplamalı açıdan güçlü bir çerçeve sunduğunu göstermektedir. Yüzeyler matematiksel yazılımlar aracılığıyla görselleştirilmiş, hiperbolik dönüşüm altında şekil değişimlerinin çarpımsal temsil ile nasıl daha kararlı hesaplandığı gösterilmiştir. Elde edilen bulgular, Minkowski tabanlı çarpımsal geometrinin kuaterniyonik yüzey teorisi için yeni ufuklar açtığını ve özellikle relativistik modelleme, bilgisayar grafikleri, geometrik akışlar ve dinamik sistem analizlerinde önemli uygulama alanlarına sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Minkowski çarpımsal uzayı; Kuaterniyonik yüzeyler; Lorentz metrikli yüzeyler; Çarpımsal diferansiyel geometri; Parametrik yüzey modelleme.

QUATERNIONIC SURFACES IN MINKOWSKI MULTIPLICATIVE SPACE**ABSTRACT**

This study introduces a new framework for constructing and analyzing surfaces using quaternionic representations in Minkowski multiplicative space. Due to the Lorentzian

signature of the Minkowski metric, geometric structures in such environments often exhibit nonlinear, anisotropic, and hyperbolic characteristics. Multiplicative differential geometry reformulates classical differential operators through exponential and logarithmic transformations, enabling a more natural description of scaling, hyperbolic rotation, and space–time dependent geometric change. Within this context, multiplicative quaternion operations are employed to generate a broad and flexible family of parametric surfaces, allowing their structure to be analyzed through a unified algebraic formulation compatible with Lorentzian geometry.

The proposed approach facilitates the computation of multiplicative first and second fundamental forms, Lorentz-type curvatures, and multiplicative mean curvature directly from the associated quaternion field. This representation captures surface behavior in time-like, space-like, and null regions in a coherent manner, while simultaneously integrating rotational and dilational components of deformation. Because quaternions encapsulate multidimensional geometric transformations within a single algebraic object, they offer compact and computationally efficient expressions for surface evolution in Minkowski multiplicative settings.

Several illustrative examples demonstrate the effectiveness of the method. Visualization through mathematical software highlights how hyperbolic deformations and non-Newtonian scaling laws can be represented more stably using the multiplicative quaternionic framework. The findings indicate that quaternion-based modeling in Minkowski multiplicative space provides a powerful theoretical tool for studying nonlinear geometric phenomena. Moreover, the approach suggests new research directions in relativistic geometry, computer graphics, geometric flow theory, and dynamic surface modeling, where multiplicative behaviors and Lorentzian structures play a central role.

Keywords: Minkowski multiplicative space; Quaternionic surfaces; Lorentzian geometry; Multiplicative differential geometry; Parametric surface modeling.

INTRODUCTION

Quaternions provide a compact and robust algebraic framework for representing rotations and rigid motions in three-dimensional space, and they have been widely used in geometry, computer graphics, and robotics. In particular, unit quaternions allow singularity-free rotation representations and lead to efficient closed-form solutions for orientation and alignment problems [Horn, 1987; Kuipers, 1999; Shoemake, 1991].

Quaternion-based formulations have played a key role in 3D shape registration, object recognition, and pose estimation, forming the mathematical backbone of many classical methods in computer vision and robotics [Besl & McKay, 1992; Faugeras & Hebert, 1986; Schwartz & Sharir, 1987]. From a theoretical perspective, quaternion representations of rotations and their matrix counterparts have been rigorously studied and reinterpreted in various dimensions [Mebius, 2005; Goldman, 2010].

More recently, quaternions have been extended beyond rigid body kinematics to geometric structures associated with curves and surfaces, offering elegant descriptions of differential invariants and moving frames [Hoffman & Wang, 2024; Zube, 2006]. Furthermore, generalized settings such as multiplicative geometry have revealed new connections between quaternion algebra and non-Euclidean geometric spaces [Aslan et al., 2023].

PRELIMINARIES

In this section, we begin to give some basic information and notions about geometric scalar (inner) product and geometric vector product that are so critical to determining rotation in this space. The hyperbolic geometric inner product as follows:

$$g_L(G): R^3(G) \times R^3(G) \rightarrow R(G)$$

$$(x, y) \rightarrow g_L(G)(x, y) = e^{-a_1 x_1 y_1 + a_2 x_2 y_2 + a_3 x_3 y_3}.$$

The number of $\sqrt[6]{|\det_G \Omega^*|}$ is called geometric constant of the geometric inner product and represented by Δ_G^* in the rest of the study. The geometric space R^3 appointed with the indefinite $g_L(G)$ inner product is showed by $R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$. In this case, a vector $u \in R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$ is defined timelike, spacelike or null if $g_L(G)(u, u) < 1$, $g_L(G)(u, u) > 1$ or $g_L(G)(u, u) = 1$. Then two geometric vectors are defined as geometric hyperbolical orthogonal vectors if $g_L(G)(u, v) = 1_G$. If the multiplicative hyperbolic quaternions of geometric norms are e , we say that $g_L(G)$ geometric hyperbolical orthonormal vectors. If $\{e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}\}$ is an orthonormal bases of $R_{g_L(G)}^{1,2}(G)$, then $\det_G\{e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}\} = \Delta_G^{*-1}$. The geometric hyperbolical angle between two vectors is defined as,

$$\cosh_G \theta = g_L(G)(u, v) \oslash (|a|_{g_L(G)} \odot |b|_{g_L(G)})$$

that θ is full of agreeableness with the parameters of the angular parametric equations of the geometric hyperboloid, (Özdemir, 2024).

With respect to the geometric hyperbolic inner product, let us define the geometric hyperbolic vector product. We can write $u = (e^{u_1}, e^{u_2}, e^{u_3}) \in R^{1,2}(G)$ and $\tilde{e}_1, \tilde{e}_2, \tilde{e}_3$ be standard unit geometric vectors for $H(G)$. Then, in $R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}$, the hyperbolic vector product has the

following definition:

$$V_G^*(\cdot): R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G) \times R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G) \rightarrow R_{a_1, a_2, a_3}^{1,2}(G)$$

$$(u, v) \rightarrow V_G^*(u, v) = V_G^*(u \times_G v)$$

such that following is satisfied

$$V_G^*(u \times_G v) = \Delta_G^* \det_G \begin{vmatrix} \tilde{e}_1 \emptyset e^{-a_1} & \tilde{e}_2 \emptyset e^{a_2} & \tilde{e}_3 \emptyset e^{a_3} \\ e^{u_1} & e^{u_2} & e^{u_3} \\ e^{v_1} & e^{v_2} & e^{v_3} \end{vmatrix}.$$

Basic details regarding multiplicative hyperbolic split quaternion product are provided.

A multiplicative hyperbolic split quaternion defined by

$$q_e = (e^{q_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{q_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{q_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{q_4} \odot \tilde{k}).$$

Let

$$q_e = (e^{q_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{q_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{q_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{q_4} \odot \tilde{k})$$

and

$$p_e = (e^{p_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{p_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{p_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{p_4} \odot \tilde{k})$$

are two multiplicative hyperbolic split quaternions. Thus, the multiplicative hyperbolic split quaternion product is given as follows:

$$q_e \odot_H p_e = (S_{q_e} \odot S_{p_e}) \theta g_L(G)(V_{p_e}, V_{q_e}) \oplus (S_{q_e} \odot V_{p_e}) \oplus (S_{p_e} \odot V_{q_e}) \oplus V_G^*(V_{p_e} \times_G V_{q_e})$$

where S_q is the scalar part of multiplicative elliptic quaternion, V_q is the vector component of multiplicative hyperbolic quaternion, and $g_L(G), V_G^*$ are geometric hyperbolic inner product and geometric hyperbolic vector product, respectively.

If q_e and p_e are pure multiplicative hyperbolic split quaternion, we can write as follow,

$$q_e \odot_H p_e = g_L(G)(V_{p_e}, V_{q_e}) \oplus V_G^*(V_{p_e} \times_G V_{q_e})$$

The multiplicative hyperbolic split quaternion product is given as the form

$$pq = \begin{bmatrix} e^{p_1} & e^{-a_1 p_2} & e^{a_2 p_3} & e^{a_3 p_4} \\ e^{p_2} & e^{p_1} & e^{p_4 \frac{\Delta_G^*}{a_1}} & e^{-p_3 \frac{\Delta_G^*}{a_1}} \\ e^{p_3} & e^{p_4 \frac{\Delta_G^*}{a_2}} & e^{p_1} & e^{-p_2 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} \\ e^{p_4} & e^{-p_3 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} & e^{p_2 \frac{\Delta_G^*}{a_3}} & e^{p_1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} e^{q_1} \\ e^{q_2} \\ e^{q_3} \\ e^{q_4} \end{bmatrix}.$$

The following definitions apply to the multiplicative hyperbolic split quaternion: conjugate, norm, modulus, and inverse for

$$q_e = (e^a \odot \tilde{e}) \oplus (e^b \odot \tilde{i}) \oplus (e^c \odot \tilde{j}) \oplus (e^d \odot \tilde{k})$$

multiplicative hyperbolic quaternion as follow:

$$q_e^{-G} = (e^a) \theta (e^b \odot \tilde{i}) \theta (e^c \odot \tilde{j}) \theta (e^d \odot \tilde{k}),$$

$$J_G(q_e) = e^{a^2+a_1b^2-a_2c^2-a_3d^2},$$

$$|q_e|_G = e^{\sqrt{|a^2+a_1b^2-a_2c^2-a_3d^2|}}|q_e|_G,$$

and

$$q_e^{-1G} = q_e^{-G} \oslash J_G(q_e).$$

A multiplicative hyperbolic split quaternion is defined H_G spacelike, H_G timelike or H_G null, if $J_G(q_e) < 1$, $J_G(q_e) > 1$ or $J_G(q_e) = 1$, respectively. We can give three theorems pertaining to the use of quaternions with angles in software.

Theorem 2.1. Every $q_e = (e^{x_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{x_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{x_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{x_4} \odot \tilde{k})$ multiplicative spacelike hyperbolic split quaternion ($J_G(q_e) < 1$),

$$\sinh_G \theta = e^{x_1} \oslash |q_e|_G,$$

$$\cosh_G \theta = e^{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}} \oslash |q_e|_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{k}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = |q_e|_G \odot (\sinh_G \theta \oplus (\cosh_G \theta \odot \tilde{n})).$$

Theorem 2.2. Every $q_e = (e^{x_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{x_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{x_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{x_4} \odot \tilde{k})$ multiplicative timelike hyperbolic split quaternion which has a spacelike vector part ($J_G(q_e) > 1$),

$$\cosh_G \theta = e^{x_1} \oslash |q_e|_G,$$

$$\sinh_G \theta = e^{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}} \oslash |q_e|_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{-a_1x_2^2+a_2x_3^2+a_3x_4^2}}} \odot \tilde{k}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = |q_e|_G \odot (\cosh_G \theta \oplus (\sinh_G \theta \odot \tilde{n})).$$

Theorem 2.3. Every $q_e = (e^{x_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{x_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{x_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{x_4} \odot \tilde{k})$ multiplicative timelike hyperbolic split quaternion which has a timelike vector part ($J_G(q_e) > 1$),

$$\cos_G \theta = e^{x_1} \emptyset | q_e |_G,$$

$$\sin_G \theta = e^{\sqrt{a_1 x_2^2 - a_2 x_3^2 - a_3 x_4^2}} \emptyset | q_e |_G,$$

and

$$\tilde{n} = (e^{\frac{x_2}{\sqrt{a_1 x_2^2 - a_2 x_3^2 - a_3 x_4^2}}} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{\frac{x_3}{\sqrt{a_1 x_2^2 - a_2 x_3^2 - a_3 x_4^2}}} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{\frac{x_4}{\sqrt{a_1 x_2^2 - a_2 x_3^2 - a_3 x_4^2}}} \odot \tilde{k}).$$

We can therefore write as follows:

$$q_e = | q_e |_G \odot (\cos_G \theta \oplus (\sin_G \theta \odot \tilde{n})).$$

SURFACES BY MULTIPLICATIVE QUATERNIONS

Theorem 3.1. Each unit timelike hyperbolic multiplicative quaternion represents a geometric hyperbolic rotation on the geometric general hyperboloid. The multiplicative hyperbolic rotation matrix form is given with respect to the multiplicative hyperbolic split quaternion and geometric tools as follows:

$$q_e = (e^{q_1} \odot \tilde{e}) \oplus (e^{q_2} \odot \tilde{i}) \oplus (e^{q_3} \odot \tilde{j}) \oplus (e^{q_4} \odot \tilde{k}) = \cos_G \theta \oplus (n \odot \sin_G \theta \in H_{a_1, a_2, a_3}(G)),$$

we can write as follow:

$$\tilde{R} = \begin{bmatrix} e^{q_1^2 + a_1 q_2^2 + a_2 q_3^2 + a_3 q_4^2} & e^{(2q_1 q_4 \Delta_G / a_1) - 2a_2 q_2 q_3} & e^{(-2q_1 q_3 \Delta_G / a_1) - 2a_3 q_2 q_4} \\ e^{(2q_1 q_4 \Delta_G / a_2) + 2a_1 q_2 q_3} & e^{q_1^2 - a_1 q_2^2 - a_2 q_3^2 + a_3 q_4^2} & e^{(-2q_1 q_2 \Delta_G / a_2) - 2a_3 q_3 q_4} \\ e^{(-2q_1 q_3 \Delta_G / a_3) + 2a_1 q_2 q_4} & e^{(2q_1 q_2 \Delta_G / a_3) - 2a_2 q_3 q_4} & e^{q_1^2 - a_1 q_2^2 + a_2 q_3^2 - a_3 q_4^2} \end{bmatrix}.$$

Consider two multiplicative rational surfaces in multiplicative projective coordinates (director $d(t)$ and radius $r(s)$):

$$d(t) = (e^{d_1(t)}, e^{d_2(t)}, e^{d_3(t)}, e^{d_4(t)}), r(s) = (e^{r_1(s)}, e^{r_2(s)}, e^{r_3(s)}, e^{r_4(s)}).$$

Proposition 3.1. The multiplicative rational surface

$$x(t, s) = (e^{x_1(t, s)}, e^{x_2(t, s)}, e^{x_3(t, s)}, e^{x_4(t, s)}) = d(t) \odot_H r(s) \odot_H d(t)^*$$

is the homogeneous form of a multiplicative rational surface in affine $R^{1,2}(G)$ generated by rotating the radius $r(s) \emptyset e^{r_1(s)}$ about the director $d(t) \emptyset e^{d_1(t)}$. The hyperbolic split quaternion surface $x(t, s)$ has matrix representation

$$x(t, s) = \tilde{R}(t) \odot r(s)$$

where $\tilde{R}$ is the rotation matrix.

3.2. Multiplicative Gaussian and Mean Curvature of Surfaces via Quaternion

Recall for a surface $x(t, s)$ with first fundamental form coefficients E_G, F_G, G_G and second fundamental form coefficients L_G, M_G, N_G ,

$$K_G = (L_G \odot N_G \ominus M_G^2) \oslash (E_G \odot G_G \ominus F_G^2),$$

$$H_G = (E_G \odot N_G \ominus e^2 \odot F_G \odot M_G \oplus G_G \odot L_G) \oslash (e^2 \odot E_G \odot G_G \ominus F_G^2).$$

Definition 3.2.1. A unit quaternion $q_e(s, t)$ is associated to a surface $x(t, s)$ if the columns of the rotation matrix of q_G are an orthonormal moving frame (T_{1G}, T_{2G}, N_G) for the surface.

Write $q_{e_s} = \partial^* q_e \oslash \partial^* s$, $q_{e_t} = \partial^* q_e \oslash \partial^* t$. Using differentiations and quaternion product rules one introduces vectors $e^a, e^b \in R_G^3$ such that

$$q_{e_s} = q_G(1, e^a), q_{e_t} = q_e(1, e^b),$$

with $e^a = q_{G_0} q_{G_s} \ominus q_{G_0}^* q_e \ominus q_e \times_G q_{e_s}$. Then one shows

$$N_G = e^2 \odot q_e \odot (V_G^*(e^a \times_G e_{G_3})) \odot q_e^*, N_{G_t} = e^2 \odot q_e \odot (e^b \times_G e_{G_3}) \odot q_e^*,$$

from which

$$K_G = e^4 \odot (V_G^*(e^a \times_G e^b))_3 \oslash |V_G^*(x_{G_s} \times_G x_{G_t})|, H_G = (e^{a_2} \ominus e^{b_1}) \oslash |V_G^*(x_{G_s} \times_G x_{G_t})|.$$

Theorem 3.2.2. Let $q_e(s, t)$ be a unit hyperbolic split quaternion associated to a surface $e^{x(s,t)}$ with $|x_{G_s} \times_G x_{G_t}| \neq 1$. Let R_{q_e} be the rotation matrix associated to q_G . Then

$$K_G = R_{q_e}^{-1}(q_{e_s} q_{e_t}^*) \odot (1, 1, 1, e^{-4}) \oslash |x_{G_s} \times_G x_{G_t}|,$$

$$H_G = R_{q_e}^{-1}(q_e \odot e_{G_1} \odot q_{e_s}^* + q_e \odot e_{G_2} \odot q_{e_t}^*) \cdot (0, 0, 0, -1) \oslash |x_{G_s} \times_G x_{G_t}|.$$

Example 3.2.1. For the multiplicative curve $x(t)$ generated by the rotation of a radius helix $r(s)$ around a director $d(t)$, the following values are obtained:

Curve Parameters

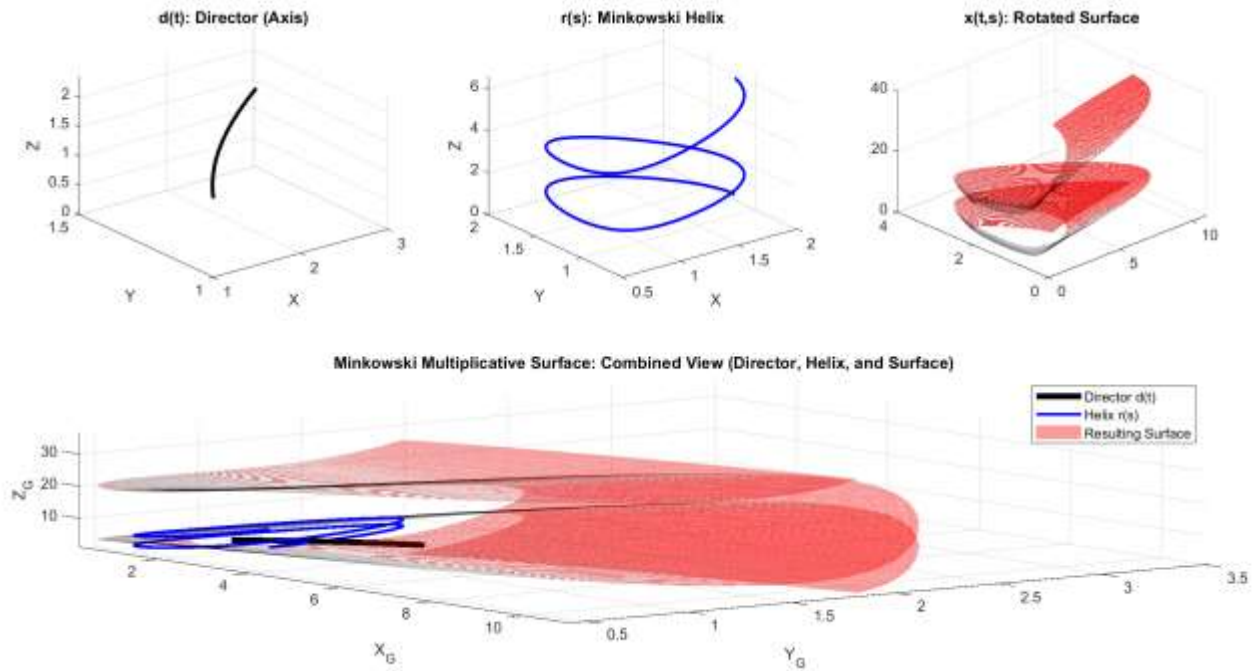
Profile Helix : $r(s) = (e^{0.15s}, e^{0.6} \odot \cos_G(s), e^{0.6} \odot \sin_G(s))$,

Director Curve: $r(t) = (e^{0.15t}, e^{0.20t}, e^{0.5})$,

Then the multiplicative rational surface

$$x(t, s) = d(t) \odot_H r(s) \odot_H d(t)^*$$

is calculated as follows:



Example 3.2.2. For the multiplicative curve $x(t)$ generated by the rotation of a radius helix $r(s)$ around a director $d(t)$, the following values are obtained:

Curve Parameters

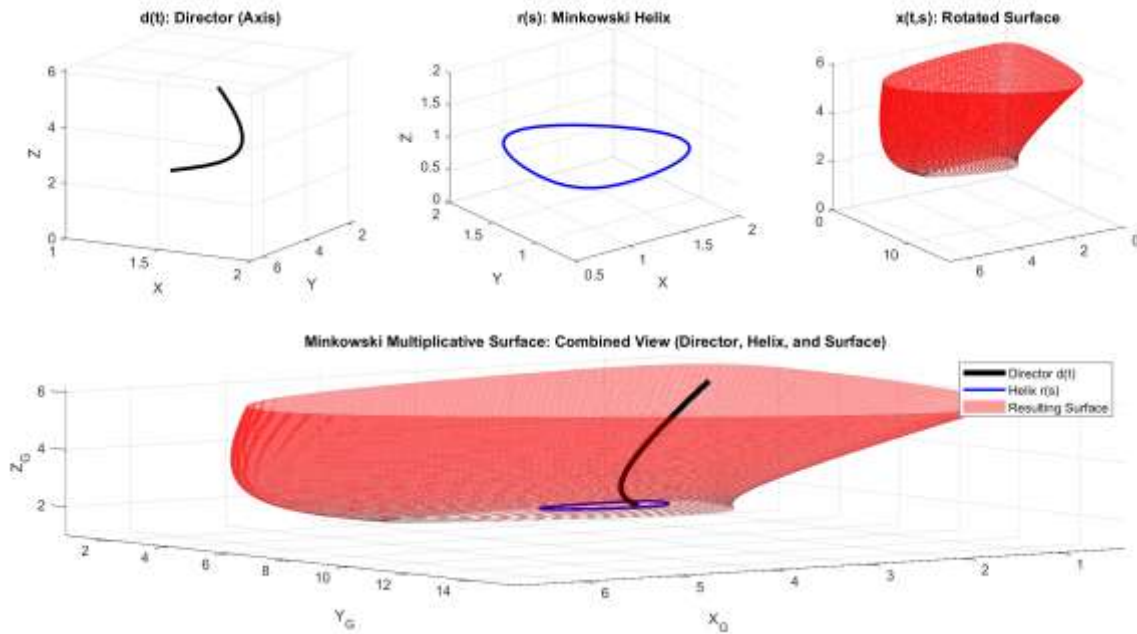
Profile Helix : $r(s) = (e^{0.15s}, e^{0.6} \odot \cos_G(s), e^{0.6} \odot \sin_G(s))$,

Director Curve: $d(t) = (e^{0.5} \cosh_G(s), e^{0.5} \sin_{hG}(s), e^{0.9})$,

Then the multiplicative rational surface

$$x(t, s) = d(t) \odot_H r(s) \odot_H d(t)^*$$

is calculated as follows:



4. CONCLUSION

This work also extended the hyperbolic split quaternion-based framework to surfaces. By associating a quaternion function of two variables with a surface, its local moving frame can be represented within the quaternion rotation matrix, allowing direct computation of Gaussian and mean curvature. Generating surfaces through the quaternion multiplication of two rational space curves enables the creation of a variety of smooth, rotationally structured surfaces. Adjusting the generating curves produces corresponding transformations in the quaternion surface, providing precise control over geometric features. Overall, quaternions prove to be an effective and versatile tool for modeling and analyzing surfaces, establishing a clear connection between quaternion algebra and the differential geometry of surfaces.

REFERENCES

- Hoffman, J. William, and Haohao Wang. "Quaternions associated to curves and surfaces." *Palestine Journal of Mathematics* 13.Special Issue III (2024): 43.
- P. J. Besl and N. D. McKay, *A method for registration of 3-D shapes*, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 14(2):239--256, 1992.
- O. D. Faugeras and M. Hebert, *The representation, recognition, and locating of 3-D objects*, International Journal of Robotics Research, 5(3):27--52, 1986.
- R. Goldman, *Rethinking Quaternions: Theory and Computation*, Synthesis Lectures on Computer Graphics and Animation, Morgan & Claypool Publishers, 2010.
- B. K. P. Horn, *Closed-form solution of absolute orientation using unit quaternions*, Journal of Optical Society of America A, 4(4):629--642, 1987.
- J. B. Kuipers, *Quaternions and Rotation Sequences*, Princeton University Press, 1999.
- J. E. Mebius, *A matrix-based proof of the quaternion representation theorem for four-dimensional rotations*, 2005.
- J. T. Schwartz and M. Sharir, *Identification of partially obscured objects in two and three dimensions by matching noisy characteristic curves*, International Journal of Robotics Research, 6(2):29--44, 1987.



- K. Shoemake, *Quaternions and 4x4 matrices*, in Graphics Gems II, Academic Press, 1991.
Wolfram Research, Inc., *Mathematica Online*, 2021.
S. Zube, *A circle representation using complex and quaternion numbers*, Lithuanian Mathematical Journal, 46:246--255, 2006.
S. Aslan, M. Bekar and Y. Yaylı, Geometric 3-space and multiplicative quaternions, Int. J. of Geo. Methods in Modern Physics, (2023).

VEKTÖR-BENZERİ KUARK ARAŞTIRMALARI**İlkay TÜRK ÇAKIR**

Ankara Üniversitesi, Hızlandırıcı Teknolojileri Enstitüsü, 06830 Gölbaşı, Ankara

ORCID: 0000-0002-0726-5648

ÖZET

Birçok yeni fizik modeli, Higgs kütleindeki kuantum düzeltmelerini etkileyebilecek ve hiyerarşi problemini çözebilecek yeni parçacıkları öngörmektedir. VLQ modeli de bu yeni modellerden biridir ve kütle bazında dört farklı yeni ağır kuarkın varlığını ön görür. Bu kuarklar, yükü $5/3$ olan X kuark (en yukarı tipli), yükü $2/3$ olan T kuark (yukarı tipli), yükü $-1/3$ olan B kuark (aşağı tipli) ve yükü $-4/3$ olan Y kuark (en aşağı tipli) olarak tanımlanır. Bir minimal model çerçevesinde vektör benzeri kuarklar olası tekliler T, B ile ikililer (X, T), (T, B), (B, Y) ve üçlüler (X, T, B), (T, B, Y) şeklinde sınıflandırılabilir. VLQ'ların SM kuarklarla karışımının onların kütle oranlarına bağlı bir fonksiyon olabilecektir. Buna ek olarak, üst kuarkın bağlaşımları üzerine gelen sınırlamalar diğer kuarklarınkilerden daha zayıftır. Böylece, deneysel açıdan da bu yeni bağlaşımlar için yeteri kadar yer bulunmaktadır. Üst kuarktan daha ağır olan (olası) yeni kuarkların, genellikle vektör benzeri bir yapıya sahip olmaları beklenmektedir. Minimal VLQ modeli çerçevesinde vektör benzeri kuarkların (VLB/VLX) bozunum modları $VLB \rightarrow Wq$, $VLB \rightarrow Zq'$ ve $VLB \rightarrow Hq'$ şeklindedir. Ancak vektör benzeri kuark VLX'in bozunumu sadece $VLX \rightarrow Wq$ ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada belirtilen süreçlerden yüksek tesir kesitine sahip olan sürecin sinyal ve aralanı BHÇ ve FCC-hh için hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kuark, Standart Model Ötesi, Sinyal, Aralanı, FCC**VECTOR-LIKE QUARK RESEARCH****ABSTRACT**

Many new physics models predict new particles that could affect quantum corrections in the Higgs boson and solve the hierarchy problem. The VLQ model is one of these new models and predicts the existence of four different new heavy quarks based on mass. These quarks are defined as the X quark with a charge of $5/3$ (the most up-type), the T quark with a charge of $2/3$ (the most up-type), the B quark with a charge of $-1/3$ (the most down-type), and the Y quark with a charge of $-4/3$ (the most down-type). Within a minimal model framework, vector-like quarks can be classified as possible singlets T, B, pairs (X, T), (T, B), (B, Y), and triplets (X, T, B), (T, B, Y). The mixing of VLQs with SM quarks may be a function of their mass ratios. In addition, the constraints on the couplings of the top quark are weaker than those of other quarks. However, the decay of the vector-like quark VLX occurs only with $VLX \rightarrow Wq$. In this

study, the signal and background of the process with the highest cross-section has been calculated for LHC and FCC-hh.

Keywords: Quark, Beyond Standard Model, Signal, Background, FCC

1. GİRİŞ

Vektör benzeri kuarklar için deneysel çalışmalar bugüne kadar büyük ölçüde Standart Model parçacıklarını içeren bozunma kanallarına odaklanmıştır. Bununla birlikte, Standart Model ötesi senaryoların geniş bir sınıfı, vektör benzeri kuarklar için yeni bozunma modları açan ek skalar serbestlik derecelerinin varlığını öngörmektedir. Bu tür egzotik kanalların dahil edilmesi, Standart Model son durumlarına dallanma oranlarını önemli ölçüde azaltabilir ve böylece vektör benzeri kuark kütleleri üzerindeki mevcut kısıtlamaları zayıflatabilir.

Bir fermiyonun sol ve sağ eli kiraliteleri Standart Modelin simetri grubunda aynı temsile sahip ise bu fermiyonlar vektör benzeri olarak adlandırılırlar (Canbay 2013). Bu sayede kütle terimleri elektrozayıf simetrinin kırılmasından dolayı bağımsız bir şekilde yazılabilir. Diğer bir deyişle kütlelerini Yukawa potansiyelinden ve Higgs mekanizmasından almazlar. Bir minimal model çerçevesinde vektör benzeri kuarklar olası tekliler T , B ile ikililer (X, T) , (T, B) , (B, Y) ve üçlüler (X, T, B) , (T, B, Y) şeklinde sınıflandırılabilir. VLQ'ların SM kuarklarla karışımının onların kütle oranlarına bağlı bir fonksiyon olabilecektir. Buna ek olarak, üst kuarkın bağlaşımları üzerine gelen sınırlamalar diğer kuarklarınkilerden daha zayıftır. Böylece, deneysel açıdan da bu yeni bağlaşımlar için yeteri kadar yer bulunmaktadır.

Üst kuarktan daha ağır olan olası yeni kuarkların, genellikle vektör benzeri bir yapıya sahip olmaları beklenmektedir. Minimal VLQ modeli çerçevesinde vektör benzeri kuarkların (VLB/VLX) bozunum modları $VLB \rightarrow Wq$, $VLB \rightarrow Zq'$ ve $VLB \rightarrow Hq'$ şeklindedir. Ancak vektör benzeri kuark VLX'in bozunumu sadece $VLX \rightarrow Wq$ ile gerçekleşmektedir. Bu çalışmada yukarıda belirtilen süreçlerden yüksek tesir kesitine sahip olanlardan olan $pp \rightarrow VLB + b + \text{jet}$ sürecinin sinyal ve ardalanı hesaplanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

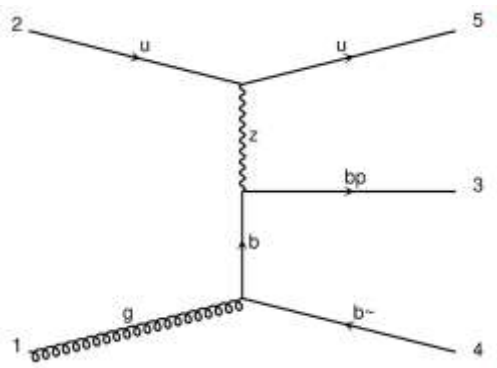
Vektör benzeri kuarklar tipik olarak Standart Modelin yukarı ve aşağı kuarkları ile karışabilirler. Bu karışımlar Higgs etkileşimleri ile CKM matrisine düzeltmeler getirebileceğinden dolayı gözlemlenebilir sapmalara neden olabilir. Vektör benzeri kuarklar dört çeşittir: Bunlar X yukarı tipli ($5/3$ elektrik yüklü), T yukarı tipli ($2/3$ elektrik yüklü), B aşağı tipli ($-1/3$ elektrik yüklü) ve Y aşağı tipli ($-4/3$ elektrik yüklü) olacak şekilde sınıflandırılabilirler.

Vektör benzeri kuarkların bozunum kanalları Standart Model parçacıklarına olmaktadır. Bu şekilde Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (LHC) ve Yüksek-Işınlıklı Hadron Çarpıştırıcısı (HL-LHC)'da ve Gelecekteki Dairesel Çarpıştırıcı (FCC)'de sinyalleri aranabilir. Aşağıda bozunum kanalları örneğin vektör benzeri B kuarkı için bozunumlar: $B \rightarrow Wt$, $B \rightarrow Hb$, $B \rightarrow Zb$ olarak düşünülebilir (Qin et al. 2021).

Aşağıdaki Lagranjiyende sırasıyla vektör benzeri T kuark parametreleri, vektör benzeri B kuark parametreleri, vektör benzeri X kuark parametreleri ve vektör benzeri Y kuark parametreleri verilmiştir (Buchkremer et al. 2013).

$$\begin{aligned} \mathcal{L} = & \kappa_T \left\{ \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_W^T}{\Gamma_W^0}} \frac{g}{\sqrt{2}} [\bar{T}_{L/R} W_\mu^+ \gamma^\mu d_{L/R}^i] + \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_Z^T}{\Gamma_Z^0}} \frac{g}{2c_W} [\bar{T}_{L/R} Z_\mu \gamma^\mu u_{L/R}^i] - \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_H^T}{\Gamma_H^0}} \frac{M}{v} [\bar{T}_{R/L} H u_{L/R}^i] \right\} \\ & + \kappa_B \left\{ \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_W^B}{\Gamma_W^0}} \frac{g}{\sqrt{2}} [\bar{B}_{L/R} W_\mu^- \gamma^\mu u_{L/R}^i] + \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_Z^B}{\Gamma_Z^0}} \frac{g}{2c_W} [\bar{B}_{L/R} Z_\mu \gamma^\mu d_{L/R}^i] - \sqrt{\frac{\zeta_i \xi_H^B}{\Gamma_H^0}} \frac{M}{v} [\bar{B}_{R/L} H d_{L/R}^i] \right\} \\ & + \kappa_X \left\{ \sqrt{\frac{\zeta_i}{\Gamma_W^0}} \frac{g}{\sqrt{2}} [\bar{X}_{L/R} W_\mu^+ \gamma^\mu u_{L/R}^i] \right\} + \kappa_Y \left\{ \sqrt{\frac{\zeta_i}{\Gamma_W^0}} \frac{g}{\sqrt{2}} [\bar{Y}_{L/R} W_\mu^- \gamma^\mu d_{L/R}^i] \right\} + h.c.. \end{aligned}$$

Burada κ parametresi, vektör benzeri kuarkların Standart Model bozonlarıyla olan etkileşim şiddetini belirler. ξ ise vektör benzeri kuarkların W bozon, Z bozon ve Higgs bozonlarına olan dallanma oranlarını (BR), ζ ise vektör benzeri kuarkların üç farklı Standart Model kuark ailesiyle olan bağlanma şiddetlerini ifade eder. Son olarak ise Γ , vektör benzeri kuark için kütleye bağlı kinematik fonksiyonudur. Bu çalışmada Lagranjiyendeki ilgileneceğimiz kısım ikinci satırdaki κ_B parametresi içeren terimdir. Şekil 1'de incelenmiş olan sürecin Feynman diyagramı verilmiştir.



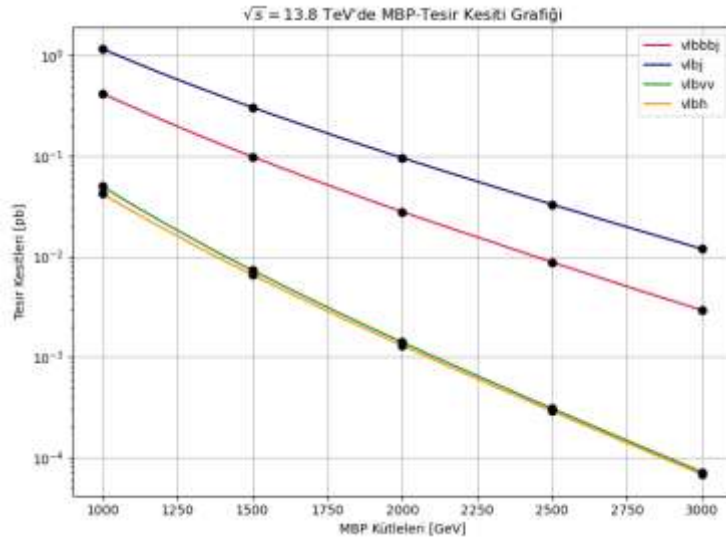
Şekil 1. Temsili olarak B (şekilde bp ile gösterilmiştir) tek üretim süreci

Tablo 1’de Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ) ve Gelecekteki Dairesel Çarpıştırıcısı-hh (FCC-hh) için ışınlık ve kütle merkezi değerleri verilmiştir.

Table 1. BHÇ ve FCC-hh’nin bazı parametreleri

Üretim kanalı	BHÇ	FCC-hh
pp --> Bbj	Işınlık: 140.1 fb ⁻¹ Ecm: 13.6 TeV	Işınlık: 20000 fb ⁻¹ Ecm: 100 TeV

Vektör benzeri kuarkların tek üretim sürecine ait BHÇ parametreleri kullanarak elde edilen tesir kesitlerinin farklı kütlelere göre grafiği Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. İlgili sürece ait BHÇ parametreleri kullanarak elde edilen tesir kesitleri

BHÇ parametreleri için, vektör benzeri kuark B’nin tek üretimi durumunda, B kuark kütlesine bağlı olarak hesaplanan tesir kesitleri fb cinsinden Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. BHÇ parametreleri için vektör-benzeri B kuarkın kütlesine karşı gelen tesir kesitleri

B Kütlesi (GeV)	p p→B b j (fb)
1000	419.92
1200	229.00
1400	129.19
1600	75.861
1800	45.63
2000	27.96
2200	17.52
2400	11.05
2600	7.037
2800	4.500

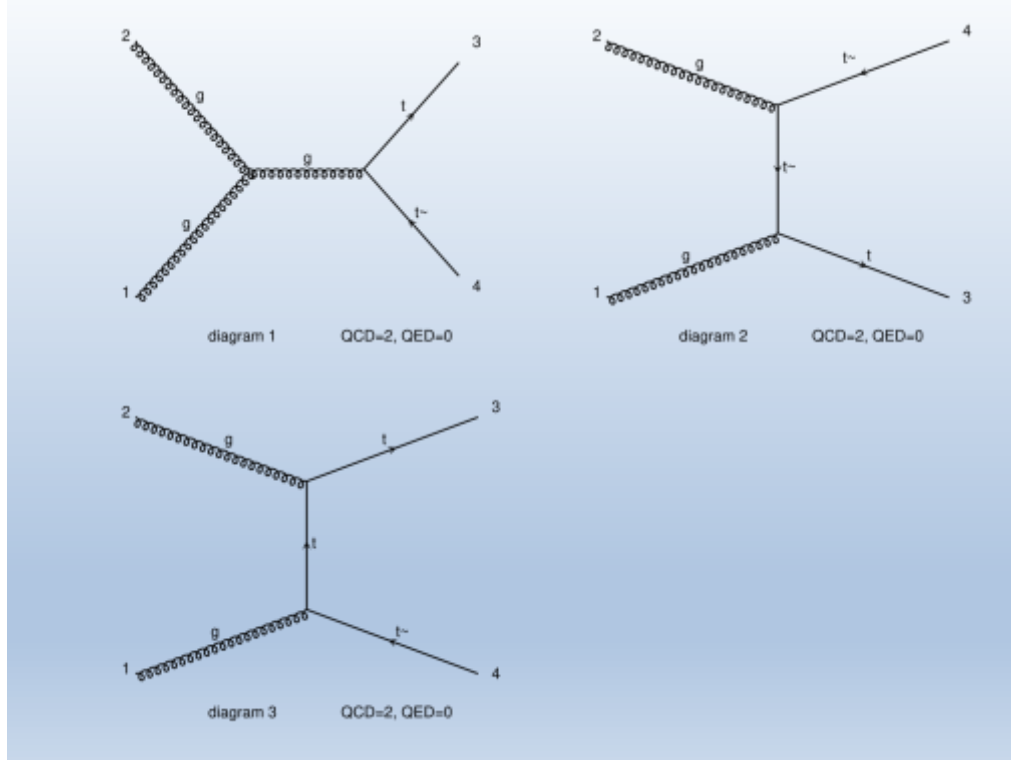
3000

2.921

FCC-hh parametreleri için, vektör benzeri kuark B'nin tek üretimi durumunda, B kuark kütlelerine bağlı olarak hesaplanan tesir kesitleri pb cinsinden Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. FCC-hh parametreleri için vektör-benzeri B kuarkın kütlelerine karşı gelen tesir kesitleri

B Kütle (GeV)	$p p \rightarrow B b j$ (pb)
1000	45.08067
1200	22.80784
1400	13.13893
1600	8.182032
1800	5.465085
2000	3.7577834
2200	2.682827
2400	1.961871
2600	1.47351
2800	1.125734
3000	0.8633025



Şekil 3. Ardalan Feynman diyagramları

$p p \rightarrow t \bar{t}$ sürecine ait kütle merkezi enerjisi 13.6 GeV durumunda BHÇ için ardalan tesir kesiti 560.4 pb elde edilmiştir. FCC-hh için ardalan tesir kesiti ise 2.4×10^4 pb olarak hesaplanmıştır. Şekil 3'de en baskın ardalan olan $t \bar{t}$ için Feynman diyagramları verilmiştir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

İstatistiksel anlamlılık (önem) incelenen sürecin fiziksel olarak yorumlanabilmesi açısından temel bir parametre niteliği taşımaktadır. Bu büyüklük, sinyal olayları ile ardaan süreçleri arasındaki ayırt edilebilirliği nicel olarak ifade etmekte olup, olası yeni fizik keşiflerinin değerlendirilmesine yönelik önemli bir ölçüt sunmaktadır. İstatistiksel anlamlılık değerinin $(SS) \geq 5$ olması durumunda yeni bir keşfin varlığından söz edilebilirken, $SS \geq 3$ aralığı fiziksel açıdan anlamlı ve deneysel olarak gözlemlenebilir bir sürecin varlığına işaret etmektedir. Buna karşılık, bu değer 3 'den küçük olduğu durumlarda sinyal ile ardaan olaylarının ayrımı güçleşmekte ve elde edilen sonuçlar istatistiksel olarak anlamlılığını yitirmektedir. İncelenen süreç için hesaplanan istatistiksel anlamlılık değerleri, BHÇ için Tablo 4'de ve FCC-hh için ise Tablo 5'de gösterilmiştir.

Tablo 4: BHÇ parametreleri için farklı VLB kütleleri için SS değerleri

B Kütleleri [GeV]	pp > Bbj (BHÇ)
1000	4.21
1200	2.29
1400	1.29
1600	0.76
1800	0.46
2000	0.28
2200	0.18
2400	0.11
2600	0.07
2800	0.05
3000	0.03

Tablo 5: FCC-hh parametreleri için farklı VLB kütleleri için SS değerleri

B Kütleleri [GeV]	pp > Bbj (FCC-hh)
1000	563.51
1400	285.1
1800	164.24
2200	102.28
2600	68.31
3000	46.97

3400	33.54
3800	24.52
4200	18.42
4600	14.07
5000	10.79

Elde edilen bulgular incelendiğinde, kütle değerinin artmasıyla birlikte istatistiksel önem değerinde belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. Bu bağlamda, yeni fizik keşiflerinin en yüksek olasılıkla gözlemlenebileceği kütle aralığının (BHÇ için) yaklaşık 1000-1500 GeV olduğu görülmektedir. Bu bölge, yeterli istatistiksel duyarlılığın sağlanması açısından öne çıkmaktadır. Bağlaşım sabitleri $\kappa_B = 1.0$ alındığında 1500 GeV kütle değerine kadar ulaşılabilir. Daha büyük değerli κ_B alındığında ise bu sınır 1500 GeV üzerine çıkabilmektedir.

FCC-hh üretimleri ışınık ve kütle merkezi enerjisi arttığından dolayı en yüksek tesir kesiti değerlerini vermektedir. VLB kütleleri artırıldığında tesir kesiti düşmektedir. Elde edilen bulgular incelendiğinde, kütle değerinin artmasıyla birlikte istatistiksel önem değerinde belirgin bir azalma gözlemlenmektedir. FCC-hh’de VLB kütlelerinin yaklaşık 1000 GeV ile 8000 GeV aralığı taranabilecektir.

KAYNAKLAR

- Buchkremer, M., Cacciapaglia, G., Deandrea, A., ve Panizzi, L., 2013. Model-independent framework for searches of top partners. ELSEVIER.
- Canbay, A. C., ve Çakır, O. 2023. Investigating the single production of vectorlike quarks decaying into a top quark and W boson through hadronic channels at the HL-LHC. *Physical Review D*, 108(9), 095006.
- Canbay, A. W bozona ve üst kuarka bozunan vektör benzeri kuarkların tek üretimlerinin ATLAS dedektöründe araştırılması, 27 August 2013. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Fizik Anabilim Dalı.
- Qin, X., ve Shen, J. F., 2021. Search for single production of vector-like B quark decaying to a Higgs boson and bottom quark at the CLIC, ELSEVIER.
- Rebelo, M. N., ve Branco, G. C. Vector-like quarks. *Proceedings of Science*, 2022.

TEK PARTİLİ DÖNEMDE ULUSAL KİMLİĞİN OLUŞTURULMASINDA**ULUSAL BAYRAMLARIN ROLÜ****Muzaffer DENİZ**

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Tarih Bölümü, Van

ORCID: 0000-0001-9331-7012**ÖZET**

Toplumların farklı amaçlar için gerçekleştirdikleri tapınma, anma, kutlama, bayram gibi etkinlikler binlerce yıl öncesine dayanmaktadır. Bu etkinlikler tarihsel süreç içerisinde ortaya çıkan gelişmelere ve siyasal iktidarların kurumsallaşması gibi etkenlere bağlı olarak değişmiştir. Eski çağlarda bu etkinlikler, daha çok geleneksel ve dinsel ritüeller biçiminde olurken, zamanla eğlence, bayram, kutlama ve tören biçimleri değişen dünya şartları ve yaşam biçimlerinin değişimine bağlı olarak çağlar içinde farklılaşmakla birlikte hep süregelmiştir. Devletler/siyasal erkler meşruiyetlerini, otoritelerini ve iktidarlarını sağlamak gibi nedenlerle bu etkinlikleri geleneksel hale getirip gelecek kuşaklara aktarmayı hedeflemişlerdir.

Dünya düzeninde köklü değişiklikler oluşturup günümüz modern toplumların kurulmasında bir dönüm noktası olan Fransız Devrimi'nin özellikle milliyetçilik akımı törensel etkinliklerde de büyük bir değişime yol açmıştır. Yeni kurulan ulusal devletler, bir taraftan yeni simgeler oluşturarak toplumlarına yeni bir kimlik kazandırmaya, diğer taraftan da toplumu bir arada tutmak adına “gururda tasada ortaklık”, “ulusal birlik” kavramları etrafında toplanmayı sağlamaya çalışmışlardır.

Bu bağlamda tören ve kutlamalar, Osmanlı'nın külleri üzerinde yeni ulusal kimlik oluşturmak kararında olan Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucuları için, siyasal iktidarların toplum tarafından benimsenmesi çabaları açısından da büyük önem arz etmiştir. Bu bağlamda kullanılan ulusal değerler, simgeler, bayrak, ulusal marş, ulusal günler, törenler gibi öğelere, devletin temellerini oluşturan simgeler görevi yüklenmiştir. Bu öğelerden baskın şekilde öne çıkan bir öğe olarak ulusal bayramlar yalnızca okullarda öğrencilerin katıldığı etkinlik olarak sınırlandırılmamış, geniş halk katılımı hatta dış temsilciliklerin bile coşkulu katılımı arzulanmıştır.

Sonuç itibarıyla, bayramlar, ulusal kimliklerin inşa edilmesini, toplumsal bütünleşmenin sağlanmasını kolaylaştıran önemli öğelerden biri olup Osmanlı kullarını Cumhuriyet yurttaşlarına dönüştürmek için tasarlanan özel bir çaba olarak tarihsel süreçte günümüze kadar etkinliğini sürdürmektedir. Bu amacın yanı sıra ulusal birlik ve dayanışmanın araçlarından biri olarak Cumhuriyet tarihi boyunca bütün yurtda çeşitli ulusal bayramlar kutlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tek Partili Dönem, Ulusal Kimlik, Ulusal Bayramlar

THE ROLE OF NATIONAL HOLIDAYS IN THE CONSTRUCTION OF NATIONAL IDENTITY DURING THE SINGLE-PARTY PERIOD

ABSTRACT

Activities such as worship, commemoration, celebration, festivals, and holidays carried out by societies for various purposes date back thousands of years. Over the course of history, these activities have changed in response to developments arising from historical processes and factors such as the institutionalization of political power. In ancient times, such practices primarily took the form of traditional and religious rituals; over time, however, forms of entertainment, holidays, celebrations, and ceremonies have diversified across different eras in line with changing world conditions and ways of life, while continuing without interruption. States and political authorities have sought to institutionalize these activities and transmit them to future generations in order to secure legitimacy, authority, and political power.

The French Revolution, which brought about profound changes in the world order and marked a turning point in the establishment of modern societies, led to significant transformations in ceremonial practices, particularly through the rise of nationalism. Newly established nation-states sought, on the one hand, to create new symbols in order to endow their societies with a new identity and, on the other hand, to bring society together around concepts such as shared pride and sorrow and national unity, thereby fostering social cohesion.

In this context, ceremonies and celebrations held particular significance for the founders of the Republic of Türkiye, who were determined to construct a new national identity upon the remnants of the Ottoman Empire, especially in terms of fostering public acceptance of political authority. National values and symbols such as the flag, the national anthem, national days, and ceremonies were thus assigned the role of foundational symbols of the state. Among these elements, national holidays emerged as a particularly prominent feature; they were not confined to school-based activities involving students alone but were envisioned as events marked by broad public participation and even the enthusiastic involvement of foreign diplomatic missions.

In conclusion, national holidays constitute one of the key instruments facilitating the construction of national identity and the promotion of social cohesion, and they have continued to play an active role from their historical inception to the present as a deliberate effort to transform Ottoman subjects into Republican citizens. Beyond this purpose, throughout the history of the Republic, various national holidays have been celebrated across the country as instruments of national unity and solidarity.

Keywords: Single-Party Period, National Identity, National Holidays

1. GİRİŞ

Bir toplumda kutlama, tören ve bayramlar, hatta tatiller insanlar arası iletişimin, dayanışmanın temel göstergeleridir. Bu tören ve kutlamalar, aynı zamanda toplumsal değerlerin gelecek kuşaklara aktarıldığı sosyal olgulardır. Bu nedenle, yeni kurulan Türkiye Cumhuriyeti'nde eğitimin bir parçası olarak, bayram, kutlama, tören ve tatiller eğitim program ve palanlarına dahil edilir. Bayramlar ülke genelinde Cumhuriyetin kuruluş yıllarında olduğu gibi günümüzde de büyük bir coşkuyla kutlanır.

Bu törenlerin halk için anlamı daha çok eğlence ve şenlik niteliğindeydi. Anadolu bozkırlarında o yıllarda insanların eğlence ve hoş vakit araçlarının sınırlı olmasının da katılıma etkisi olduğu gözardı edilmemelidir. Köy ve kasabalarda da aynı coşku görüldüğü gibi kentlerden farklı olarak daha durağan, daha az etkinliklerin olduğu kırsal alanda katılım çok yüksek olurdu. Çoğu zaman köy ve kasabanın tüm sakinleri bayram alanında olurdu. Bayramlar, köy-kent yaşamının rutininden, sıradan günlerinden farklı olarak yılın en özel ve renkli günlerinden biri olagelmıştır. Bayram törenleri ve törenlerde yer alan gösteri ve etkinlikler de bu coşkuyla paralellik gösterirdi. Okullar da hazırlıklarını önceden plânlar ve büyük bir disiplin ve emekle kusursuz bir program sunmaya çalışırlardı. Okulların dışında o yönetsel birimin başta valilik ve belediye olmak üzere diğer kurumları da bu etkinliklere katkı sunardı. Yollarda taklar kurulur, gece askeri birimlerin de katıldığı fener alayları gibi halkın hayatını renklendiren etkinlikler yapılırdı. Tipik bir örnek olması bakımından 1933 yılı Cumhuriyet Bayramı'nın Antalya'da kutlanması şöyleydi:

Bayram hazırlığı olarak, Antalya'nın bütün okullarında öğrenciler sınıflarını ve okullarını bayraklarla süsledi. Antalya'nın bütün evleri bayrak ve çiçeklerle süslenmişti. Ayrıca, bütün işyerleri, pazaryerlerindeki dükkânlar büyük boyda bayraklar ve mersin dallarıyla süslenmiş, her yer çiçeklerle doldurulmuştu. Bayram coşkusu aynı zamanda Cumhuriyetimize olan sevgi, bağlılık ve coşkumuzun bir göstergesi idi. Hatta *onuncu yıl marşı*'nı söylerken aramızda sesi kısılan arkadaşlar bile vardı.

Bayram günü, Yenikapı'da; gaziler, askerî ve mülkî erkân, askerî birlikler, okullar yerlerini almışlardı. Törenin başlamasıyla harekete geçen bu birliklerin bando çalarak Hükümet Konağı'na kadar devam eden yürüyüşleri halkı coşturmuş, okulların onuncu yıl marşını söyleyerek Yenikapı'da Hükümet Konağı'na kadar devam eden yürüyüşleri halk tarafından uzun müddet alkışlanmıştı. Cumhuriyet Hükümeti'nin idaresi ve yurdumuza getirdiği bütün yenilik ve kolaylıklar hakkında heyecanlı konuşmalar yapılmıştı. Şehrin; Yenikapı, Kırcaami, Meydan ve Şarampol semtlerinde ayrı ayrı yapılan kutlamalara öğleden sonra yakın

köylerden davul çalarak gelen heyetlerin katılmasıyla yapılan eğlenceler akşam, askeri birliklerin düzenlediği fener alayı coşkun bir şekilde gece yarısına kadar devam etmişti. (Dişey, 2005)

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Ulusal Bayramların Tarihsel Süreci

Ulusal bayramlar, toplumlardaki ulusal devletin kuruluş sürecindeki mücadeleler, zaferler ve gurur veren kazanımları simgeleyen öğeler üzerinde kurgulanmıştır. Aynı biçimde devlet kurucuları ile zafer kazandıran önemli kahramanları anma şeklinde yapılan bu etkinliklerin yapılış amacı ulusal bilinç oluşturma, devletin ve yeni düzenin meşruiyetini sağlama ve gelecek nesillere aktarma olarak özetlenebilir. Özetle, ulusal bayramlar, öncelikle genç kuşakların, genel anlamda ise toplumun bütününe ulusal duygularını güçlendirmek işlevleri üstlenmiştir. Türkiye’de ulusal bayram anlayışı ilk olarak II. Meşrutiyet döneminden itibaren başlamıştır. Bu yıllar, Osmanlı Devleti’nin en felaketli olduğu dönemdir. Büyük Avrupalı güçlerin Osmanlı topraklarına yönelik saldırıları ve milliyetçilik akımları sonucunda, büyük toprak ve nüfus kaybına uğramıştır. Ayrıca Batılı büyük devletlerin yaptırımları altında ekonomik ve siyasi bakımdan yıpranan devlette, Tanzimat döneminden beri devletin dayandığı temel düşünce akımı Osmanlılık tamamen çökmüştür. Bu ortamda 1908’de ilan edilen II. Meşrutiyet döneminin en önemli fikir akımı Türkçülük olmuş ve devletin içinde bulunduğu bu felaketlerden kurtulmasının ancak, devletin asıl sahipleri olan Türklere ulusal bilinç kazandırmak, vatan, dil, tarih ve ulusal ekonomi düşünceleri etrafında birleştirmek olduğu görülmüştür. Bunu sağlamak üzere yapılan çalışmalardan biri de Batı da olduğu gibi önemli sayılan günlerde ulusal bayramlar belirlemek olmuştur. Bu bağlamda ilk olarak II. Meşrutiyetin ilan edildiği gün olan 23 Temmuz 1908 günü Osmanlı Mebusan Meclisi’nin 5 Temmuz 1909 tarihli toplantısında aldığı kararla *İyd-i Millî* adıyla ulusal bayram olarak kutlanmaya başlamıştır. İzleyen yıllarda bu anlayış devam ettirilmiş ve Osmanlı Devleti’nin kuruluş günü *İstiklal-i Osmani Günü* adıyla 30 Aralık, 29 Nisan 1916 ve 1917’de kutlanan İdman Bayramı, 2 Mayıs 1916’da kutlanan Çocuklar Bayramı ulusal bayramlar arasında yerlerini almıştır. (Alkan, 2011; Tozoğlu vd. 2022; Akbayrak, 1987)

Daha önce söylendiği üzere, bayramlar, ulusal kimliklerin inşa edilmesini, toplumsal bütünleşmenin sağlanmasını kolaylaştıran önemli öğelerden biri olup Osmanlının külleri üzerinde kurulan Türkiye Cumhuriyeti’nde de bütün yurttaki bu anlamda aşağıdaki ulusal bayramlar kutlanmaktadır(*Ulusal Bayram Hakkında Kanun*, 1935; Deniz, 2009; Akbayrak, 1987):

1- 19 Mayıs Gençlik ve Spor Bayramı: Bu bayramın kısmen Osmanlı geçmişi bulunmakta olup Mektepler Bayramı-Mektepler Jimnastik Şenlikleri-İdman Bayramı adlarıyla Mayıs'ın üçüncü cumasında kutlanmaktaydı. Cumhuriyetle birlikte yeni bir anlam yüklenerek Mustafa Kemal'in 19 Mayıs 1919'da Samsun'a çıkışını anmak amacıyla, ilk kez 1926'da Samsun'da halk tarafından "Gazi Günü" adı ile yerel düzeyde kutlanmaya başlanmıştı. Bir başka girişim de Beşiktaş Jokey Kulübü'nün önerisi ve Fenerbahçe, Galatasaray gibi spor kulüplerinin de katılımıyla bu önemli yıldönümünü spor günü olarak kutlanması ve bayram olarak kabul edilmesi devlet katında kabul görmüştü. Bu bayramın kutlanması ile ilgili düzenleme, Millî Eğitim Bakanlığının 21.03.1932'de Millî Eğitim müdürlüklerine gönderdiği "Mektepler Jimnastik Şenlikleri Talimat ve Programları"nda açıklanmıştı(Maarif Vekâleti, 1932). Bir süre sonra da 27 Mayıs 1935 tarih ve 2739 sayılı *Ulusal bayram ve Genel Tatiller Hakkında Kanun* ile "19 Mayıs Gençlik ve Spor Bayramı" ulusal bayramlar arasına girmiştir.

2- 23 Nisan Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı: Bağımsızlığa giden yolda önemli dönüm noktalarından biri olan Türkiye Büyük Millet Meclisi'nin açılış günü, Meclisin açılışından bir yıl sonra, 23 Nisan 1921 tarihinde Hakimiyeti Milliye Bayramı olarak TBMM'nde kabul edilmiştir. Aynı zamanda Çocuk Haftası ve Millet Meclisi Bayramı adlarıyla da kutlanan bayram 23 Nisan 1929'a gelindiğinde Mustafa Kemal, bu bayramı çocuklara armağan etmiş ve bu tarihten itibaren Ulusal Egemenlik ve Çocuk Bayramı adıyla kutlanmaya başlanmıştır. Bu bayram 1930'lu yıllarda Çocuk Esirgeme Kurumu'nun 23 Nisan-1 Mayıs arasında düzenlediği 'Çocuk Haftası' ile aynı günlere rastladığı için o dönemde kutlamalar birleştirilmiş olarak yapılmaktaydı(*Ana Britannica*, 1994).

3- 30 Ağustos Zafer Bayramı: 30 Ağustos 1922 günü Dumlupınar'da Başkumandan Meydan Savaşı ile kazanılan nihai zafer, sömürge yapılmak üzere yaşadığı yurdu işgal altında bulunan bir ulusun, Anadolu'nun, yokluklara rağmen toprağını nasıl savunacağını emperyal güçlere ve bütün dünyaya göstermişti. Anadolu da yeniden yurt yapılmıştı. Bu zafer, yeniden varolmanın, bağımsızlığın kazanıldığı bu önemli gün, ilk olarak 30 Ağustos 1923'te Ankara Afyon ve İzmir'de şenlikler düzenlenerek kutlanmıştır. Daha sonra 1926 ve 1935 yıllarında çıkarılan bir yasalarla Zafer Bayramı olarak kutlanması kabul edilmiştir.

4- 29 Ekim Cumhuriyet Bayramı: 29 Ekim 1923'te Cumhuriyet'in ilan edilişi tüm yurttan 101 pare top atışı yapılarak duyurulmuş ve haber tüm yurttan büyük bir sevinçle karşılanmıştır. Resmî olarak bayram ilan edilmeden önce 1924 yılı 29 Ekim'inde yapılacak tören, devlet tarafından organize edilmiş ve buna ilişkin bir de kararname yayınlanmıştır. Bu ilk tören büyük bir özenle yapılmış, resmî tatil olması nedeniyle geniş bir katılım gerçekleşmiştir. Bu önemli

günün Cumhuriyet Bayramı olarak kabulü ise TBMM'nin 19 Nisan 1925 tarihli oturumunda kabul edilen bir yasayla gerçekleştirilmiştir(Millî Bayram Addi Hakkında Kanun, 1925).

2.2. Ulusal Bayramların Ulusal Kimlik Oluşturma Süreci

Ulusal bayramlar, dünya genelinde yurtseverlik ve milliyetçilik duygularının içselleştirilmesi hem de ilgili bayrama konu olan tarihsel olayın unutulmaması amacıyla kutlanmaktadır. Bayramlar, yaşanan ülkedeki devletin kuruluşu sürecindeki zaferleri ve halk için hayatî önemi olan olay ya da gelişmelerin toplumsal ve bireysel değere dönüşmesi üzerine tasarlanmıştır. Bayramlar aracılığıyla tarihsel olay ve olguların, tarihin de yeniden üretimi görevleri ile hem o zamanda yaşayan bireylerin ve toplumun hem de gelecek kuşakların ulusal duygularını güçlendirmek işlevleri üstlenmiştir. Türkiye için de aynı gerekçeler geçerli olup bayramların yanı sıra bayrak, ulusal kahramanlar, ulusal marşlar, anma günleri gibi etkinliklerle bütünleşik bir işlevleri bulunmaktadır. Başka bir işleviyle bayram kutlamaları, yeni oluşan siyasal iktidarların ya da yeni düzenin/rejimin, toplum tarafından benimsenmesi ve içselleştirilmesi için adeta zorunluluktur. Bunda iktidarın ya da iktidar ideolojisinin meşruiyetini oluşturma ve kabul ettirme arzuları öne çıkmaktadır.

Cumhuriyetin kuruluş yıllarında yeni anlayışı yerleştirmek ve ulusal bilinç oluşturmak üzere bayramlarla birlikte ya da ondan bağımsız kullanılan araç ve etkinliklerden bazıları şunlardır: İstiklâl Marşı, Onuncu Yıl Marşı, Öğrenci Andı, Atatürk fotoğraf ve resimleri, yerli malı haftası gibi etkinlikler, tiyatro ve gösteriler, yarışmalar, konserler, müzik etkinlikleri, afiş ve sloganlar (Hayatta En Hakiki Mürşit Bilimdir!; Ne Mutlu Türküm Diyene!; Vatandaş Türkçe Konuş!; Türk Öğün, Güven, Çalış!; Köylü Milletin Efendisidir!; Her Fabrika Bir Kaledir; Saban kılıçtan üstündür!);

Ulusal Marşlar, anmalar gibi diğer araçlarla birlikte yapılan bayram kutlamalarının ve bu kutlamaların biçim ve içeriklerinin diğer önemli bir amacı ise ulusal kimlik/kültür kişilik, yani yeni devletin yetiştirmek istediği insan tipi yaratmaktır. Aynı zamanda ulusal bilinç oluşturma amaçlı olarak öne çıkan ve özellikle okullarda, eğitim sistemine eklemlenmiş başka araçlar da aynı amaç ve hedeflerin gerçekleştirilmesi için kurgulanmıştır. Bu araçlar uygulamada düzenli olduğu gibi dönemlere göre frekansları/sıklıkları değişebilmektedir. Bu bağlamda bayram törenleri okullarda, öğrenci, öğretmen, veli ve mahalleli, kent için renkli, coşkulu, eğlenceli etkinliklere de sahne olmaktadır. Okullar süslenmekte, afişler, sloganlar, spor, müzik, sanat gösterileri vb. etkinliklerle kutlanan bayramların etkinliği artmaktadır. Buradaki etkinlikler zamanla siyasal erkin çabasını geri planda bırakacak şekilde halkın, öğrenci ve öğretmenlerin istek ve inisiyatifinde gelişmektedir.

İnternet, sosyal medya, televizyonun olmadığı, çok az radyo ve sinema olan bir dönemde bayramlar, aynı zamanda şehir, köy ve kasabaların en başta gelen eğlenceleri idi. Bu yönüyle yalnızca öğrencilerin, çocukların ve görevlilerin katılımının ötesinde halk da bayramları heyecanla beklerdi. Hatta tören hazırlıklarını izlemek bile gündelik şehir hayatının renkli etkinliklerindendir. Bu eğlence işlevinin konumuzla bağlantısı bakımından aynı zamanda ulusal kimliğin oluşturulma süreçlerine katkı sunduğunu vurgulamak gerekir.

Bayramlarda öne çıkan ortak bir değer ya da etken de Mustafa Kemal Atatürk'ün manevi varlığıdır. Kısa süreli de olsa sömürgeleştirilen Anadolu'da sömürgecilerin yurdundan atılmasının ve bağımsız Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucu önderi Atatürk, askerî ve siyasî başarılarla, zaferlerle görevinin tamamlamış bir komutan olarak kenara çekilmemiş, ülkeyi kalkındırma ve halkının yaşam düzeyini çağdaş uygar toplumların düzeyine yükseltme gibi daha uzun erimli yeni ödevi üstlenmiştir. Atatürk'ün özverili bu çabalarının da ulusal bayramlarda ulusal kimlik inşası kapsamında sürekli vurgulanmıştır.

Son söz: Her yıl kesintisiz kutlanan ulusal bayramlar; Cumhuriyet, yurt, ulus, bağımsızlık, dayanışma, ülkü, övünç, aidiyet kavramlarının bileşkesidir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bayram, tören ve kutlamalara sığ bir bakış açısıyla bakıldığında, bunlar basit birer eğlence aracı gibi görülse de bu gibi faaliyetler, bireyleri birleştiren, bütünleştiren toplumsal etkinliklerdir. Bu araçların da katkısıyla, kasıtlı katkısıyla, Osmanlı kültüründen, çok kültürlülüğten, doğu kültüründen ulusal, batı kültür ve uygarlığına geçilerek üniter yapının temelleri atılmak istenmiştir.

Sonuç olarak, kutlama, tören ve bayramlar Kurtuluş Savaşı'ndan yeni çıkmış olan halkta büyük ilgi ve coşku uyandırüyordu. Bazı temsil ve gösterileri gözyaşlarıyla izliyorlardı. Bayramlara gösterilen ilginin yalnızca ulusal duygulardan kaynaklandığı da düşünülmemelidir. Televizyonun, bilgisayarın, renkli eğlence ortamlarının olmadığı o günlerde bayram kutlamaları ve şenlikler, gece yapılan fener alayları, konserler aynı zamanda şehrin en çok özlemle beklenen eğlence günleriydi. Bu eğlenceler, halkın, bireylerin yeni Türkiye Cumhuriyeti'nin bir parçası olarak hissetmesini sağlamaktaydı. Savaşlardan yeni çıkmış toplum bireyleri de bu tür etkinliklere katılmaktan çok fazla geri kalmıyordu.

Bütüncül bir yaklaşımla ulusal bayramlarla birlikte İstiklal Marşı, Öğrenci Andı, afiş ve sloganlar; yurt, ulus ve bağımsızlık kavramlarının bileşkesi biçiminde resmî anlam ve seremoninin dışında kitleleri güdülemek, coşturmak, sinerji yaratmak gibi işlevler üstlenmiştir. Güncel olayların dışında düzenli, önceden planlanmış, belirlenmiş frekanslarla yapılan bu tür

etkinlikler ulusal, siyasal, örgütsel ve ideolojik amaçlarla diğer ülke ve toplumlarda yapılagelmıştır. Aynı işlevle Türkiye’de bağımsızlık ve dayanışmanın simgesel araçları olmasının yanında, yurttaşlarının, devletlerine bağlılığını sağlama ve pekiştirme ile ulusal kimlik yaratma görevlerinin yerine getirilmesinde -uyulması gereken yasal zorunluluklar dışında- en önemli araçlar olmuştur.

KAYNAKÇA

- 19 Nisan 1925 Tarih ve 628 Sayılı *Cumhuriyet’in İlanına Müsadif 29 Teşrinievvel Gününün Millî Bayram Addi Hakkında Kanun*.
- 27 Mayıs 1935 Tarih ve 2739 Sayılı *Ulusal Bayram ve Genel Tatiller Hakkında Kanun*.
- Akbayrak H. (1987). Osmanlı’dan Cumhuriyet’e Milli Bayramlar. *Tarih ve Toplum*, (8)43, 31-38.
- Alkan, M Ö. (2011). Osmanlı İdman Bayramı’ndan Atatürk’ü Anma, Gençlik ve Spor Bayramı’na, *Toplumsal Tarih*, 211(Temmuz 2011), 30-40.
- Ana Britannica*. (1994). XXX. İstanbul: Ana.
- Deniz M. (2009). *Cumhuriyetin İlk Yıllarında Antalya Şehrinde Eğitim (1923-1950)*, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Dişey H İ. (2005). *Eski Günlerimiz*, El yazısı ile çoğaltılmış kitapçık, (Antalya).
- Maarif Vekâleti. (1932). *Mektepler Cimnastik Şenlikleri Talimat ve Programları*, İstanbul: Devlet Matbaası.
- Tozoğlu A E, Kaymaz E, Sezen Ö S. (2022). Ankara’da Millî Bayram Kutlamaları: Erken Cumhuriyet Dönemi’nde Kamusallığın Performatif Biçimleri, *Ankara Araştırmaları Dergisi* 2022, (10)2, 203-228.

İKİNCİ DÜNYA SAVAŞI SIRASINDA ALMANYA’NIN SOVYETLER BİRLİĞİ’NDEN ELE GEÇİRDİĞİ BÖLGELER VE MİLLETLERE YÖNELİK POLİTİKALARININ TÜRK DİPLOMATİK ARŞİV BELGELERİNE YANSIMASI

Nurettin ÇAKICI

Trabzon University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Department of History, 61335

Akçaabat, Trabzon

ORCID: 0000-0001-9193-122X

ÖZET

İkinci Dünya Savaşı sürecinde gerçekleşen Alman-Sovyet Harbi (1941-1945), savaşın seyrini etkileyen en önemli mücadelelerden birini oluşturmakla birlikte Sovyetler Birliği sınırları içerisinde yaşayan muhtelif milletlere de bağımsız olmaları yönünde imkân sunmuştur. Barbarossa Harekâtı ile başlayan ve farklı adlar adı altında devam eden taarruzlar neticesinde Almanya’nın Sovyetler Birliği’ne üstünlük kurduğu ve Sovyetler Birliği’nin bazı bölgelerini ele geçirdiği bilinmektedir. Almanya’nın savaş sırasında Sovyetler Birliği’nden ele geçirdiği bölgeler ve bu bölgelerdeki milletler meselesine yönelik politikaları, savaşın ideolojik ve stratejik boyutunu göstermesi açısından önem arz etmektedir. Bu kapsamda Alman-Sovyet Harbi’nin gerekçesi olarak Avrupa’nın Bolşevizm tehlikesine karşı korunmasının ileri sürüldüğünü ifade etmek gerekmektedir. Bunun yanı sıra stratejik anlamda bakıldığında Almanya’nın, Sovyetler Birliği’nden ele geçirdiği bölgelerde bilhassa Rus olmayan milletlere yönelik propaganda faaliyetleri yürüttüğü görülmektedir. Sözü edilen propaganda faaliyetleri ile Sovyetler Birliği’ni oluşturan muhtelif milletler, müstakil birer devlet olmaları yönünde teşvik edilmiştir. Esasen yıllarca Sovyetler Birliği’nin diğer bir deyişle Bolşeviklerin hâkimiyeti altında yaşayan milletler hem esaretten kurtulmak hem de bağımsız devlet kurabilmek amacıyla Almanlar ile iş birliğine olumlu yaklaşmıştır. Zira Almanya, Sovyetler Birliği sınırları içerisinde yaşayan milletlere hürriyet ve bağımsızlık vadetmekteydi. Takip edilen bu politikayla Sovyetler Birliği içerden çökertilerek, Almanya daha kısa bir süre içerisinde savaşı kazanabilecek ve Sovyetler Birliği’ne karşı zafer kazanmış olacaktı. Başka bir deyişle Almanya, Sovyetler Birliği’nden ele geçirdiği topraklardaki milletleri zafere ulaşmak için kendi menfaatleri doğrultusunda propaganda yolu ile kullanmaya çalışmıştır. Ancak Sovyetler Birliği içerisindeki Rus olmayan muhtelif milletlere siyasi gelecekleri hususunda somut ve bağlayıcı bir güvence sunamamıştır. Sovyetler Birliği’nin savaştaki üstünlüğü 1942 yılı sonlarından itibaren ele geçirmeye başlaması, Almanya’nın Rusya’daki muhtelif memleket ve milletlere yönelik politikalarının başarısızlıkla sonuçlanmasına neden olmuştur. Çalışmada, İkinci Dünya Savaşı yıllarında Almanya’nın Sovyetler Birliği içerisindeki bilhassa Rus olmayan milletlere yönelik askeri, siyasi ve ideolojik yaklaşımlarının Türk Diplomatik Arşiv

belgelerine nasıl yansıdığının ortaya konulması amaçlanmıştır. Ağırlıklı olarak Türk Diplomatik Arşiv belgelerinden yararlanılan çalışmada, sözü edilen milletlerin Almanya'nın politikalarına nasıl tepki verdikleri, bu politikalardan ne ölçüde etkilendikleri ve ortaya çıkan siyasi beklentiler değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Almanya, Sovyetler Birliği, Propaganda, Milliyetler Politikası, Türk Diplomatik Arşiv Belgeleri

THE REFLECTION OF GERMANY'S POLICIES TOWARD THE REGIONS AND NATIONS CAPTURED FROM THE SOVIET UNION DURING THE SECOND WORLD WAR IN TURKISH DIPLOMATIC ARCHIVAL DOCUMENTS
ABSTRACT

The German-Soviet War (1941-1945), which took place during the Second World War, constituted one of the most decisive struggles shaping the course of the conflict, while simultaneously opening opportunities for various nationalities living within the borders of the Soviet Union to pursue independence. It is well established that, because of the offensives initiated with Operation Barbarossa and subsequently carried out under various designations, Germany achieved military superiority over the Soviet Union and occupied parts of its territory. Germany's policies toward the regions it seized from the Soviet Union during the war, as well as toward the nationalities inhabiting these areas, are of particular importance for understanding the ideological and strategic dimensions of the conflict. In this context, the German-Soviet War was justified by the German leadership as a defensive effort aimed at protecting Europe from the perceived threat of Bolshevism. From a strategic perspective, moreover, Germany conducted extensive propaganda activities in the occupied Soviet territories, targeting especially non-Russian nationalities. Through these propaganda efforts, the various peoples constituting the Soviet Union were encouraged to pursue the establishment of independent states. Indeed, many of these groups-having lived for years under Soviet, that is, Bolshevik domination-approached cooperation with Germany favourably, motivated both by the desire to escape perceived oppression and by the aspiration to establish independent statehood. This was largely because Germany promised freedom and independence to the peoples living within Soviet territory. By pursuing this policy, Germany sought to undermine the Soviet Union from within, thereby aiming to secure a swift victory and to prevail over its adversary. In other words, Germany attempted to instrumentalize the peoples inhabiting the territories it occupied from the Soviet Union through propaganda in pursuit of its own strategic interests. However, it failed to provide concrete and binding guarantees regarding the political future of the various non-Russian nationalities within the Soviet Union. From late 1942 onward, as the Soviet Union

began to regain military superiority, Germany's policies toward the diverse regions and peoples of the Soviet Union increasingly resulted in failure. This study aims to examine how Germany's military, political, and ideological approaches toward non-Russian nationalities within the Soviet Union during the Second World War were reflected in documents from the Turkish Diplomatic Archives. Drawing primarily on these archival sources, the article evaluates how the aforementioned groups responded to German policies, the extent to which they were influenced by these policies, and the political expectations that emerged as a result.

Keywords: Germany, Soviet Union, Propaganda, Nationalities Policy, Turkish Diplomatic Archival Documents

GİRİŞ

İkinci Dünya Savaşı, yalnızca devletler arası askeri mücadelelerin değil, aynı zamanda imparatorluk mirası üzerine inşa edilmiş çok uluslu siyasi yapıların geleceğinin de sorgulandığı bir dönem olmuştur. Bu bağlamda Alman-Sovyet Harbi (1941-1945), Doğu Avrupa ve Avrasya coğrafyasında yaşayan muhtelif milletler açısından yeni siyasal imkânlar doğurmuştur (Snyder, 2022, s. 1-8). Bilhassa Sovyetler Birliği sınırları içerisinde yer alan Rus olmayan topluluklar, savaşın seyrini kendi milli hedefleri doğrultusunda değerlendirme eğilimine girmiştir. Almanya'nın Barbarossa Harekâtı ile başlattığı taarruz, askeri boyutunun ötesinde işgal edilen bölgelerde uygulanacak siyasi, idari ve ideolojik politikalar bakımından da belirleyici olmuştur (Mazower, 2010, s. 362-367).

Alman-Sovyet Harbi, Sovyetler Birliği bünyesinde yaşayan farklı topluluklar açısından yeni beklentiler ve belirsizlikler ortaya çıkarmıştır. Savaş, ideolojik bir çatışmanın ötesinde milli kimlikler ve siyasal gelecek tasavvurları etrafında şekillenen çok katmanlı bir mücadeleye dönüşmüştür. Savaşın Doğu Cephesinde yoğunlaşması, milliyetler meselesini Almanya'nın stratejik hesaplarının merkezine taşımıştır. Dolayısıyla Türkler ve Kafkas milletleri Alman makamları tarafından genel anlamda Sovyetler Birliği'ne karşı müttefik olarak görülmüştür (Tavkul, 2016, s. 78-80).

Almanya, Sovyetler Birliği'ne karşı yürüttüğü savaşta milliyetler meselesini stratejik bir araç olarak ele almış; özellikle Türk, Kafkas ve Rus olmayan diğer milletleri, Sovyet yönetimine karşı harekete geçirebilecek potansiyel aktörler olarak değerlendirmiştir. Bu bağlamda propaganda faaliyetleri, askeri organizasyonlar ve siyasi temaslar yoluyla söz konusu toplulukların desteğini kazanma yönünde çeşitli girişimlerde bulunulmuştur (Güzay, 2023, 398-401).

İkinci Dünya Savaşı sürecinde Berlin, bilhassa Sovyetler Birliği'nden göç edenler açısından önemli bir merkez konumuna gelmiş; Rusya Türkleri ve Rusya içerisinde bulunan muhtelif milletler, milli davalarını Alman resmi ve entelektüel çevrelerine aktarma çabası içerisinde girmiştir. Bununla birlikte söz konusu muhaceret çevrelerinin siyasal örgütlenme düzeyleri, temsil kabiliyetleri ve Alman makamları nezdindeki etkileri arasında belirgin farklılıklar bulunduğu görülmektedir. Bazı grupların daha derli toplu ve sistemli bir temsil ortaya koymasına karşın, diğerlerinin parçalı ve bireysel girişimler düzeyinde kaldığı anlaşılmaktadır (Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Dışişleri Bakanlığı Türk Diplomatik Arşivi (TDA), 571/35357-138976-1, 1-11). Bu durum, Almanya'nın milliyetler politikasının sahadaki uygulanış biçimini ve sınırlarını anlamak açısından önem arz etmektedir. Bu çalışma, İkinci Dünya Savaşı sırasında Almanya'nın Sovyetler Birliği'nden ele geçirdiği bölgelerde yaşayan Türk, Rus ve Kafkas milletlerine yönelik politikalarının, Türk Diplomatik Arşiv belgelerine nasıl yansıdığını incelemeyi amaçlamaktadır. Türk Diplomatik Arşiv belgeleri, Almanya'nın milliyetler meselesine yaklaşımını yalnızca resmi söylemler üzerinden değil, sahadaki uygulamalar ve farklı milletlerin durumları ve tepkileri bağlamında değerlendirme imkânı sunmaktadır. Öte yandan çalışmada, bilhassa Türk ve Kafkas milletlerinin Alman politikalarına verdikleri tepkiler ile Alman politikalarının niteliği, sınırları ve başarısızlık nedenleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1. ALMANYA'NIN TÜRK, RUS VE KAFKAS MİLLETLERİNE YÖNELİK POLİTİKALARI: STRATEJİ VE PROPAGANDA

Almanya'nın 1 Eylül 1939 tarihinde Polonya'ya saldırmasının ardından İngiltere ve Fransa'nın Almanya'ya savaş ilan etmesiyle başlayan İkinci Dünya Savaşı, kısa sürede Avrupa sınırlarını aşarak küresel bir nitelik kazanmıştır. Savaşın seyri bilhassa Doğu Cephesi'nde yaşanan gelişmelerle belirleyici hale gelmiştir. İkinci Dünya Savaşı öncesinde Almanya ile Sovyetler Birliği arasında 23 Ağustos 1939'da bir saldırmazlık paktı imzalanmasına rağmen (Kissinger, 2016, 331-332; Rosen, 2023, s. 20) Almanya, "hızlı bir harekâtla Sovyetler Birliği'ni ezmek" için 22 Haziran 1941'de Barbarossa Harekâtını başlatmıştır (Booth ve Walton, 2023, 124). Alman-Sovyet mücadelesi yalnızca askeri dengeleri değil, aynı zamanda işgal edilen bölgelerde uygulanan siyasi, idari ve etnik politikaların da şekillenmesini etkilemiştir. Bu kapsamda Barbarossa Harekâtı ile başlayan ve farklı adlar adı altında devam eden Alman saldırıları karşısında Sovyetler Birliği, askeri ve siyasi açıdan oldukça güç bir duruma düşmüştür. Söz konusu saldırıların Moskova'yı tehdit etmesi nedeniyle Sovyet

temsilcileri, bazı devlet organlarını ve büyükelçilikleri Volga Nehri kıyısında bulunan Kuybişev şehrine taşımıştır (Çakıcı, 2024, s. 400-403).

Almanya, işgal ettiği bölgelerde yaşayan Rus ve bilhassa Rus olmayan milletlere yönelik vaatlerle onları Sovyetler Birliği yönetimine karşı ayaklandırmaya dolayısıyla da kendi safına çekmeye çalışmıştır. Almanya açısından bakıldığında, Alman-Sovyet Harbi'nin gerekçesi Avrupa'yı Bolşevizm tehlikesine karşı korumak olarak ifade edilmekteydi (TDA, 571/35357-138976-1, 1; Keegan, 2019, s. 132-133). Bu kapsamda Türk, Rus ve Kafkas milletlerini Bolşevizm sisteminden kurtaracakları ve onlara, iktisadi hayatlarını yeniden düzenleyecekleri yönünde vaatlerde bulunmaktaydı. Sözü edilen milletlerin, milliyet bakımından gelecekteki mukadderatlarıyla ilgili ise belirgin bir güvence sunamadığı görülmektedir. Savaşta teknik ve askeri açıdan Sovyetler Birliği'ne üstünlük kurduğu söylenmesi mümkün olan Almanların siyasi olgunluk ve ideoloji bakımından aynı üstünlüğü kurduğunu söylemek güçtür. Barbarossa Harekâtının başlamasından sonra geçen yaklaşık bir yıllık süreçte Sovyetler Birliği'ni teşkil eden Rusların Stalin'e dolayısıyla da Sovyetler Birliği'ne sadık kaldığı görülmektedir. Almanya'nın Sovyetler Birliği'ne karşı taarruzlarının Rusları değil Bolşevikleri ve Yahudileri hedef aldığı yönündeki propagandaları, Ruslar üzerinde beklenen tesiri yapmamıştır. Ruslar tehlikenin doğrudan doğruya "Rusluğa" ve "Rus hâkimiyetine" yöneldiğinin farkındaydılar (TDA, 571/35357-138976-1, 1). "Bolşevizm", Sovyet vatanperverliği ile Rus vatanseverliğinin ananelerini birleştirmiş ve Rus toplumuna mağlubiyet halinde Rusya'nın bir Alman müstemlekesine dönüşeceği fikrini telkin edebilmiştir. Bahsi geçen faktörler Almanya'nın propaganda faaliyetlerini yoğun bir şekilde Rus olmayan milletlere yöneltmesine sebep olmuştur (TDA, 571/35357-138976-1, 2).

Savaşın kazanılması hususunda en önemli araçlardan birinin propaganda olduğu ifade edilmesi gereken bir gerçekliktir. Rusya'da yaşayan Türk ve Kafkas milletlerine yönelik olarak yürütülen propaganda faaliyetleri, bu toplulukların Sovyet yönetimine karşı tutumlarını etkilemeyi, Alman ilerleyişini kolaylaştırmayı ve bölgedeki milliyetçi unsurları harekete geçirerek savaşın seyrini Almanya lehine çevirmeyi amaçlamıştır. Bu bağlamda Almanya, Rusya'daki milletler meselesine yoğun bir önem atfetmiş ve bu hususta başarılı olabilmek adına meseleyi; Şark Nezareti, Hariciye Nezareti, Harbiye Nezareti, Propaganda Nezareti ve Fırkaya Mensup SS (Schutzstaffel⁵) Teşkilatının ilgi odağına devretmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 3-4).

⁵ Schutzstaffel (Koruma Birliği), 1925'te kurulmuştur. Başlangıçta Adolf Hitler'in koruma birliği olarak faaliyet göstermekteydi. Bilhassa 1929'dan itibaren askeri, ideolojik ve güvenlik alanlarına yönelik etkin bir paramiliter

Şark Nezareti

Almanya'nın Rusya'daki milletler meselesine yönelik en önemli bakanlıklardan biri olarak görülmekteydi. Bu bakanlık Almanya'nın Sovyetler Birliği'nden ele geçirdiği bölgelerin siyasi ve idari teşkilatlarını düzenlemekle görevlendirilmişti. Bakanlığın başında partinin önemli simalarından biri olan Alfred Rosenberg bulunmaktaydı. Baltık Almanlarından olan Rosenberg, tahsilini Rusya'da yapmıştı. Dolayısıyla Rusçayı çok iyi bilmekteydi. Bolşevizm'in ilk günlerinde Rusya'da bulunmuş ve buradaki katliamlara şahit olmuştu. Bu nedenle rejimin “gaddar” bir düşmanı olmuştu (TDA, 571/35357-138976-1, 4). Yine aynı bakanlık bünyesinde bulunan Gerhard von Mende, Türkistan ve Kafkasya işleri ile ilgilenmekteydi. Bu bakanlık, Rus olmayan milli muhacirleri de Beyaz Rus muhacirleri gibi kendi memleketlerinden ve halklarından fıkren ayrılmış telakki etmiştir. Fakat aynı zamanda çeyrek asırlık Bolşevik icraatı neticesinde bu memleketlerde ne dereceye kadar sağlam unsur bulunabileceği de şüpheli olduğundan; bölge mahallinde tetkik olunmadan evvel istikbal için hiçbir idare şeklini önceden tasarlamamanın olanaklı olmayacağını düşünmekteydi. Bu esaslar üzerine hareket eden bakanlık, muhacerette milli mümessil geçinen zümre ve şahsiyetleri, eski zihniyetlerin davacıları diye bir tarafa atmış ve kendine bağlı kalabilecek gençleri etrafına toplayarak kendi memurlarına yardımcı bir kadro hazırlamak istemiştir. Bu kapsamda bakanlığa mensup birer aracı kurum “Mittelstelle” başka bir deyişle denetim ya da koordinasyon bürosu oluşturulmuştur. Bu kurum aracılığıyla bakanlık ile ortak hareket edecek yerli halk arasından bir kadronun hazırlanması amaçlanmıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 5).

Şark Nezaretinin Doğu'daki işgal bölgelerinde iki tip idare sistemi uyguladığı görülmektedir. Bunlardan ilki olan Ukrayna Tipi idare sisteminde, Ukrayna'nın sınır bütünlüğüne dikkat edilmemekle birlikte Milli Ukrayna idaresini canlandıracak herhangi bir girişim söz konusu olmamıştır. Mahalli polis teşkilatı yerli halktan seçilmişse de idarenin tamamen Almanların elinde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla bölge, Almanlar tarafından yönetilmekteydi. Burada halka kilise serbestliği tanınmış ve ilkokullarda eğitim Ukrayna dilinde yapılmaya devam etmiştir. Letonya, Litvanya ve Estonya'yı kapsayan Ostland Tipi idare sisteminde ise yerli halka üç alanda idare hakkı verilmiştir. Bunları; Kültür (din ve maarif), posta ve telgraf ile milis teşkilat şeklinde sıralamak mümkündür. Sözü edilen kurumların başında yüksek rütbeli birer yerli memur (müdür) bulunmaktaydı. Bu memurlar bölgeye tayin edilen Genel Alman Valisine tabi idi (TDA, 571/35357-138976-1, 5-6).

örgüte dönüşmüştür. Nasyonal Sosyalist Alman İşçi Partisinin baskı ve imha politikalarında önemli bir rol oynamıştır (Snyder, 2022, 86-88).

Şark Nezaretine mensup salahiyyetlar memurların verdiği bilgilere göre Almanya'nın politikalarında Kafkasya'nın çok daha mühim bir mahiyet taşımaktaydı. Kafkasya'nın jeopolitik konumu ve bölgede yaşayanların milliyet, din ve gelenek-görenek bakımından Rusya'dan farklı bir yapıya sahip olması, Almanya tarafından takdir edilmekteydi. Belirtilen faktörler nedeniyle Kafkasya'nın kendine mahsus bir idari hususiyeti olabileceği tabii görölmekteydi. Fakat bu hususiyetin mahiyeti henüz açık bir şekilde tespit edilmemiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 6).

Hariciye Nezareti

İkinci Dünya Savaşı sürecinde Almanya'nın dış politikasını planlayan ve yürüten bu bakanlık, Rusya'daki milletler meselesine yönelik politika üreten önemli kurumlardan da biri idi. Hariciye Nezaretinin Rusya'daki milletler meselesine yönelik görüşü farlı olmakla birlikte Alman harekâtının Kafkasya'yı hedef almasıyla faaliyetlerini arttırmıştır. Kafkasya'da Almanya'ya karşı bir sempati ve dostluk havası yaratmak için harekete geçen bakanlık, Almanya'nın eski Moskova büyükelçisi Graf von Schulenburg'un girişimi ile Kafkas milletlerinin tanınmış siyasi simalarını resmi olarak Berlin'e davet etmiştir. Kafkasya'ya girmeye hazırlanan Alman ordusunun Kafkas milletleri tarafından dostane karşılanması için neler yapılması gerektiği hususunda kendileri ile fikir alışverişinde bulunulmuştur. Kafkasya milletlerinin temsilcileri, kendi düşünce ve isteklerini birer muhtıra halinde takdim etmiştir. Söz konusu muhtıralarda, Kafkasya milletlerinin milli hâkimiyet ve bağımsızlıklarının hemen tanınması lüzumu ileri sürölmüş ve bunun faydaları ifade edilmiştir (Alexiev, 1982, s. 21-22). Bahsi geçen muhtıralarda milli bağımsızlık ve hâkimiyetlerinin yeniden tesisini isteyen Kafkasya milletleri, aynı zamanda Kafkasya Federasyonu'nun teşekkülüne dahi taraftar olduklarını belirtmiştir. Bunların yanı sıra Almanya ile iş birliği yaparak, oluşturulacak yeni Avrupa düzenine de girmeye hazır bulunduklarını dile getirmiştir. O dönemde Berlin'de etkin bir şekilde faaliyet gösteren Hint ve Arap Komitesi gibi Kafkas milletlerine ait bir komitenin oluşturulması fikri gündeme gelmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 6-7).

Hariciye Nezaretinin bahsedilen girişimi Şark Nezareti tarafından uygun bulunmamıştır. Konu Hitler'e iletilmiş, Hitler işlerinin yoğunluğunu ileri sürerek meselenin Şark Nezaretinin salahiyyetinde olduğunu belirtmiştir. Buna rağmen Hariciye Nezareti, Kafkasya meselesinin Almanya'nın yüksek menfaatleri bakımından uluslararası bir mesele şeklinde halledilmesinin zaruri olduğu kanaatini muhafaza ettiğini vurgulamıştır. Bakanlık, Almanya'nın bölgede tutunabilmesi açısından Kafkasya milletlerinin taleplerine olumlu yaklaşıması gerektiğini,

Kafkasya milletlerine de taleplerinde ümitsizliğe düşmeden direnmelerini tavsiye etmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 7).

Harbiye ve Propaganda Nezaretleri

Harbiye Nezareti esasen Hariciye Nezaretinin görüşlerine eğilim göstermekteydi. Yürütülen askeri harekâtın başarıyla ilerleyebilmesi için yalnızca askeri gücün yeterli olmadığı, bilhassa milliyet meselesi gibi hassas bir konuda Almanya'nın açık, net ve tutarlı bir siyasal yaklaşıma sahip olması gerektiği düşünülmekteydi. Bu görüş, Harbiye Nezaretinin Rusya'daki milliyetler meselesine bakışını şekillendirmiştir. Dolayısıyla Almanya'nın bu konuda izleyeceği politika, Harbiye Nezareti açısından belirleyici temel bir unsur olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda belirsiz olmayan olumlu ve yol gösterici bir siyasi ilkenin gerekliliği zaruri görülmekteydi. Bu tür bir siyasal yaklaşımın, hem askeri birliklerin moralini güçlendireceği hem de harekâtın meşruiyetini artıracakı düşünülmekteydi (TDA, 571/35357-138976-1, 7).

Propaganda Nezareti, Rusya'daki milliyetler meselesine öncelikle iletişim ve propaganda araçları üzerinden yaklaşmıştır. Bu bağlamda, Sovyet hâkimiyeti altında bulunan ve “mahkûm milletler” olarak tanımlanan topluluklara doğrudan hitap etmeyi amaçlayan bir radyo yayın servisi kurulmuştur. Söz konusu yayınlar, yalnızca bilgi aktarmayı değil, aynı zamanda bu toplulukların milli bilinçlerini güçlendirmeyi ve siyasi yönelimlerini etkilemeyi hedeflemiştir. Zamanla bu radyo servislerinin etrafında, belirli milletlere yönelik milli propaganda teşkilatları oluşturulmaya başlanmıştır. Bu teşkilatlar, merkezi bir propaganda anlayışıyla hareket etmekle birlikte her milletin tarihsel, kültürel ve siyasal özelliklerine göre şekillendirilmiş kendine özgü ve sistematik propaganda yöntemleri izlemiştir. Böylece propaganda faaliyeti, dağınık girişimlerden ziyade, planlı ve kurumsal bir yapıya kavuşturulmuştur. Bu bağlamda, Almanya'nın Sovyetler Birliği'ne yönelik saldırıları, bir yandan Kafkasya halklarının Sovyet yönetiminden “kurtarılması” olarak meşrulaştırılmaya çalışılmış, diğer yandan bu halkların Sovyet otoritesine karşı çıkarak Almanya'nın saflarında yer alması hedeflenmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 7).

Fırkaya Mensup SS (Schutzstaffel) Teşkilatı

Koruma Kıtası ya da Koruma Birliği şeklinde ifade edilmesi mümkün olan Schutzstaffel (SS), 6 Ocak 1929 tarihinde Heinrich Himmler'in teşkilatın başına geçmesiyle birlikte kurumsal yapısını güçlendirmiştir. SS, Nasyonal Sosyalist Alman İşçi Partisinin iktidara gelmesinin ardından, özellikle 1933 sonrasında, yalnızca parti bünyesinde değil, aynı zamanda Almanya'nın siyasi ve idari yapısı içerisinde en etkili teşkilatlardan biri hâline gelmiştir. 1945'e gelindiğinde, Adolf Hitler'den sonra elinde en fazla yetki ve güç bulunan kişi Himmler olmakla

birlikte SS Teşkilatının da etkinliği o derece artmıştı. Zira teşkilata, sadece iç siyasette değil Almanya'nın dış politikasında da önemli bir misyon yüklenmişti (McNab, 2019, s. 17-23).

Sözü edilen bağlamda SS Teşkilatı, Almanya'nın Kafkasya'ya yönelik yaklaşımının askeri hedeflerin ötesine geçen, propaganda ve psikolojik harp unsurlarıyla desteklenen çok boyutlu bir stratejiye dayandığını ortaya koymaktadır. “Almanya himayesi altında milli muayyen bir idare” vaadini, Kafkasya halklarının Sovyet yönetimine karşı mevcut memnuniyetsizliklerini kullanmayı amaçlayan bir psikolojik harp aracı olarak görmek mümkündür. Bu söylem Alman ilerleyişini, bir işgal hareketi olarak değil aksine Sovyet merkeziyetçiliğine karşı yerel kimlikleri tanıyan ve sınırlı da olsa özerklik vadeden bir kurtuluş girişimi şeklinde sunmayı hedeflemiştir. Bu çerçevede teşkil edilen “Kafkas-Stab”lar, propaganda faaliyetlerinin sahaya aktarılmasında kilit rol oynamış; Alman askeri makamları ile yerel halk arasında hem sembolik hem de fiilî bir temas noktası olarak işlev görmüştür (TDA, 571/35357-138976-1, 7-8).

Almanya'nın takip ettiği bu politika Sovyetler Birliği'nin milliyetler politikasıyla karşılaştırıldığında belirgin bir karşıtlık arz etmektedir. Sovyet yönetimi, teorik düzeyde milletlerin kendi kaderini tayin hakkını tanıdığını dile getirmekle birlikte pratikte Kafkasya'daki idari ve kültürel yapıları sıkı bir merkezî denetim altına almış; özellikle 1930'lu yıllardan itibaren milli elitleri tasfiye eden ve yerel kimlikleri bastıran politikalar izlemiştir. Almanya ise bu baskıcı idareyi propaganda söyleminin merkezine yerleştirerek, Sovyet yönetimini “milli iradeyi yok sayan” bir tahakküm sistemi olarak tasvir etmiş ve kendisini bu düzenin alternatifi olarak konumlandırmıştır. Kafkasya milletlerinin cephe hattına sevk edilerek Alman birlikleri ile ahali arasında aracılık yapması, bu söylemin somutlaştırılmasını ve yerel düzeyde inandırıcılığının artırılmasını amaçlamıştır (Güzay, 2024, s. 526-529).

Almanya'nın muhtelif kurumlar vasıtasıyla ürettiği politikalar ve vaat ettiği idari düzenin gerçek bir bağımsızlık veya kalıcı özerklikten ziyade, savaş koşullarında Sovyet otoritesini zayıflatmaya yönelik araçsal bir nitelik taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu durum, Alman propaganda söylemi ile fiilî uygulamalar arasındaki mesafenin giderek açılmasına yol açmış ve psikolojik harp faaliyetlerinin etkinliğini sınırlayan bir unsur olmuştur. Dolayısıyla Kafkasya örneği, İkinci Dünya Savaşı sürecinde hem Almanya'nın propaganda stratejilerini hem de Sovyet milliyetler politikasının yarattığı kırılmalıkların dış aktörler tarafından nasıl kullanıldığını göstermesi bakımından çarpıcı bir vaka teşkil etmektedir. Sözü edilen bilgilerden hareketle SS Teşkilatının Alman-Sovyet Harbi sürecinde Almanya'nın stratejik ve askeri hedeflerinin gerçekleştirilmesinde önemli bir rol oynadığını söylemek mümkündür. Bu kapsamda Almanya'nın en çok Rusya'daki Türkler ile ilgilendiği görülmektedir (TDA, 571/35357-

138977-14, 1). Hatta SS Teşkilatı, kendi bünyesinde bir “Birleşik Türk Gücü” kurma projesini gündemine almıştır. Projenin mimarı Dr. Reinier Olzscha, Bolşevizm’i zayıflatabilecek en etkili gücün “Türk Birliği” olacağını düşünmekteydi (Andican, 2003, s. 406-410).

Sözü edilen gelişmelerin yanı sıra Almanya’nın Türkiye büyükelçisi Von Papen’in de Rusya’daki Türkler ve Kafkasya meselesi ile ilgilendiğini ifade etmek gerekmektedir. Von Papen bu meseleleri doğrudan Hitler ile görüştüğünden meselelerin çözümüne yönelik etki gücü yüksek bir kişi olarak görülmektedir. Bu bağlamda büyükelçinin, Almanya’nın Türkler ve Kafkasya’ya yönelik politikalarının şekillenmesinde olumlu ve destekleyici bir etki yaratan önemli bir aktör olduğu ifade edilmektedir. Bununla birlikte bu meselelerle ilgilenen Alman kurum ve yapıları arasında yöntem ve yaklaşım farklılıklarının bulunduğu görülmektedir. Söz konusu farklılıklar, zaman zaman kurumsal rekabeti aşarak açık bir görüş ayrılığı ve hatta mücadele ortamına dönüşmüştür. Her bir aktör ve kurum, devletin Rusya’dan ele geçirilen bölgeler ve bu bölgelerde yaşayan milletlere ilişkin alacağı nihai kararı kendi perspektifi doğrultusunda değerlendirmeye çalışmıştır. Kurumsal çekişmeler devam etse de Rusya’dan ele geçirilen topraklar ve bu bölgelerde yaşayan milletler meselesi zamanla daha görünür hâle gelmiş; savaşın beklenenden uzun sürmesi Almanya’nın Sovyetler Birliği bünyesindeki milliyetler meselesini daha yakından ve gerçekçi biçimde değerlendirmesine imkân tanımıştır. Bir taraftan Türk unsurlarla kurulan doğrudan temaslar, diğer taraftan savaşın başlangıçta öngörülenden daha uzun sürmesi neticesinde milli hak ve taleplerin tanınmasına yönelik beklentiler artmıştır. Bu durum, Almanya’nın söz konusu bölgelere ilişkin politikasının ilerleyen safhalarda daha olumlu bir istikamette gelişeceğine dair umutları güçlendirmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 8). Ancak bu bağlamdaki girişimler, gerek Almanya’nın kurumları arasındaki rekabet gerek yerel güçlerle yaşanan anlaşmazlıklar gerekse savaşta üstünlüğün Sovyetler Birliği’ne geçmeye başlamasıyla başarısızlıkla sonuçlanmıştır.

2. TÜRK, RUS VE KAFKAS MİLLETLERİNİN DURUMU VE ALMANYA’NIN POLİTİKALARINA YAKLAŞIMI

Alman propagandasının, Sovyetler Birliği bünyesinde yaşayan Rus olmayan milletlere yönelik olarak açık, tutarlı ve bu toplulukların milli hedeflerini destekleyen siyasal vaatlerden yoksun oluşu, Sovyet yönetiminin propaganda faaliyetlerini önemli ölçüde kolaylaştırmıştır. Almanya’nın, özellikle savaşın ilk safhasında, Türk ve Kafkas milletlerine bağımsızlık ya da özerklik gibi somut beklentiler sunmaktan kaçınması, Bolşeviklerin Alman ilerleyişini bütün milletler için müşterek bir tehdit olarak sunmalarına imkân tanımıştır. Bu durum Rus propagandasının, Alman galebesinin yalnızca Rusları değil Sovyetler Birliği içindeki tüm

milletleri kapsayan bir esaret rejimi doğuracağı yönündeki söylemini güçlendirmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 1-2). Bunun yanında Alman propagandasının, Kızıl Orduyu Asyalı kavimlerden, özellikle Moğollar ve Tatarlar gibi “yarı vahşi” unsurlardan müteşekkil bir yapı olarak tasvir etmesi, Sovyet karşı propagandasına da zemin hazırlamıştır. Bu tür söylemler, Bolşeviklerin savaş sürecinde Almanya’nın “milletlerin düşmanı” olarak tanımlanmasını kolaylaştırmış; Almanların “ırkçı” yaklaşımının Sovyet halklarının tamamını hedef aldığı algısı sistemli bir biçimde yayılmıştır. Böylelikle Alman propagandasında kullanılan dil ve imgeler, beklenenin aksine Sovyet rejiminin kendi halkları üzerindeki ideolojik hâkimiyetini pekiştiren bir işlev görmüştür (TDA, 571/35357-138976-1, 1-2).

Savaşın sözü edilen şartlar altında cereyan eden ilk safhasında, büyük kitleler hâlinde esir düşen Kızıl Ordu mensuplarına Almanlar tarafından milliyet ayrımı gözetilmeksizin son derece sert ve insanlık dışı muameleler yapılmıştır. Ancak uygulamada Rus olmayan unsurların, bilhassa da Türk kökenli askerlerin daha ağır şartlara maruz kaldıkları görülmektedir. Kırgız, Tatar ve benzeri topluluklara mensup esirler, fiziki özellikleri gerekçe gösterilerek “aşağı ırk temsilcileri” olarak ifade edilmiş; Azeriler ise saç renkleri nedeniyle Yahudi olarak nitelendirilmiş ve bu nedenle daha ağır muameleye tabi tutulmuştur. Ayrıca esir kamplarında Rus askerlerin polis ve gözetmen olarak görevlendirilmesi, Türk ve Kafkas kökenli esirlerin maruz kaldıkları baskıyı daha da artırmıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 3). Özellikle 1941-1942 kışında Sovyet savaş esirlerinin kamplardaki yaşam koşulları, tasviri güç bir trajediye dönüşmüştür. Esir garnizonlarında bulunanların çok büyük bir kısmı açlık, hastalık ve kötü muamele sebebiyle hayatını kaybetmiştir. Bu kayıplar içerisinde, sistematik olarak daha ağır şartlara maruz bırakılan Türk kökenli unsurların oranının dikkat çekici düzeyde yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Alman askeri harekâtının Ukrayna’dan sonra Kırım’a yönelmesiyle birlikte Alman ordusu ilk kez Türk nüfusla doğrudan temas kurmuştur. Kırım Tatarlarının önemli bir kısmının Alman ordusu tarafına geçerek Sovyet yönetimine karşı silahlanmaları, Alman idari ve askeri çevrelerinde dikkat çekici bir gelişme olarak değerlendirilmiştir. Bu süreçte Alman Türkologlarının ve bazı askeri danışmanların, Türk unsurların Sovyet rejimine karşı potansiyel müttefik olarak değerlendirilmesi yönündeki görüşleri giderek daha fazla karşılık bulmaya başlamıştır. Nitekim Adolf Hitler’in, Tatarların Almanya ile birlikte “medeniyet düşmanına” karşı savaştığını ifade eden açıklamaları, bu yaklaşımın en üst siyasi düzeyde de kabul görmeye başladığını göstermektedir. Bu gelişmeler neticesinde, Alman siyasi ve askeri çevrelerinde Rus unsurlar ile Rus olmayan milletler, bilhassa Türk ve Kafkas toplulukları arasında daha belirgin bir ayrım gözetilmesi gerektiği fikri tartışılmaya başlanmıştır. Ancak bu

farkındalık, savaşın erken dönemlerinde yapılan hatalı propaganda ve uygulamaların yol açtığı güvensizliği telafi etmekte yetersiz kalmıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 3).

Savaşın ilerleyen safhalarında Almanların Sovyet savaş esirlerine yönelik yaklaşımında belirgin bir değişim gözlemlenmiştir. Bu dönemde ele geçirilen esirler, milliyet esasına göre tasnife tabi tutulmuş; mensup oldukları millet ve coğrafyalara göre farklı kamplara sevk edilmeye başlanmıştır. Türk Diplomatik Arşiv belgelerinden anlaşıldığına göre Alman makamlarının uygulamaya koyduğu bu yeni sistem çerçevesinde, bilhassa Türk kökenli esirlere daha yüksek düzeyde güven atfedildiği anlaşılmaktadır. Aynı belgelerde Kafkasya menşeli milletler arasında da en fazla itimat edilen unsurların Türkler ve Müslüman topluluklar olduğu, bunları sırasıyla Gürcü ve Ermeni unsurların takip ettiği ifade edilmiştir. (TDA, 571/35357-138976-1, 3). Bu güven ilişkisi, esirlerin istihdam biçimlerine de yansımıştır. Türk kökenli esirlerin aktardığı bilgilere göre Rus asıllı savaş esirleri, silahlı Türk esirlerin gözetimi altında çalışma birlikleri hâlinde sevk ve idare edilmeye başlanmıştır. Azerbaycanlı esirlerden teşkil edilen silahlı grupların, çok daha kalabalık Rus esir kabilelerini kontrol altında tutmaları, Alman makamlarının Rus olmayan unsurları Sovyet rejimine karşı bir denge unsuru olarak değerlendirmeye başladıklarını göstermesi bakımından da dikkat çekicidir. Askeri alanda yaşanan bu dönüşüm, Rus olmayan milletlerden teşkil edilen birliklerin sayısındaki artışla daha da belirgin hâle gelmiştir. Alman resmi makamlarının verdiği bilgilere göre, sayıları 20.000'i aşan Kırım Tatarı gönüllülerinin yanı sıra, Türkistan ve Kafkasya bölgelerinden oluşturulan askeri birlikler Alman ordusu saflarında aktif olarak savaşmaktaydı (Derman, 2016, s. 34-37). Bu çerçevede esirlerden oluşturulan Türkistan Lejyonu'nun mevcudunun yaklaşık 100.000'e ulaştığı ifade edilmektedir (Kumru, 2019, s. 243). Buna paralel olarak Azerbaycan, Kuzey Kafkasya, Gürcü ve Ermeni lejyonlarının da teşkil edildiği ve bu birliklerin uzun süredir farklı cephelerde muharebelere iştirak ettikleri anlaşılmaktadır. (TDA, 571/35357-138976-1, 3).

Kafkasyalı esirlerin toplam sayısının yaklaşık 100.000 civarında olduğu, ancak bunların yalnızca 30.000 kadarının fiilen lejyonlar hâlinde organize edildiği Türk Diplomatik Arşiv belgelerinde dile getirilmiştir. Azerbaycanlılardan teşkil edilen birlikler ise, özellikle piyade taburları şeklinde düzenlenmiş ve bu taburların bir kısmı Kafkas Cephesindeki muharebelere doğrudan katılmıştır. Söz konusu lejyonlara, mensup oldukları milletleri temsilen milli bayraklar verilmiş; her askerin üniformasına, Avrupalı diğer lejyonlarda olduğu gibi milli renklerini ihtiva eden işaretler dikilmiştir. Üniformaların Alman ordusuna ait olması, bu birliklerin Alman askeri hiyerarşisi içinde faaliyet gösterdiğini ortaya koymaktadır. Bu gelişmelere paralel olarak Alman siyasi çevrelerinde de kayda değer bir zihniyet değişimi

yaşandığı görülmektedir. Muharebenin beklenenden uzun sürmesi ve Alman makamlarının Sovyetler Birliği içindeki Rus olmayan milletlerle doğrudan temas kurmaları, bu toplulukların tarihi, siyasi ve toplumsal meseleleri hakkında daha derin bir farkındalık oluşmasına zemin hazırlamıştır. Nitekim bir yandan savaş esirlerinden milli lejyonlar teşkil edilirken, diğer yandan muhacerette bulunan ve bu milletleri temsil ettiği kabul edilen siyasi aktörlerle temas kurulması, Rus olmayan coğrafyaların savaş sonrası geleceğine dair muhtemel siyasi düzenlemelerin tartışılmaya başlandığını göstermektedir. Bu temaslar aracılığıyla özellikle Türk ve Kafkas milletlerinin muhtemel idari ve siyasi teşkilatlanmaları konusunda taslak mahiyetindeki planlar, Alman siyasal gündeminde yer almaya başlamıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 4).

Yapılan değerlendirmelerin Türklük açısından ortaya koyduğu en dikkat çekici sonuçlardan biri, Sovyetler Birliği'ndeki Türk topluluklarının komünist ideolojiye, diğer etnik unsurlara kıyasla daha az kapılmış olmalarıydı. Türk kökenli esirlerden teşkil edilen lejyonların cephe muharebelerinde ve partizanlara karşı yürütülen mücadelelerde gösterdikleri askeri performans, Alman kaynaklarında da sıkça vurgulanmıştır. Alman makamlarının tespitlerinde Kafkasyalı Türk ve Müslüman toplulukların yaklaşık % 75-80'inin Bolşevik ideolojinin etkisinden uzak kaldığı, bu oranın Gürcülerde % 50, Ermenilerde ise % 40 civarında seyrettiği bilgisi yer almıştır. Bu kapsamda Alman basını, Bolşeviklerin Kafkasyalı Türklerden müteşekkil birlikleri, kendi hatlarına yakın bölgelerde kullanmaktan çekindiklerine dair haber ve yorumlara yer vermiştir. Bu tür değerlendirmeler, hem Sovyet yönetiminin Rus olmayan milletlere duyduğu güvensizliği hem de Almanların bu durumu askeri ve siyasi bir fırsat olarak kullanma eğilimini açık biçimde ortaya koymaktadır (TDA, 571/35357-138976-1, 4).

Rusya'daki Türkler ve Kafkas milletleri temsilcileri vasıtasıyla Alman makamları ile temasa geçerek Sovyet yönetimine karşı iş birliği arayışına girmiştir. Bu kapsamda savaş yıllarında Berlin'in, Sovyetler Birliği'nden ayrılan muhaceret çevreleri açısından önemli bir merkez olduğu, Rusya Türkleri ve bilhassa Kafkasyalı Türk ve Müslüman toplulukların bu şehirdeki nüfuzu ve siyasi örgütlenme kapasitesi, komşu milletler olan Ermeni ve Gürcü muhaceret gruplarına kıyasla oldukça sınırlı kalmıştır. 1939 yılında savaşın başlamasından önce Berlin'de Azerbaycan, Türkistan ve İdil-Ural (Kazan) Türkleri adına neşriyat ve siyasi faaliyet yürüten bazı çevrelerin varlığı bilinmektedir. Ancak savaş arifesinde Almanya ile Sovyetler Birliği arasında imzalanan anlaşmanın ardından, bu faaliyetler büyük ölçüde kesintiye uğramış; özellikle Türkistan ve İdil-Ural Türkleri arasında neşriyatla meşgul olan şahıs ve gruplar Berlin'i terk etmek zorunda kalmıştır. Bu gelişmenin, Rusya Türklerinin Almanya'daki

kamusal görünürlüğünü ve propaganda faaliyetlerini önemli ölçüde sınırlandırdığını söylemek mümkündür. Bununla birlikte daha önceki yıllardan itibaren Berlin’de ikamet eden bazı Azerbaycanlı aydınlar ve yayın faaliyetlerini yönlendiren şahıslar şehirde kalmayı sürdürmüş; ayrıca sınırlı sayıda kişi de mesleki ve şahsi gerekçelerle Berlin’de bulunmaya devam etmiştir. Söz konusu kişiler, gerek Türkçe ve Almanca neşriyat yoluyla gerekse Alman resmi çevreleriyle ve akademik camiayla kurdukları ilişkiler vasıtasıyla, Rusya Türklerinin milli meselelerini Alman kamuoyuna ve entelektüel çevrelere tanıtmaya yönünde çaba göstermiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 9).

Bahsedilen çabalar çerçevesinde Berlin’de kalan Rusyalı Türk muhacirlerin, özellikle Alman Türkologlarıyla kurdukları temaslar dikkat çekmiştir. Bu temaslar sayesinde, içlerinden bazı Alman akademisyen ve uzmanlar, Rusya’daki Türk ve Müslüman toplulukların tarihi, kültürel ve siyasi meselelerine ilgi duymaya başlamış; böylece Türk muhaceret çevreleri, sınırlı imkânlarla rağmen milli davalarını Alman entelektüel ve siyasi mahfillerine kısmen de olsa tanıtabilmiştir. Ancak bu faaliyetlerin, Ermeni ve Gürcü muhaceret çevrelerinin daha erken dönemde tesis ettikleri kurumsal ağlarla mukayese edildiğinde, dağınık ve bireysel girişimler düzeyinde kaldığı anlaşılmaktadır. Bu dönemde Berlin’de, Rusya Türklerini temsilen faaliyet gösteren unsurların yeknesak bir siyasi yapıdan ziyade, birbirinden bağımsız ve müstakil gruplar hâlinde hareket ettikleri görülmektedir. Rusya Türkleri ile Azerbaycan, Şimali Kafkasya, Kırım, Türkistan, Kazan gibi bölgelerin temsilcileri, kendi tarihi ve bölgesel kimlikleri çerçevesinde ayrı ayrı siyasi faaliyet yürütmüştür. Bu parçalı yapı, bir yandan her grubun kendi milli meselelerini öne çıkarmasına imkân tanırken, diğer yandan da Alman makamları nezdinde ortak ve bütüncül bir Türk-Müslüman siyasi talep listesi oluşmasını güçleştirmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 9).

Berlin’deki Rusya Türkleri içerisinde Azerbaycan temsilcileri, gerek siyasal örgütlenme düzeyi gerekse propaganda faaliyetleri bakımından en belirgin ve etkili gruplardan birini teşkil etmiştir. Azerbaycan milli davası, büyük ölçüde Müsavat Fırkası etrafında toplanan şahsiyetler tarafından temsil edilmiş; Türkçe ve Almanca dillerinde yürütülen süreklilik arz eden neşriyat faaliyetleri sayesinde bu çevre, Almanya’da kendine mahsus bir siyasal itibar ve tanınırlık kazanmıştır. Bu durum, Azerbaycanlı muhacirlerin Alman resmi ve entelektüel çevreleri nezdinde diğer bazı Rusya Türkleri gruplarına kıyasla daha derli toplu ve güvenilir bir muhatap olarak algılanmalarını sağlamıştır. Alman Hariciye Nezaretinin daveti üzerine Berlin’e gelen Azerbaycan temsilcileri başta Mehmet Emin Resulzade olmak üzere Mustafa Vekili, Mir Yakup Mehtiyev ve Hüsrev Bey Sultanzade aralarındaki şahsi görüş ayrılıklarını bir kenara

bırakarak, Azerbaycan davasını ortak bir siyasal çizgi etrafında temsil etme hususunda mutabakata varmıştır. Bu temsilciler, temas kurdukları tüm Alman makamlarına karşı, Azerbaycan'ın milli hâkimiyet ve istiklalini esas alan tek ve tutarlı bir siyasi hedef güttüklerini açık biçimde ortaya koymuştur (TDA, 571/35357-138976-1, 10).

Azerbaycan davasının esasları, Müsavat Fırkası lideri Mehmet Emin Resulzade tarafından Alman Hariciye Nezaretine sunulan muhtıra ile sistematik bir çerçeveye kavuşturulmuştur. Bu muhtırada öne çıkan hususların, Azerbaycan'ın tarihi, siyasi ve kültürel kimliğini temellendirmeye yönelik olduğunu ifade etmek mümkündür. Buna göre Azerbaycan, Türk ve Müslüman nüfusun çoğunlukta olduğu, tarihsel olarak milli bir varlık bilinci geliştirmiş ve Türk-İslam dünyası içerisinde kendine özgü bir kültürel konuma sahip bir ülke olarak tanımlanmıştır. Rus hâkimiyeti ve Çarlık döneminin Ruslaştırma politikalarına rağmen bu milli kimliğin muhafaza edildiği, 1918 yılında Çarlık rejiminin çöküşüyle birlikte Azerbaycan'ın bağımsızlığını ilan ederek modern bir cumhuriyet şeklinde teşkilatlandığı vurgulanmıştır. Muhtırada ayrıca, Azerbaycan Cumhuriyeti'nin kısa süreli de olsa müstakil bir devlet olarak varlık gösterdiği ve uluslararası alanda tanındığı, ancak Bolşevik kuvvetlerin askeri müdahalesi neticesinde zorla Sovyet sistemine dâhil edildiği ifade edilmiştir. Azerbaycan halkının bu işgale karşı silahlı direniş gösterdiği, aylarca süren isyanlar ve ayaklanmalarla milli hâkimiyet iradesini korumaya çalıştığı belirtilerek, Bolşevik idaresinin Azerbaycan'a dışarıdan dayatıldığı tezi güçlendirilmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 11).

Berlin'de bulunan Azerbaycan'ın siyasi temsilcilerinin, bu işgali sürekli olarak protesto ettikleri ve gasp edilen bağımsızlık haklarının iadesini uluslararası platformlarda gündemde tutmaya çalıştıkları da muhtıranın temel argümanları arasında yer almıştır. Bu çerçevede Azerbaycan temsilcilerinin, Bolşevik rejiminin nihai olarak çöküşünü kendi kurtuluşlarının ön şartı olarak gördükleri ve bu çöküşün ancak büyük çaplı bir savaş sonucunda gerçekleşebileceğine inandıkları ifade edilmiştir. Azerbaycan temsilcilerinin, Rusya'daki diğer Türk topluluklarıyla paralel biçimde, Sovyetler Birliği'ni askeri bakımdan mağlup edebilecek yegâne Avrupa gücünün Almanya olduğu kanaatine vardıkları ve bu nedenle Almanya'yı tabî bir müttefik olarak değerlendirdikleri anlaşılmaktadır. Alman-Sovyet Harbi sırasındaki muharebelerin yalnızca askeri değil, aynı zamanda Azerbaycan'ın siyasi geleceği açısından da tayin edici olduğu düşüncesi, Azerbaycan'ın temsilcileri tarafından özellikle vurgulanmıştır. Bu bağlamda, Almanya'nın Kafkasya'da elde edeceği muhtemel bir askeri başarının, Azerbaycan'ın kaybettiği bağımsızlığını yeniden kazanmasına imkân sağlayacağı umudu dile getirilmiştir. Azerbaycan'ın temsilcileri, milli hâkimiyetlerini yeniden tesis etme sürecinde

Almanya'nın askeri ve idari desteğine ihtiyaç duyacaklarını açıkça ifade etmiş; bunun yanında Almanya ile yakın bir iş birliği içinde hareket etmeye ve diğer Kafkas cumhuriyetleriyle konfederatif bağlar temelinde şekillenecek bir siyasi yapı içerisinde yer almaya hazır olduklarını da belirtmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 11-12). Dolayısıyla Almanya'nın Sovyetler Birliği'ne karşı yürüttüğü mücadelenin Azerbaycan'ın milli davası ile örtüştüğünü söylemek mümkündür.

Şimali Kafkasyalılar açısından bakıldığında, Alman makamları nezdinde temsil hususunda Türk ve Kafkas milletleri içerisinde nispeten daha zayıf ve dağınık bir durumda olduklarını söylemek mümkündür. Her ne kadar savaş sürecinde işgal altındaki Avrupa ülkelerinden Berlin'e kayda değer sayıda Şimali Kafkasyalı gitmiş olsa da, bu durum siyasi açıdan güçlü ve bütüncül bir temsili oluşmasını sağlayamamıştır. Harp öncesinde Berlin'deki Şimali Kafkasya çevreleri, Haydar Bammat ve taraftarları etrafında toplanmıştır (Andican, 2003, s. 376-379). İkinci Dünya Savaşı sırasında Alman ordularının Şimali Kafkasya'yı işgal etmiş olması, bölgeyi Almanya açısından stratejik bir mesele hâline getirmiştir. Buna rağmen Şimali Kafkasyalı tanınmış siyasi şahsiyetlerin kendi aralarında uzlaşarak ortak bir program etrafında birleşememeleri, Almanya nezdinde etkili bir muhatap olarak ortaya çıkmalarını engellemiştir. Bu durum, daha az tanınan ve ikinci planda kalan bazı şahsiyetlerin ön plana çıkarak milli birlik temelinde bir komite oluşturma ihtimalini gündeme getirmiştir. Genel olarak Şimali Kafkasyalı siyasi çevrelerde, bölgenin geleceğine dair çözüm önerisi olarak Kafkasya Konfederasyonu fikrinin kabul gördüğü anlaşılmaktadır. Ancak bu tezin pratikte siyasi bir birlik ve ortak temsil mekanizmasına dönüştürülememesi, Şimali Kafkasya meselesinin Alman politikaları çerçevesinde güçlü ve tutarlı bir biçimde ele alınmasını zorlaştırmıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 13).

Kırım'ın temsilcilerine bakıldığında, İkinci Dünya Savaşı sürecinde hem Avrupa'daki faaliyetleri hem de Kırım'daki teşkilatlanmaları aracılığıyla Kırım meselesini gündemde tutmaya çalıştıkları görülmektedir. Berlin'de, Kırım meselesine ilişkin işleri takip etmek üzere Cafer Seyidahmet Kırimer'in çalışma arkadaşları arasından bir veya iki genç şahsiyetin bulunduğu ve bu kişilerin taleplerini diplomatik ve siyasi çevrelerde temsil etmeye gayret ettikleri anlaşılmaktadır. Kırım'da aynı dönemde "Kırım Komitesi" adıyla bir teşkilatın oluşturulduğu görülmektedir. Bu komitenin faaliyet alanı ağırlıklı olarak Kırım'ın milli ve kültürel davası idi. Dolayısıyla siyasi taleplerden ziyade kültürel kimliğin korunması ve geliştirilmesi ön planda tutulmaktaydı. Komite tarafından yayımlanan "Azad Kırım Gazetesi", başlangıçta Rus alfabesiyle neşredilmiş, ilerleyen süreçte ise Latin harflerine geçiş sağlanmıştır

(TDA, 571/35357-138976-1, 14). Bu değişim, hem kimlik vurgusu hem de dönemin siyasi ve kültürel yönelimleri açısından dikkate değer bir gelişme olarak değerlendirilmektedir. Kırım'ın savaş sonrası alacağı siyasi statü, Kırım'ın temsilcileri açısından müstakil bir sorun alanı olarak ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda, Kırım'ın Ukrayna'ya bağlanmaması yönünde yoğun çaba sarf edildiği ve bu girişimlerin başarıya ulaşmasının muhtemel görüldüğü anlaşılmaktadır. Bununla birlikte Alman makamları tarafından Kırım'da Türk nüfusun demografik bakımdan çoğunluk teşkil etmediği yönünde bazı değerlendirmelerin yapılması, Kırım'ın siyasi geleceğine dair karar süreçlerinde belirleyici unsurlardan biri olmuştur. (TDA, 571/35357-138976-1, 14-).

Türkistan açısından bakıldığında, Türkistan'ın temsilcilerinin İkinci Dünya Savaşı sürecinde büyük ölçüde Berlin merkezli faaliyetler yürüttüğü ve bu faaliyetlerin yürütülmesinde Veli Kayyum Han'ın belirleyici bir rol üstlendiği görülmektedir. Eğitimini Berlin'de tamamlamış olan Kayyum Han, Alman resmi makamları nezdinde kayda değer bir itibara sahip olmakla birlikte siyasi temsil açısından genel anlamda tek başına hareket etmek durumunda kalmıştır. Kayyum Han'ın faaliyetlerini ağırlıklı olarak, Almanların elinde bulunan Türkistanlı savaş esirleri arasından seçilen gençler üzerinden yürüttüğü görülmektedir. Bu çerçevede oluşturulan Türkistan lejyonları için çıkarılan süreli yayınlarda, Türkistan'ın bağımsızlığı fikrinin açık şekilde savunulduğunu belirtmek gerekmektedir. Bunların yanı sıra Veli Kayyum Han'ın başkanlığında bir "Türkistan Komitesi" kurulmasına yönelik girişimler de gündeme gelmiştir. Türk Diplomatik Arşiv belgelerinden edinilen bilgilere göre Türkistan'ın temsilcileri, siyasi şahsiyetler açısından kadro ve liderlik bakımından zayıf bir görünüme sahip olsa da Türkistan meselesinin objektif şartlar itibarıyla diğer bazı milli hareketlere ve taleplere kıyasla daha elverişli bir konumda bulunduğunu ifade etmek mümkündür. Bu bağlamda Türkistan'ın bağımsızlığı, yalnızca teorik bir hedef olmaktan çıkarak fiili ve siyasi bir proje olarak ele alınmaya çalışılmıştır. Nitekim mevcudunun 100.000 kişiyi aşmış olduğu belirtilen Türkistan lejyonunun, bir kolordu teşkilatı hâlinde düzenlenerek müttefik bir ordu statüsünde değerlendirilmesi, Alman makamları ile müzakere konusu olmuştur. Bu girişim Almanların askeri ihtiyaçları ile Türkistan'ın temsilcilerinin bağımsızlık beklentilerinin örtüştüğü bir alanı temsil etmekte olup, Türkistan'ın temsilcilerinin taleplerinin Alman politikaları çerçevesinde daha somut ve stratejik bir mahiyet kazandığını göstermesi açısından önem arz etmektedir (TDA, 571/35357-138976-1, 14).

Savaş sırasında Ermenilerin taleplerine bakıldığında, Ermenilerin Berlin'de Taşnaksütyun Partisine mensup kişiler tarafından temsil edildiği görülmektedir. Ermenilerin Alman makamları ile temasları siyasi açıdan genel itibarıyla bütüncül ve örgütlü bir görünüm arz

etmekte olup, Taşnaksütyun Partisine ciddi bir rakip teşkil edecek alternatif bir yapılanmanın bulunmadığı anlaşılmaktadır. Londra ve Paris'te olduğu gibi Berlin'de de ilmi ve içtimai müesseseler aracılığıyla milli davalarını sistemli ve etkili bir şekilde gündeme taşıdıkları görülmektedir. Bu kapsamda Berlin'de yaklaşık yüz yıllık bir Ermeni enstitüsünün varlığı ile uzun süredir faaliyet gösteren Alman-Ermeni Cemiyeti, Ermenilerin taleplerinin dile getirilmesinde ve karşılık bulmasında önemli bir rol oynamıştır. Bunların yanı sıra Alman makamları ile temas hâlinde bulunan çok sayıda Ermeni ilim, sanat ve ticaret adamının varlığı da bilinmektedir. Bu kapsamda “Ermeni Milli Komitesi” teşkil edilmiş ve komite, Ermenilerin taleplerini Alman makamlarına iletmiştir. Ermeni temsilcilerinin de genel anlamda Kafkasya Federasyonu fikrine sıcak baktığı anlaşılmaktadır. Fakat bazı Ermeni gruplarının Mısır'da İngilizler ile temas hâlinde olması, Alman makamlarının Ermenilere yaklaşımında temkinli bir politika izlemelerine yol açmıştır. Dolayısıyla Ermeni temsilcilerinin sözü edilen tutumu, Alman makamları tarafından stratejik belirsizlik unsuru taşıyan bir konu olarak ele alınmış ve bu doğrultuda Ermeni temsilcilerinin taleplerine mesafeli yaklaşılmıştır (TDA, 571/35357-138976-1, 15).

İkinci Dünya Savaşı sürecinde Alman makamlarının temas kurduğu Kafkasya milletlerinden biri olan Gürcülerin talepleri, milli Gürcü davasını uzun süre temsil etmiş olan Gürcistan Demokratik Cumhuriyeti Hükümeti eski başkanı Neo Jordania tarafından dile getirilmekteydi. Bunun yanında Jordania grubuna muhalif olan Gürcü milliyetçileri Berlin'de sayısal üstünlüğü ellerinde bulundurmuş, fakat kendi içlerinde birlik sağlayamamıştır. Her ne kadar farklı gruplara ayrılırsalar da Berlin'de Gürcü milli davasını sürdürmeye çalışmışlardır. Berlin'deki Gürcü varlığının yalnızca siyasi gruplarla sınırlı kalmadığı görülmektedir. Berlin'de bulunan Gürcüler yapıları gereği girişken olduklarından siyasi ve entelektüel çevrelere nüfuz etme potansiyeli de taşımaktaydı. Bu sayede Gürcü milli davasının ve dolayısıyla Gürcü taleplerinin Alman kamuoyunda gündemde tutulmasını sağlamışlardır. Hatta zaman zaman, Kafkasya'nın Gürcistan merkezli olarak algılanması gerektiği yönünde ileri sürdükleri görüşleri, abartılı bir söylemle kamuoyuna telkin etmeye çalışmışlardır (TDA, 571/35357-138976-1, 15-16). Bu kapsamda Almanya'da yükseköğrenim görmüş ve sonrasında Alman vatandaşlığına geçmiş bazı Gürcü entelektüeller de dikkat çekmiştir. Bunlar arasında özellikle Gürcü asıllı Profesör Aleksandr Nikuradze Alman vatandaşlığını kazandıktan sonra Nasyonal Sosyalist Alman İşçi Partisine katılmış; Alfred Rosenberg'in başında bulunduğu Şark Nezareti nezdinde güven kazanarak Kafkasya meseleleri üzerinde etkili bir konuma yükselmiştir (TDA, 571/35357-138976-1, 16).

İkinci Dünya Savaşı sürecinde Azerbaycan ve Ermenistan komitelerine benzer şekilde Berlin’de yeni bir Gürcistan komitesi de teşkil edilmiştir. Prof. Mihail Tsereteli başkanlığındaki bu komite, Alman hükûmetine sunduğu bir beyanname ile taleplerini bildirmiştir. Bununla birlikte Alman makamlarının yönlendirmesi doğrultusunda, söz konusu beyannamede Gürcistan’ın istiklâl talebi açık ve net bir biçimde ifade edilmemiş; bunun yerine, “yirmi yıldır Komünist rejim ve idaresine karşı sürdürülen mücadelenin ruhu ve gayesi” gibi dolaylı ifadeler tercih edilmiştir. Bu belirsiz yaklaşım, Alman yetkililer tarafından memnuniyetle karşılanmıştır. Nitekim benzer bir yaklaşımın Azerbaycan temsilcileri tarafından da benimsenmesi Almanlar tarafından talep edilmiş; ancak Mehmet Emin Resulzade Bey’in ısrarı neticesinde Azerbaycan beyannamesinde “tam istiklâl” fikri açıkça yer almıştır. Tsereteli başkanlığındaki Gürcistan komitesi, Gürcü kamuoyunun yalnızca bir bölümünü temsil edebilmiştir. Noe Jordania ve taraftarları bu yapının dışında bırakılmış, Alman hükûmeti bu grupla iş birliğine gitmek istememiştir. Her ne kadar Jordania grubu, Almanya ile uzlaşmaya ve ortak hareket etmeye hazır olduklarını Alman Hariciye Nezaretine sundukları bir muhtıra ile bildirmiş olsa da bu girişim karşılık bulmamıştır. Genel anlamda Kafkasya’da konfederatif bir yapının oluşturulmasını kabul etmekteydiler (TDA, 571/35357-138976-1, 16-17).

Türk Diplomatik Arşiv belgelerindeki bilgilerden hareketle İkinci Dünya Savaşı sırasında Alman makamlarının Türk ve diğer Kafkas milletleriyle tam ve sürdürülebilir bir iş birliği kuramamasının temel nedeni, Alman politikasının bu milletleri bağımsız siyasi aktörler olarak değil, Sovyetler Birliği’ne karşı yürütülen savaşta araçsal ve geçici unsurlar olarak değerlendirmesi olarak ifade edilebilir. Alman makamları, Türk ve Kafkas çevreleriyle temas kurmakla birlikte bu grupların milli istiklâl taleplerini açık biçimde tanımaktan ve garanti altına almaktan özellikle kaçınmış, taleplerin açık ve net olmayan ifadelerle dile getirilmesini tercih etmiştir. Buna karşılık, Türk ve Kafkas temsilcileri milli hedeflerini açıkça ortaya koyma konusunda ısrarcı olmuş; bu durum Alman beklentileriyle yerel aktörlerin amaçları arasında kalıcı bir iş birliğinin kurulmasını engellemiştir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

İkinci Dünya Savaşı sürecinde Almanya’nın Sovyetler Birliği’nden ele geçirdiği bölgelerde yaşayan milletlere yönelik politikaları, askeri üstünlüğün tek başına kalıcı bir siyasi sonuç üretmeye yetmediğini açık biçimde ortaya koymaktadır. Alman makamları, savaşın özellikle ilk safhasında Rus olmayan milletleri, Sovyet rejimine karşı harekete geçirebilecek önemli bir potansiyel güç olarak değerlendirmiş; Türk ve Kafkas topluluklarını propaganda, psikolojik harp ve askeri organizasyonlar yoluyla kendi stratejik hedefleri doğrultusunda seferber etmeye

çalışmıştır. Ancak Türk Diplomatik Arşiv belgelerinin de açıkça gösterdiği üzere, bu yaklaşım tutarlı, bağlayıcı ve uzun vadeli bir siyasi programa dayanmadığından, Almanya açısından beklenen sonuçları doğurmamıştır.

Almanya'nın milliyetler politikasındaki temel sorun, söz konusu milletleri bağımsız siyasi özne olarak tanımaktan kaçınması ve onları Sovyetler Birliği'ne karşı yürütülen savaşın geçici araçları olarak görmesi olarak ifade edilebilir. Türk ve Kafkas temsilcileri, Almanya ile iş birliğine açık olmakla birlikte bu iş birliğinin genel anlamda milli hâkimiyet ve istiklâlin açık biçimde tanınması şartıyla mümkün olabileceğini ısrarla vurgulamıştır. Buna karşılık Alman makamları, bağımsızlık taleplerinin belirgin olmayan ifadelerle sınırlandırılmasını tercih etmiş; bu durum taraflar arasında derin bir güvensizlik zemini oluşturmuştur. Alman kurumları arasındaki rekabet, yetki çatışmaları ve birbirinden farklı politika önerileri, bu güvensizliği daha da pekiştirmiştir.

Ruslar açısından bakıldığında ise Almanya'nın başarısızlığı daha belirgin bir nitelik taşımaktadır. Alman propagandasının savaşın Ruslara değil Bolşevik rejimine ve Yahudilere karşı yürütüldüğü yönündeki söylemi, Rus kamuoyunda karşılık bulmamış; aksine Alman tehdidi, doğrudan Rus kimliğine ve tarihsel hâkimiyet anlayışına yönelmiş bir saldırı olarak algılanmıştır. Bolşevik yönetim, Sovyet vatanseverliği ile Çarlık döneminden devralınan Rus milliyetçi geleneklerini başarılı biçimde birleştirerek, Alman ilerleyişini “milli varoluş mücadelesi” çerçevesinde sunmayı başarmıştır. Bu durum, Almanların Rus kitlelerini kazanma yönündeki tüm çabalarını etkisiz kılmıştır.

Türk ve Kafkas milletleri bağlamında ise tablo daha karmaşık bir görünüm arz etmektedir. Azerbaycan'ın temsilcileri başta olmak üzere bazı gruplar, daha örgütlü ve net taleplerle Alman makamları nezdinde görece daha görünür bir konum elde etmiş; Gürcüler ise entelektüel ve kurumsal temaslar aracılığıyla kamuoyu oluşturma konusunda öne çıkmıştır.

Türk Diplomatik Arşiv belgeleri esas alınarak yapılan bu çalışma, Almanya'nın politikalarının bütüncül ve tutarlı bir “milliyetler siyaseti”nden ziyade savaşın seyrine bağlı olarak şekillenen pragmatik ve geçici düzenlemelere dayanan bir politika izlediğini göstermektedir. Almanların teknik ve askeri üstünlüklerine rağmen, milliyetler meselesinde siyasi olgunluk sergileyememeleri, Sovyetler Birliği içindeki milletleri kalıcı bir biçimde kendi saflarına çekmelerini engellemiştir. Dolayısıyla Alman-Sovyet Harbi, yalnızca cephe hattında değil, milliyetler meselesi bağlamında da Almanya açısından önemli bir başarısızlık alanı olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

Arşiv Belgeleri

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı Devlet Arşivleri Başkanlığı Dışişleri Bakanlığı Türk Diplomatik Arşivi (TDA)

Araştırma ve İnceleme Eserleri

- Alexiev, A. (1982). *Soviet nationalities in German wartime strategy, 1941-1945*. The Rand corporation.
- Andican, A. A. (2003). *Cedidizmden bağımsızlığa hariçte Türkistan mücadelesi*. Ötüken neşriyat.
- Booth, O., Walton, J. (2023). *İkinci Dünya Savaşı tarihi*. Çev. S. Uygur, Kronik kitap.
- Çakıcı, N. Almanya'nın Sovyetler Birliği'ne saldırısı sırasında Türkiye Cumhuriyeti Moskova Büyükelçiliğinin durumu ve faaliyetleri (1941-1943). *Karadeniz Araştırmaları Enstitüsü Dergisi*, 10(22), 397-416.
- Derman Saynur, D. (2016). II. Dünya Savaşı'nda Kırım Türklerinin siyasi faaliyetleri. İçinde N. Sarıahmetoğlu, İ. Kemaloğlu (Yay. Haz.), *İkinci Dünya Savaşı ve Türk dünyası* (ss. 27-60). TDBB yayınları.
- Güzay, A. (2023). Kafkasya'da Alman işgali ve propagandası (1942-1943). *Genel Türk Tarihi Araştırmaları Dergisi*, Türkiye Cumhuriyeti'nin 100. Yılı Özel Sayısı, 395-408.
- Güzay, A. (2024). Almanya-Sovyetler Birliği kıskacında Kafkasya'nın bağımsızlık meselesi (1941-1943). *Karadeniz Araştırmaları*, 21(82), 521-538.
- Keegan, J. (2019). *İkinci Dünya Savaşı*. Çev. S. Öksüz, Say yayınları.
- Kissinger, H. (2016). *Diplomasi*. Çev. İ. H. Kurt, TİBK yayınları.
- Kumru, C. (2019). Gamalı haç ile kızıl yıldız arasında Türkistanlı askerler. İçinde M. Altunkaya, K. Demir, D. Çakıcı (Ed.), *Türk Alman İlişkilerine Farklı Disiplinlerden Bakış* (ss. 241-254), Palet yayınları.
- Mazower, M. (2010). *Hitler İmparatorluğu işgal Avrupa'sında Nazi yönetimi*. Çev. Yavuz Alogan, Alfa yayınları.
- McNab, C. (2019). *SS Teşkilatı Hitler'in elit ordusu 1939-1945*. Çev. B. Uzunköprü, Timaş yayınları.
- Rosen, R. F. V. (2023). *Panzer Ası Barbarossa'dan Normandiya'ya bir Alman tank komutanının anıları*. Çev. A. K. Cerit, Kronik kitap.
- Snyder, T. (2022). *Kanlı topraklar Hitler ve Stalin arasında kapana kısılan Avrupa*. Çev. Ş. Turan, Salon yayınları.
- Tavkul, U. (2016). II. Dünya Savaşı'nda Kafkasya. İçinde N. Sarıahmetoğlu, İ. Kemaloğlu (Yay. Haz.), *İkinci Dünya Savaşı ve Türk Dünyası* (ss. 77-94). TDBB yayınları.

CUMHURBAŞKANI CEVDET SUNAY'IN BATI ALMANYA ZİYARETİ**Prof. Dr. Bahattin DEMİRTAŞ**Ankara Hacı Bayram Veli University, Polatlı Faculty of Arts and Sciences, Department of History,
Polatlı, Ankara**ORCID:** 000-0001-8452-0019**ÖZET**

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay'ın Batı Almanya ziyareti, 19-25 Ekim 1970 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş ve Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin geliştirilmesi açısından önemli bir diplomatik adım olmuştur. Ziyaret, iki ülke arasında özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında hız kazanan siyasi, ekonomik ve askerî iş birliğinin pekiştirilmesini amaçlamıştır. Cumhurbaşkanı Sunay, Federal Almanya Cumhurbaşkanı Gustav Heinemann başta olmak üzere üst düzey devlet yetkilileriyle görüşmeler yapmıştır. Görüşmelerde NATO çerçevesindeki ortak savunma anlayışı, Avrupa'daki güvenlik dengeleri ve Türkiye'nin Batı ittifakı içindeki yeri ele alınmıştır. Bunun yanı sıra ekonomik ilişkiler, ticaret hacminin artırılması ve sanayi alanında iş birliği konuları gündeme gelmiştir. Ziyaretin önemli başlıklarından biri de Batı Almanya'da çalışan Türk işçilerin durumu olmuştur. Sunay, Türk işçilerin sosyal hakları, çalışma koşulları ve uyum süreçleriyle ilgili değerlendirmelerde bulunmuş, iki ülke arasında bu alandaki iş birliğinin sürdürülmesinin önemini vurgulamıştır. Cevdet Sunay'ın Batı Almanya ziyareti, Türkiye'nin Avrupa ile ilişkilerini güçlendirme politikasının bir parçası olarak değerlendirilmiş ve karşılıklı dostluk mesajlarıyla sona ermiştir. Ziyaret, 1970'li yıllarda Türkiye'nin dış politikada Batı ile dengeli ilişkiler kurma çabasını yansıtan önemli bir diplomatik temas olarak tarihe geçmiştir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Cevdet Sunay, Batı Almanya, ziyaret**PRESIDENT CEVDET SUNAY'S VISIT TO WEST GERMANY****ABSTRACT**

President Cevdet Sunay's visit to West Germany took place between 19 and 25 October 1970 and constituted an important diplomatic step in strengthening relations between Turkey and West Germany. The visit aimed to consolidate the political, economic, and military cooperation between the two countries, which had accelerated particularly in the period following the Second World War. During the visit, President Sunay held meetings with senior state officials, foremost among them Federal President Gustav Heinemann.

The discussions focused on the shared understanding of defense within the framework of NATO, security balances in Europe, and Turkey's position within the Western alliance. In addition, economic relations, the expansion of trade volume, and cooperation in the field of industry were also addressed. One of the significant aspects of the visit was the situation of Turkish workers employed in West Germany. Sunay evaluated issues concerning the social

rights, working conditions, and integration processes of Turkish workers, emphasizing the importance of continued cooperation between the two countries in this area.

President Cevdet Sunay's visit to West Germany was regarded as part of Turkey's policy of strengthening its relations with Europe and concluded with mutual messages of friendship. The visit went down in history as an important diplomatic engagement reflecting Turkey's efforts in the 1970s to establish balanced relations with the West in its foreign policy.

Keywords: Turkey, Cevdet Sunay, West Germany, visit

GİRİŞ

Türkiye ile Batı Almanya (Federal Almanya Cumhuriyeti) arasındaki ilişkiler, II. Dünya Savaşı sonrasında şekillenen uluslararası sistemin dinamikleri çerçevesinde gelişmiş ve özellikle Soğuk Savaş yıllarında stratejik, ekonomik ve toplumsal boyutlar kazanmıştır. Her iki ülke de savaş sonrası dönemde Batı Bloku içerisinde yer almış, bu durum ikili ilişkilerin hızla kurumsallaşmasına zemin hazırlamıştır.

II. Dünya Savaşı sonrasında Almanya'nın ikiye bölünmesiyle 1949 yılında kurulan Batı Almanya, kısa sürede Batı Avrupa'nın ekonomik ve siyasal açıdan en önemli aktörlerinden biri hâline gelmiştir. Türkiye ise 1945 sonrasında çok partili hayata geçerek Batı dünyasıyla bütünleşme politikasını benimsemiş, bu doğrultuda hem Avrupa ülkeleriyle hem de ABD ile yakın ilişkiler kurmuştur. Türkiye'nin 1952'de NATO'ya üye olması, Batı Almanya ile ilişkilerin güvenlik ve savunma alanlarında da derinleşmesini sağlamıştır.

1950'li yıllarda Türkiye-Batı Almanya ilişkileri ağırlıklı olarak diplomatik ve ekonomik iş birliği çerçevesinde gelişmiştir. Batı Almanya, savaş sonrası yeniden yapılanma sürecinde hızla büyüyen ekonomisiyle Türkiye için önemli bir ticaret ortağı hâline gelmiştir. Alman firmalarının Türkiye'deki altyapı, sanayi ve teknik yatırımları bu dönemde artış göstermiştir. Aynı zamanda Türkiye, Batı Almanya'dan teknoloji ve sanayi ürünleri ithal ederken; tarım ürünleri ve hammaddeler ihraç etmiştir.

1960'lı yıllar ise Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinde yeni bir dönüm noktası oluşturmıştır. 1961 yılında imzalanan İşgücü Anlaşması, ikili ilişkilerin yalnızca devletlerarası değil, toplumsal bir boyut kazanmasına yol açmıştır. Batı Almanya'nın hızla büyüyen sanayisi için ihtiyaç duyduğu iş gücünün bir kısmı Türkiye'den sağlanmış, bu süreçte yüz binlerce Türk vatandaşı "misafir işçi" olarak Batı Almanya'ya göç etmiştir. Bu gelişme, iki ülke arasındaki ilişkileri uzun vadeli ve çok katmanlı hâle getirmiştir.

Siyasal alanda ise Türkiye ve Batı Almanya, Soğuk Savaş koşullarında Sovyet tehdidine karşı ortak güvenlik anlayışı çerçevesinde hareket etmiştir. Batı Almanya, Türkiye'nin Avrupa ile

bütünleşme çabalarını genel olarak desteklemiş; Türkiye'nin Avrupa Ekonomik Topluluğu ile 1963 Ankara Anlaşması'nı imzalamasını olumlu karşılamıştır. Bu dönemde yapılan karşılıklı üst düzey ziyaretler, ilişkilerin kurumsal bir zemine oturduğunu göstermektedir.

1960'ların sonuna gelindiğinde Türkiye-Batı Almanya ilişkileri, ekonomik iş birliği, savunma alanındaki ortaklık ve işçi göçü ekseninde sağlam bir yapı kazanmıştır. Ancak Batı Almanya'daki Türk işçilerin sosyal uyum sorunları ve Türkiye'deki siyasi istikrarsızlıklar, ilişkilerin ilerleyen yıllarda daha karmaşık bir hâl alacağını da işaretlerini vermiştir.

Sonuç olarak 1970'e kadar olan dönemde Türkiye-Batı Almanya ilişkileri, karşılıklı çıkarlar temelinde gelişmiş; Soğuk Savaş'ın belirleyici etkisi altında siyasi, ekonomik ve toplumsal boyutlarıyla derinleşmiştir. Bu dönem, iki ülke arasındaki ilişkilerin sonraki yıllarda kazanacağı çok yönlü yapının temelini oluşturmuştur.

ZİYARET ÖNCESİ DURUM

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, beş günlük resmi bir ziyaret için Federal Almanya'ya gitmesi planlanmıştır. Cumhurbaşkanı Sunay'ın Batı Almanya gezisi, olumlu yolda ilerleyen Ankara-Bonn ilişkilerini daha da verimli hale getirmesi arzulanmıştır. O.E.C.D. Türkiye Konsorsiyumu çerçevesi dâhilinde her yıl milyonlarca marklık kredi veren Bonn, ayrıca Ortak Pazar Yatırım Bankası aracılığı ile de Batı Anadolu'daki bazı projelerin finansmanına katılmıştır. Dünya Bankası, Uluslararası Para Fonu, Birleşmiş Milletlerin çeşitli kolları ve nihayet NATO'da, Türkiye'ye verilen Alman yardımına aracılık etmiştir. Türk dış ticaretinde de Batı Almanya, o yıllarda ABD'nin yerini almakta, ikincilikten birinciliğe geçmeye başlamıştır. Almanya'daki Türk işçileri ise, ana döviz kaynaklarından birini meydana getirmekte yine Türk öğrencileri de Türk-Alman kültür ortaklığının uygulayıcılığını yapmışlardır (Cumhuriyet, 19 Ekim 1970).⁶

⁶ "Cumhurbaşkanı Sunay'ın 19-24 Ekim 1970 tarihleri arasında Federal Almanya'ya yapacağı ziyaret sırasında, Almanya ile Türkiye arasında Almanya'nın Türkiye'ye Amerikan C-130 tipi nakliye uçaklarından çok daha geliştirilmiş olan Transal uçakları vermesi konusunda devam eden çalışmalar tamamlanmak üzeredir. İlgililer, uçak adedinin tespit edilmediğini, ancak bu sayının on iki olacağını sandıklarını belirtmişlerdi. 95 tam donatımlı er alabilen uçaklar C-130'lardan daha geliştirilmiş olup, fiyatları da daha yüksektir (Cumhuriyet, 14 Ekim 1970). Öte yandan 80 milyon marklık Alman askeri yardımını 100 milyona çıkarmayı öngören hükümet tasarısı da, Bundestag'da (Federal Meclis) komisyonlarda görüşülmektedir. Bu arada koalisyonun büyük kanadını meydana getiren Sosyal Demokrat Partisi milletvekillerinin yardımın 100 milyondan 200 milyona çıkarılması yolunda teklifler yaptıkları öğrenilmiştir. Bu milletvekillerine göre, Türkiye savunmasının önemi F. Almanya için gün gittikçe artmakta ve ABD'den boşalan yerin doldurulması gerekmektedir. Almanların vereceği uçakların normal bedellerinin altında ve askeri yardım fonu içinde sayılabilmesi için prensip anlaşmasına varılmıştır" (Cumhuriyet, 14 Ekim 1970).

"Sunay'ın ziyareti sırasında ayrıca Federal Alman hükümetinin daha önce bu ülkeye turist pasaportuyla gelen ve işçiliği engellenen Türk vatandaşları için bir af çıkarması beklenmektedir. Federal Almanya'nın işçiler için özel bir pasaport verilmesini talep etmesi de beklenmektedir" (Cumhuriyet, 14 Ekim 1970).

"Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay'ın 19 Ekim 1970 günü Almanya'ya yapacağı ziyaret sırasında Türk öğrencilerinin lideri Hakkı Keskin hakkında alınan Türk vatandaşlığından çıkartma kararını protesto mitinglerinin düzenleneceği istihbaratının Dışişleri Bakanlığına gelmesi üzerine Bakanlık, Almanlara başvurarak gerekli güvenlik tedbirlerinin

İki ülke arasındaki temaslar, ilişkilerin yoğunluğuna paralel bir süreçte işlemiştir. Nitekim 1968’de eski Başbakan Kiesinger Türkiye’ye gelmiş, O’nu 1969 Mayıs’ında zamanın Dışişleri Bakanı ve şimdiki Başbakan Brandt izlemiştir. Batı Almanya’ya Türkiye tarafından da ziyaretler de fazladır. Sık sık tetkik gezisine giden Türk bakanlardan başka, Başbakan Süleyman Demirel de o günlerde bir ziyarette bulunmuştur. İş bu kadarla kalmamakta, bazı parti liderleri seçim bölgelerini gezer gibi Batı Almanya’ya gitmişlerdir. Türkiye’nin 69. vilayeti unvanının Münich’e verildiği düşünülünce, bu ziyaretler de kolayca anlaşılabilmiştir. Ve ilk defa Cumhurbaşkanı Sunay ile bir yurt dışı geziye çıkacak parti lideri unvanını kazanan Güven Partili Turhan Feyzioğlu olmuştur. Bu yönlerden bakıldığı zaman Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay’ın Almanya’da hiç yadırgamayacağı bir ortama gireceği öngörülmüştür (Cumhuriyet, 19 Ekim 1970).

Cevdet Sunay’ın Batı Almanya gezisi dolayısıyla ortaya çıkan bir kötü ihtimal, Danıştay’ın aldığı son yürütmeyi durdurma kararı ile hafiflemiştir. Almanya’daki Türk Öğrenci Birliği Başkanı Hakkı Keskin’i vatandaşlıktan çıkartan Bakanlar Kurulu kararı, Danıştay’ca durdurulmuştur. Bu bakımdan o günlerde yapılacağı bildiriden protesto gösterilerinin çapının küçüleceği ümidi beslenmiştir (Cumhuriyet, 19 Ekim 1970).

Cevdet Sunay’ın gezisi, kamuoyunda bir devlet başkanı tarafından yapılan bütün diğer dostluk ziyaretleri gibi yararlı olarak değerlendirilmiştir (Cumhuriyet, 19 Ekim 1970).

CEVDET SUNAY ALMANYA’DA

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, Federal Almanya’ya 5 günlük resmi ziyarette bulunmak üzere, 19 Ekim günü saat 12.00’de uçakla Köln’e gitmiş, Alman Cumhurbaşkanı Dr. Güstav Heinemann ve Dışişleri Bakanı Walter Schell tarafından, askeri törenle karşılanmıştır. Köln’de; ellerinde Türk ve Alman bayrakları bulunan öğrenci, işçi ve mehter takımı, Sunay’a sevgi gösterilerinde bulunmuştur. Alman tarihinde ilk kez 4 jet tarafından Alman semalarında karşılanan Sunay ve Heinemann arasındaki ikili görüşmeler, aynı gün Bonn’da başlamıştır. Müzakerelerde, özellikle iki ülke arasındaki ekonomik ve askeri ilişkilerle Türk işçilerinin durumu üzerinde durulmuştur. Görüşmeler, ertesi gün Dışişleri Bakanı İhsan Sabri Çağlayangil ile Alman Dışişleri Bakanı Schell arasında sürdürülmüştür (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Alman Cumhurbaşkanı Heinemann, Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay ve eşi onuruna 19 Ekim akşamı Cumhurbaşkanlığı sarayı salonlarında bir kabul resmi düzenlemiş ve yaptığı konuşmada, Türk işçilerini överek, onların karşılaştığı her türlü güçlüğü yenmeye gayret

alınmasını istemiştir. Almanya’nın da isteğe uyarak bazı öğrenci liderlerini göz hapsinde tutmaya başladığı öğrenilmiştir” (Cumhuriyet, 17 Ekim 1970).

ettiklerini söylemiştir. Heinemann, bu arada, “Elimizden geldiği kadar yardım edeceğimiz, bizim için tabiidir” demiştir (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Sunay da, sayıları 353 bini bulan Türk işçilerinin iki ülke arasındaki bağları kuvvetlendirdiğini, Türkiye’nin bütün kaynakları ve işgücünü seferber ederek demokrasiden fedakârlık etmeden büyük bir kalkınma hamlesi içinde bulunduğunu belirtmiş, “Almanya’nın gösterdiği yakınlığı şükranla karşıladığımızı” söylemiştir (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Yemekten sonra, ünlü Beethoven Salonunda Cumhurbaşkanı Sunay onuruna bir konser verilmiş, bir Türk bestecinin de eseri çalınmıştır. Sunay, ertesi gün Essen’de Krupp sanayi tesislerinde incelemelerde bulunmuştur (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Gazeteci Mehmet Barlas Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay’ın Batı Almanya gezisi ile ilgili olarak köşesinde yazdığı yazıda şu cümleleri sarfetmiştir: “Batı Alman Cumhurbaşkanı Heinemann’ın davetlisi olarak dün ziyaretini başlatan Sayın Sunay, ev sahibinin kişiliği yönünden de tatminkâr sonuçlar alacaktır. Gustav Heinemann, tesadüfen devlet başkanlığı ele geçirmiş politikacılardan çok farklı bir kimsedir. Sadece devlet adamlığının değil, aydın bir insan olmanın bütün gereklerini de kendisinde toplamaktadır. 5 Mart 1969’da Cumhurbaşkanlığına seçilen ve daha önce de koalisyon hükûmetine Adalet Bakanlığı yapmış Heinemann, bütün dünyada ileri fikirleri ile tanınmıştır. Seçilişini izleyen günlerdeki gazete koleksiyonlarını ve arşivlerimizi karıştırdığımız zaman, Heinemann’ın ilgi çekici demeçlerine rastladık. Bunlardan bölümler vererek, Sayın Sunay’ın meslektaş Heinemann ile ne kadar yararlı diyaloglara girebileceğini gösterelim: Heinemann, 1969 Mart ayı başında “Stuttgarter Zeitung” muhabirine şunları söylemiştir: “Batı Almanya’nın NATO üyeliği dış politikamızın nihai gayesi olmamalıdır. Prensip, bloklar sisteminin terkedilmesini kabullenmeliyiz...” 7 Mart 1969 tarihli “Washington Post” gazetesi de, Heinemann’a başkanlığı dolayısıyla alacağı madalyalar ve benzeri şeyler hakkındaki fikrini sormuştur. 70 yaşındaki Heinemann’ın cevabı şöyledir: “Beş ayrı rejim içinde yaşadım. Kayzer’in devleti, Weimar Cumhuriyeti, Hitlerciler, işgal ve şimdiki rejim. Bunlardan hiçbir nişan kabul etmedim ve bundan sonra da nişansız yaşayabilirim.” (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Heinemann’ın Adalet Bakanlığı’da, yukarıdaki demeçlerine paralel bir uygulama ile süslenmiştir. Özellikle topluma başkaldıran gençlerin cezalandırılması yerine, aksaklıkların giderilmesi noktasından hareket etmiştir. Ceza Kanununun reformunu hazırlamış “önleyici tevkif” sistemine karşı çıkmıştır. Brandt’ın Doğu politikasında sağladığı başarıda, Heinemann’ın desteği büyük ölçüde yardımcı olmuştur. Heinemann’ın kişiliği bu şekilde düşünülünce, Sunay için gezinin daha da yararlı geçeceği görülmektedir. Eğer Sunay Batı

Almanya'ya 1,5 yıl önce gitmiş olsaydı, karşısında Cumhurbaşkanı olarak Lübke'yi bulacaktır. Kırdığı potlar vatandaşları tarafından hâlâ anlatılan, itimatname sunan elçilerin ülkelerini şaşırıp temsil etmedikleri devlet başkanlarının sıhhatini soran Lubke, herhalde Sunay'ın gezisini biraz sıkıntılı kılacaktı. Hâlbuki şimdi, Sunay ve Heinemann, partiler üstü kişiliğe sahip iki aydın lider olarak çeşitli dünya sorunlarını ve kendi ülkelerinin problemlerini görüşebileceklerdir. Eski asker Sunay, karşısında Alman olduğu halde Prusya geleneğine karşı çıkan bir lider bulmanın kıymetini umarız ki bilecek ve meslektaşları ile uzun uzun konuşacaktır.” (Cumhuriyet, 20 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı 20 Ekim günü Bonn şehrinin “Altın Kitap”ını imzalamış, daha sonra Başbakan Willy Brandt ile görüşmüştür. Bundan sonra Essen’de Türk işçileri ve bazı fabrikaları gezen Sunay, Federal Almanya Cumhurbaşkanı Heinemann şerefine bir yemek vermiştir. Sunay’dan sonra konuşan Heinemann, “İnşa tarzı Alman umumi efkârında haklı olarak çok övülen ve takdir edilen Büyükelçiliğiniz binasını da görmekten büyük zevk duymaktayım” demiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Sunay’ın kaldığı Tulpenfeld Otelinde büyük güvenlik önlemleri alınmıştır. Polis köpekleri ve çok sayıda polis, otelin etrafında güvenliği kontrol altında bulundurmıştır (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay’ın Batı Almanya’yı ziyaretinin ikinci gününde Avrupa’daki Türk Öğrencileri Federasyonu Yönetim Kurulu kendisi ile bir görüşme yapmış ve Cumhurbaşkanı’na iki muhtıra vererek Hakkı Keskin’in vatandaşlıktan çıkarılması olayı ile Türkiye’de okuyan İranlı öğrencilerin ülkelerine iade edilmelerini kınamıştır. Cumhurbaşkanı Sunay’ın kalmakta olduğu Tulpenfeld Otelinde yapılan görüşme oldukça tartışmalı geçmiştir. Sunay bir ara ATÖF Yönetim Kurulu üyelerine sert bir dille çatarak İranlı öğrencilerin avukatlığını yapmamalarını istemiştir. Türkiye o günlerde Şah Rejimi aleyhinde çalışmalar yapan İranlı öğrencileri Türkiye’den sınır dışı etmiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

ATÖF Yönetim Kurulu yine aynı görüşme sırasında Avrupa’daki Türk öğrenci liderlerinden Hakkı Keskin’in vatandaşlıktan çıkarılmasını kınamıştır. Ancak, Danıştay’ın bu konuda aldığı yürütmeyi durdurma kararı öğrencilerin protestosunu bir ölçüde hafifletmiştir. Bu arada öğrencilerin yürütmekte olduğu “Açlık grevi” gibi davranışlar yer yer devam etmiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

ATÖF yöneticilerinin Cevdet Sunay’a verdikleri muhtırada, Türkiye’nin geleceği ile ilgili endişeler belirtilmiş, antidemokratik gelmeye karşı Generalkurmay Başkanı olarak yazdığı

mektup hatırlatılmış ve “En azından aynı hassasiyeti Cumhurbaşkanı olarak göstermenizi beklemek elbette en tabii hakkımızdır” denilmiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Bildiride Almanya’daki Türk öğrencilerine yapılan baskıdan yakınılmış, “Sizleri böyle bir iktidarla aynı çizgi üstünde görmek istemiyoruz” denilerek, istekler şu şekilde sıralanmıştır (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970):

Anayasaya aykırı gelişmeleri durdurmanız,

Türk halkının varlığına kasteden şeriatçılık, Turancılık gibi gerici akımlarla mücadele etmeniz, Türkiye’nin bağımsızlığı yolunda direktif vermeniz,

Öldürülen işçi ve öğrencilerin katillerinin bulunması yolunda direktif vermeniz,

Danıştay kararına rağmen SAVAK’a teslim edilen İranlı öğrencileri Şir Muhammed’in geri alınması için teşebbüse geçmeniz.

Cevdet Sunay, Türkiye Büyükelçiliğinde Türk işçilerinin Bonn’a gönderdikleri temsilcilerle de görüşmüş, dert ve dileklerini dinlemiştir. Bu arada, bir şemsiye fabrikasında çalışan işçi, kendi eliyle hazırladığı şemsiyeyi Cumhurbaşkanı’na hediye etmiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, Batı Almanya’da NATO’yu öven konuşmalar yaparken, Brüksel’de yer alacak bir NATO toplantısında, ABD afyon ekimi, konusunda Türkiye’ye yeni baskılar yöneltmeye hazırlanmıştır. “Modern Toplumun Sorunları Komitesi” adını taşıyan bu toplantıda, Nikon’ın özel temsilcileri Moyinhan ve F.B.I. yetkilisi İngersoll, NATO Antlaşmasının ikinci maddesine dayanarak, Türkiye’nin afyon üreticilerine karşı tedbir almasını isteyeceklerdir. Bu maddeye göre üyeler, istikrar ve refahı da geliştirmekle yükümlüdürler (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Mehmet Barlas’a göre NATO aracılığı ile ne Türkiye’nin savunması kesinlikle sağlanmış ve ne de refaha kavuşmuştur. “Esnek mukabele” NATO’nun kolerale üyesi olmamız bu durumun ispatıdır. Ama Türk afyon ekicilerine okluk konusunda istikrar sağlamak için elbirliği edildiği mutlaktır. Bizi sevindiren budur mu diyelim?” demiştir (Cumhuriyet, 21 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, 21 Ekim sabahı Bonn’dan Bremen’e gelmiştir. Sunay, Bonn’da iken iki ülke arasında çok önemli görüşmeler yapılmış, bu arada Almanya’da kaçak olarak çalışmakta olan turist Türk işçilerinin bir defaya mahsus olmak üzere affı yolunda büyük ölçüde mutabakata varılmıştır. Brandt, sayıları 40 bini aşan “turist” Türk işçilerinin bir defaya mahsus olmak üzere durumlarının düzeltilmesine çalışılacağını bildirmiştir. Sunay, bu arada masal kahramanı Bremen Mızıkacılarının heykelini ziyaret etmiştir (Cumhuriyet, 22 Ekim 1970).

Öte yandan İhsan Sabri Çağlayangil ile Almanya Dışişleri Bakanı Walter Schell de Türkiye’ye yapılan askeri yardımın 100 milyon Marka (400 milyon TL.) çıkartılması konusunda

anlaşmıştır. Ayrıca Federal Almanya'nın Türkiye'ye vereceği "Transall" nakliye uçaklarının teslimine 1971 yılından itibaren başlanmasını kararlaştırmışlardır (Cumhuriyet, 22 Ekim 1970). Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, Federal Almanya Cumhurbaşkanı Heinemann'ın daveti üzerine beş günlük bir gezi için gittiği Almanya'da temaslar yapmaya devam ederken, bu temasların bir yanı, dost ve müttefik Alman Devletinin resmi çevrelerini kapsamıştır. Öteki yanı ise Almanya'daki Türklerle olan temaslar olmuştur (Cumhuriyet, 22 Ekim 1970).⁷

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, Federal Almanya'yı ziyaretinin son gününde Batı Berlin'i ziyareti sırasında komünizm aleyhtarı dövizlerle karşılanmıştır. Sunay, Hamburg'tan Berlin'e bir Amerikan uçağıyla gelmiş ve burada Berlin Belediye Başkanı ile üç müttefik (ABD, İngiltere, Fransa) komutanı tarafından karşılanmıştır. Berlinliler ve Türk işçileri Sunay'a büyük sevgi gösterilerinde bulunmuştur. Berlin Kur'an Kursu öğrencilerinden meydana gelen sağcı bir grup, gösteri yapmıştır. Grubun elindeki afişler şöyledir: "Kur'an Kursu, kızıl ayaklar altında", "Berlin'deki idareciler, komünistleri neden başımıza bela ediyorsunuz? ", "Kızıl komünistler, Müslümanları zehirliyor, komünist vatandaş istemiyoruz." (Cumhuriyet, 23 Ekim 1970).

Cevdet Sunay, Berlin'in "Altın Defteri"ni imzalamış, şerefine verdiği öğle yemeğinde yaptığı konuşmada, Berlinlilerden "Kahraman" ve "vefakâr" diye söz etmiştir. Bu arada Türk vatandaşlığından çıkarılan Hakkı Keskin, Sunay'la görüşmek istemiştir. Ancak Sunay, Hakkı Keskin'i "Zamanın kısalığından" kabul etmemiştir. Bunun üzerine Keskin, Sunay'a bir muhtıra vermiştir. Muhtırada Avrupa'daki öğrencilerin durumlarına değinilerek, "Öğrenci yönetmeliğinin değiştirilmesi" istemiştir (Cumhuriyet, 23 Ekim 1970).

⁷ "...Bugün yurt dışındaki Türklerin çoğunluğu Almanya'da toplanmıştır. Yabancı ülkelerdeki öğrencilerimizin yarısına yakın kısmı ve işçilerin yüzde doksanı Almanya'da bulunmaktadır. Dost, ama yabancı bir ülkede yaşayan gençlerimizin ve emekçilerimizin elbette birtakım sorunları bulunacaktır. Bu sorunların bazıları, iki devlet arasındaki karşılıklı temas ve anlayışla çözümlenebilir. Sayın Cevdet Sunay'ın ziyareti bu anlayışa etkili bir yön verebilir. Ne var ki, Almanya'daki öğrencilerimizin bir de Ankara'ya dönük dertleri vardır. Batıda okuyan öğrencilerimizin ileri fikirlere eğilimli oluşu, Tanzimat'tan bu yana tabii bir tarihi olgu olarak devam ediyor. Batı kültür merkezlerinde öğretim görürken dünyanın en ileri fikir akımlarının aşına olan gençlerimizin bu eğilimlerini olağan saymak gerekir. Türkiye Devletinin bütünlüğüne ve bağımsızlığına zarar vermeyen her fikir ve eylemde, öğrencilerimize özgürlük tanımak, demokrasi dünyasının ve Anayasamızın öngördüğü bir ilkedir. Bu ülkeyi hiçe sayarak öğrencilere yönelen siyasi iktidar baskılarını onaylamak mümkün değildir. Almanya'daki öğrencilerimiz, bu konuda dertlerini Sayın Cevdet Sunay'a duyurmuşlardır. Cumhurbaşkanı, Anayasamıza göre tarafsız olduğundan, siyasi partilere karşı aynı mesafede bulunmaktadır. Bir öğrencinin siyasi eğilimleri, iktidar partisinin hoşuna gitmeyebilir. Ama yarın bir başka siyasi parti iktidara geçtiği zaman ne olacaktır? Her iktidar değişiminde, dışarda okuyan öğrencilerimiz, eğilimlerini yeni iktidarın istemlerine uydurarak, "eyyamcı" karakterlerde mi yetiyeceklerdir? Herhalde, Almanya'daki öğrencilerimizin, Anayasamızın özgürlüklerini, genç heyecanlarının da var gücüyle kullanmalarını haklı bulmak gerekir. Buna karşılık genç öğrenciler arasında bir Hakkı Keskin'in salt fikirleri yüzünden uğradığı adaletsizliği benimsemek olasılığı yoktur. Cumhurbaşkanı Sayın Sunay'ın, memleket içinde ve dışında işleyen siyasi bir yara olan bu konuya Almanya gezisinde eğilmek fırsatın bulması olumlu sonuçlar doğurabilir." (Cumhuriyet, 22 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Sunay daha sonra Hür Berlin Üniversitesi ile Teknik Üniversitesi Rektörleriyle görüşmüştür. Teknik Üniversitesi Rektörü, öğrencilerin Türkiye’den olan şikâyetlerini bildirince Sunay, “Siz Türkiye’nin iç işlerine karışmayınız” demiş, bu arada Gediz depremindeki yardımlarından ötürü teşekkür etmiştir (Cumhuriyet, 23 Ekim 1970).

Federal Alman Hükümeti, Cumhurbaşkanı Sunay’ın gezisi sona ermeden kaçak Türk işçilerin affedilmesini bir defaya mahsus olmak üzere kabul etmiştir. Alman hükümetinin önceki gün aldığı karar gereğince, Almanya’da yaklaşık olarak sayıları 35-40 bini bulan işçiler, diğer işçiler gibi sosyal haklardan istifade etmeye hak kazanmıştır. Yapılacak “Kaçak işçi affı” esaslarının ileriye matuf önleyici tedbirleri kapsayacağı bildirilmiştir (Cumhuriyet, 24 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Sunay, Almanya gezisinin son gününü Württemberg eyaletinin başkenti Stuttgart’ta geçirmiş, bu arada Eyalet Başbakanı Hans Filbinger ile birlikte Daimler- Benz Fabrikasını gezmiştir. Sunay buradaki Türk işçileriyle görüşmüştür. Daha sonra şerefine verilen öğle yemeğinde bir konuşma yapan Cumhurbaşkanı Sunay, “Alman iktisadi sınai hayatına emekleri ile katkıda bulunan 70 bin kadar Türk işçisini en canlı arkadaşlık bağları ile misafir eden büyük beldeniz, Türkiye’nin kültür hayatında çok mümtaz bir mevki işgal etmektedir” demiştir. Sunay, pek çok Türk gencinin, bu eyaletteki üniversitelerden feyz aldığını belirtmiştir. Bayan Sunay da, Salamander firmasındaki Türk işçileriyle görüşmüştür (Cumhuriyet, 24 Ekim 1970).

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay, Federal Almanya’ya yaptığı beş günlük resmi ziyaretten sonra 24 Ekim günü saat 15.05’te, uçakla Stuttgart’tan Ankara’ya dönmüş ve törenle karşılanmıştır. Cevdet Sunay, Federal Almanya Cumhurbaşkanı Heinemann’ı Türkiye’ye davet etmiştir (Cumhuriyet, 25 Ekim 1970).

Öte yandan Türk-Alman ortak bildirisi de aynı gün yayımlanmıştır. Bildiride, “Taraflar Almanya ile Türkiye arasındaki işbirliğini her alanda devam ettirmek ve güçlendirmek hususundaki azimlerini teyit etmişlerdir.” denilmiştir. Kıbrıs konusunda da taraflar “Araştırmacı görüşmelerin” ilgili tarafların meşru hak ve menfaatlerini koruyacak anlaşmaya dayanan barışçı ve adil bir hal çaresi ile sonuçlanması ümidini belirtmiştir (Cumhuriyet, 25 Ekim 1970).

SONUÇ

Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay’ın Batı Almanya’ya gerçekleştirdiği resmî ziyaret, 19-25 Ekim 1970 tarihleri arasında yapılmış olup Türkiye-Batı Almanya ilişkileri açısından önemli bir dönüm noktası teşkil etmiştir. Ziyaret, Soğuk Savaş’ın belirleyici olduğu bir uluslararası konjonktürde, iki ülke arasındaki siyasi, askerî, ekonomik ve toplumsal ilişkilerin daha da kurumsallaştırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda bu ziyaret, Türkiye’nin Batı

dünyasıyla bütünleşme politikasının üst düzeydeki sembolik yansımalarından biri olarak değerlendirilmiştir.

Ziyaretin gerçekleştiği dönemde Batı Almanya, Avrupa'nın en güçlü ekonomik aktörlerinden biri hâline gelmiş; Türkiye ise 1960'lı yıllarda yaşanan siyasal dönüşümlerin ardından istikrar arayışını sürdürmekteydi. 1961 İşgücü Anlaşması sonrasında Batı Almanya'da yaşayan Türk işçi sayısının hızla artması, ikili ilişkilerin yalnızca diplomatik düzeyde değil, toplumsal boyutta da önem kazanmasına yol açmıştır. Bu bağlamda Sunay'ın ziyareti, hem devletlerarası ilişkileri güçlendirmeyi hem de yurt dışında yaşayan Türk vatandaşlarının durumunu gündeme taşımayı amaçlamıştır.

Cumhurbaşkanı Sunay, ziyaret kapsamında Batı Almanya Cumhurbaşkanı Gustav Heinemann ve Başbakan Willy Brandt ile görüşmeler gerçekleştirmiştir. Görüşmelerde, iki ülke arasındaki siyasi ilişkilerin yanı sıra NATO çerçevesinde yürütülen savunma iş birliği, Avrupa güvenliği ve Doğu-Batı dengesi gibi konular ele alınmıştır. Batı Almanya'nın izlemekte olduğu "Ostpolitik" politikasının bölgesel ve küresel yansımaları, görüşmelerin önemli gündem maddeleri arasında yer almıştır.

Ziyaretin ekonomik boyutu da büyük önem taşımaktadır. Görüşmelerde, Türkiye'ye yönelik Alman yatırımlarının artırılması, sanayi ve teknoloji alanlarında iş birliğinin geliştirilmesi ve ticaret hacminin genişletilmesi konuları ele alınmıştır. Batı Almanya, Türkiye'nin kalkınma hedeflerini destekleyen ülkelerden biri olarak öne çıkmış; özellikle altyapı ve sanayi projelerinde Alman sermayesi ve teknik bilgisinin rolü vurgulanmıştır.

Sunay'ın ziyareti sırasında Batı Almanya'daki Türk işçilerin durumu da gündeme gelmiştir. Türk işçilerin sosyal hakları, çalışma koşulları ve aile birleşimi konularında karşılıklı anlayışın güçlendirilmesi gerektiği ifade edilmiştir. Bu yönüyle ziyaret, göç olgusunun ikili ilişkilerde kalıcı bir unsur hâline geldiğini açık biçimde ortaya koymuştur.

Sonuç olarak Cumhurbaşkanı Cevdet Sunay'ın 1970 Batı Almanya ziyareti, Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin siyasi, ekonomik ve toplumsal boyutlarını pekiştiren önemli bir diplomatik temas olmuştur. Ziyaret, iki ülke arasındaki stratejik ortaklığın güçlenmesine katkı sağlamış ve ilerleyen yıllarda daha yoğun ve çok yönlü ilişkilerin kurulmasına zemin hazırlamıştır.

KAYNAKÇA

Cumhuriyet gazetesi arşivi

CUMHURBAŞKANI KENAN EVREN'İN BATI ALMANYA ZİYARETİ**Prof. Dr. Bahattin DEMİRTAŞ**Ankara Hacı Bayram Veli University, Polatlı Faculty of Arts and Sciences, Department of History,
Polatlı, Ankara**ORCID:** 000-0001-8452-0019**ÖZET**

Cumhurbaşkanı Kenan Evren'in Batı Almanya'ya yaptığı ziyaret, 1988 yılında Türkiye ile Batı Almanya arasındaki ilişkilerde önemli bir dönüm noktasıydı. Bu ziyaret, Türkiye'nin Batı Avrupa ile ilişkilerini pekiştirme ve ekonomik işbirliklerini güçlendirme amacını taşıyordu. Batı Almanya Cumhurbaşkanı Richard von Weizsäcker ile yapılan görüşmelerde, iki ülke arasında ticaret, teknoloji transferi ve iş gücü konularında işbirliği olanakları tartışıldı. Ziyaretin en önemli gündem maddelerinden biri, Batı Almanya'daki Türk işçileri ve göçmenlerinin durumuydu. Evren, Türk işçilerinin sosyal güvenlik hakları ve çalışma koşullarının iyileştirilmesi için çözüm önerileri sundu. Ayrıca, Türk hükümetinin Batı Almanya'daki Türk toplumu ile daha yakın bir ilişki kurma kararlılığı vurgulandı. Evren'in ziyareti, Türkiye'nin Batı Almanya ile olan ilişkilerini normalleştirme ve güçlendirme sürecinde önemli bir adım oldu. Ekonomik ilişkilerin yanı sıra kültürel ve sosyal bağların derinleştirilmesi hedeflendi. Bu ziyaret, iki ülke arasında karşılıklı anlayış ve işbirliğini artıran önemli bir diplomatik girişim olarak kayda geçti.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Kenan Evren, Batı Almanya, ziyaret**PRESIDENT KENAN EVREN'S VISIT TO WEST GERMANY****ABSTRACT**

The visit of President Kenan Evren to West Germany in 1988 marked an important turning point in relations between Turkey and West Germany. The visit aimed to strengthen Turkey's ties with Western Europe and to enhance economic cooperation. During the meetings held with West German President Richard von Weizsäcker, opportunities for cooperation between the two countries in the fields of trade, technology transfer, and labor were discussed. One of the most important items on the agenda was the situation of Turkish workers and migrants living in West Germany. Evren presented proposals to improve the social security rights and working conditions of Turkish workers. In addition, the determination of the Turkish government to establish closer relations with the Turkish community in West Germany was emphasized. Evren's visit became a significant step in the process of normalizing and strengthening relations between Turkey and West Germany. Along with economic relations, the deepening of cultural and social ties was also targeted. This visit was recorded as an important diplomatic initiative that increased mutual understanding and cooperation between the two countries.

Keywords: Turkey, Kenan Evren, West Germany, visit

GİRİŞ

1970-1988 dönemi, Türkiye ile Batı Almanya arasındaki ilişkilerin hem süreklilik hem de dönüşüm unsurlarını aynı anda barındırdığı bir zaman dilimini kapsamaktadır. Bu dönem, Soğuk Savaş'ın yumuşama sürecinden (détente) başlayarak 1980'li yılların sonlarında Doğu-Batı blokları arasındaki çözülmeye kadar uzanan bir uluslararası bağlam içinde şekillenmiştir. İki ülke arasındaki ilişkiler, NATO müttefikliği, ekonomik karşılıklı bağımlılık ve iş gücü göçü gibi temel dinamikler üzerinden gelişmiştir.

1970'li yılların başında Batı Almanya, Willy Brandt liderliğinde izlediği Ostpolitik politikasıyla Doğu Avrupa ve Doğu Almanya ile ilişkilerini normalleştirmeye yönelmiştir. Bu politika, Batı Almanya'nın dış politikasında esneklik ve çok yönlülüğü artırırken, NATO içindeki müttefikleriyle olan ilişkilerini de yeniden tanımlamasına yol açmıştır. Türkiye açısından bakıldığında, Batı Almanya'nın bu açılımı doğrudan bir tehdit oluşturmasa da Avrupa güvenliğinin yeniden şekillenmesi bağlamında dikkatle izlenmiştir. Türkiye, bu dönemde NATO'nun güney kanadında stratejik bir rol üstlenmeye devam etmiş ve Batı Almanya ile askerî iş birliğini sürdürmüştür.

1970'li yıllarda Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin önemli bir boyutunu ekonomik ilişkiler oluşturmuştur. Batı Almanya, bu dönemde Türkiye'nin en önemli ticaret ortaklarından biri hâline gelmiş; iki ülke arasındaki ticaret hacmi istikrarlı bir artış göstermiştir. Alman firmaları, özellikle sanayi, otomotiv, enerji ve altyapı alanlarında Türkiye'de yatırımlar gerçekleştirmiştir. Buna karşılık Türkiye, Batı Almanya'ya tarım ürünleri, tekstil ve yarı mamul ürünler ihraç etmiştir. Ancak 1970'lerin ortalarında yaşanan küresel petrol krizi ve Türkiye'nin ekonomik sıkıntıları, ticari ilişkilerde dönemsel durgunluklara yol açmıştır.

Toplumsal boyut, bu dönemde ikili ilişkilerin en belirgin ve kalıcı unsurlarından biri olmuştur. 1961 İşgücü Anlaşması sonrasında Batı Almanya'ya giden Türk işçilerin sayısı 1970'li yıllarda hızla artmış; ancak 1973 petrol krizi sonrasında Batı Almanya'nın işçi alımını durdurmasıyla birlikte göçün niteliği değişmiştir. Geçici işçilik anlayışı yerini kalıcı yerleşime bırakmış, aile birleşimi süreci hız kazanmıştır. Bu gelişme, Batı Almanya'daki Türk toplumunun sosyal, kültürel ve siyasal konumunu ikili ilişkilerin önemli bir gündem maddesi hâline getirmiştir.

1970'li yılların sonlarına doğru Türkiye'de yaşanan siyasal istikrarsızlık, ekonomik kriz ve artan iç güvenlik sorunları, Batı Almanya ile ilişkileri de etkilemiştir. 1980 askerî müdahalesi sonrasında Türkiye'nin Batı dünyasıyla ilişkileri kısa süreli bir durgunluk yaşamış; insan hakları ve demokrasi konuları, Batı Almanya'nın Türkiye'ye yönelik eleştirilerinin merkezinde

yer almıştır. Buna rağmen Batı Almanya, Türkiye'nin NATO içindeki stratejik önemini göz önünde bulundurarak ilişkileri tamamen koparmaktan kaçınmıştır.

1980'li yılların ortalarından itibaren Türkiye'de uygulanan liberal ekonomik politikalar ve dış açılma süreci, Türkiye-Batı Almanya ilişkilerine yeni bir ivme kazandırmıştır. Başbakan Turgut Özal liderliğinde gerçekleştirilen ekonomik reformlar, Alman sermayesi için Türkiye'yi yeniden cazip bir yatırım alanı hâline getirmiştir. Bu dönemde ticaret hacmi artmış, teknik ve mali iş birliği projeleri yeniden canlanmıştır.

1988 yılında Cumhurbaşkanı Kenan Evren'in Batı Almanya'ya gerçekleştirdiği resmî ziyaret, iki ülke arasındaki ilişkilerin normalleştiğinin ve yeni bir döneme girdiğinin sembolik bir göstergesi olmuştur. Ziyaret, siyasi diyalogun güçlendirilmesi, ekonomik iş birliğinin artırılması ve Batı Almanya'daki Türk toplumunun sorunlarının ele alınması açısından önemli bir diplomatik adım olarak değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak 1970-1988 dönemi, Türkiye ile Batı Almanya arasındaki ilişkilerin çok boyutlu bir yapıya kavuştuğu, zaman zaman gerilimler yaşansa da stratejik iş birliğinin sürdürüldüğü bir dönemdir. NATO müttefikliği, ekonomik karşılıklı bağımlılık ve göç olgusu, bu dönemin temel belirleyici unsurları olmuş; söz konusu süreç, iki ülke arasındaki ilişkilerin sonraki yıllardaki seyrini belirleyen kalıcı bir zemin oluşturmuştur.

KENAN EVREN ALMANYA'DA

Cumhurbaşkanı Kenan Evren Federal Almanya'daki resmi temas ve görüşmeleri 16 Ekim günü başlamıştır. Görüşmelerinin ana konularını Türkiye'nin AT üyeliği, vize sorunu, askeri yardım ve Federal Almanya'daki Türk örgütlerinin faaliyetleri oluşturmuştur (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).⁸

⁸ “Türkiye'nin Federal Almanya ile öteden beri çok yakın ilişkiler içinde bulunmasının temelinde yatan nedir? Her şeyden önce ilişkilerinin hayli uzun bir geçmişe dayalı tarihsel bir boyutu vardır. Osmanlı döneminde Berlin'de ilk büyükelçiliğimizin açılışı 18 yüzyıl sonlarına rastlar. Osmanlı ordusundaki modernleşme çabalarında Prusya geleneğini temsil eden Alman askerlerinin bıraktığı izlerin belki bugün bile tümüyle silindiği söylenemez. Birinci Dünya Savaşı'ndaki ittifak ilişkisi ve savaşın sonunda bir bakıma aynı yazgıyı paylaşmak, yani her iki ülkede de imparatorluklarının noktayı Cumhuriyet rejimlerinin kurulması...Türk-Alman ilişkilerinin bugünkü yakınlığını kuran bir başka boyut, ekonomik ve ticari işbirliğinden kaynaklanıyor. Federal Almanya dış ticaret alanında Türkiye'nin bir numaralı ortağıdır. Üstelik bu ilişkiler yıllardan beri dengeli bir biçimde sürmektedir. Ülkemizin geçen yılki dış satımı 2 milyar 183 milyon dolar, alımı 2 milyar 108 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir. Türkiye'deki yabancı sermaye yatırımları açısından da Almanya yüzde 12.6'lık oranla İsviçre'den sonra ikinci sırada geliyor. Federal Almanya'da bugün bir buçuk milyon vatandaşımızın yaşamakta olduğu gerçeği Bonn-Ankara ilişkilerinin bir başka çok ağırlıklı boyutudur. Türklerin 520 bini işçi statüsündedir. Almanya da işsizlik yüzde 9 civarında olmasına karşılık bu oran Türk işçileri arasında ne yazık ki % 20'ye çıkmıştır. Bu ülkede yaşamakta olan yabancılar arasında birinci sırayı alan Türk vatandaşlarıyla ilgili olarak başta biz eve bazı sosyal haklar olmak üzere Bonn'un yerine getirilmesi gereken çok iş olduğu bilinmektedir. Bir yandan Federal Almanya'da son yıllarda ortaya çıkan işsizlik, öte yandan Türkiye de kronikleşmeye yüz tutmuş işsizlik nedeniyle Bonn'un, ülkemizin AT'ye tam üyeliğine sıcak bakmadığı da Ankara'da bilinen bir başka noktadır. Uzun yıllardan beri Türkiye'nin batıyla ilişkilerinde “kilit rol” oynadığı söylenebilecek Federal Almanya ile AT konusunda taraflarca üstü örtülü kalmasına özen gösterilen soğukluktan söz edilebilir. Hatta Ankara'nın AT'ye tam üyelik

Evren geceyi geçirdiği Gynnich sarayından dün sabah “villa hamerschmidt” Sarayına giderek Cumhurbaşkanı Weizsaecker ve eşi tarafından askeri törenle karşılanmıştır. İki cumhurbaşkanı daha sonra baş başa bir süre görüşmüş ve birlikte öğle yemeği yemiştir. Evren aynı gün öğleden sonra Bonn Kuzey Mezarlığında savaşılar ve savaş kurbanları için yapılan anıta çelenk koyarak saygı duruşunda bulunmuştur (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).

Cumhurbaşkanı Evren yerel saatle 14.50’de çok sıkı güvenlik önlemleri altında Bonn’un “Pazar Meydanı”ndaki Belediye Sarayına gitmiştir. Bu sırada binanın önünde polis kordonu arkasındaki gruptan Evren ve Türkiye’ye yönelik sloganlar atılmıştır. Alanın bir başka yerinde elinde Türk bayrakları ve bağlılık ifade eden pankartlar bulunan bir başka grup ise “Yaşasın Evren”, “Yaşasın Türkiye” diye bağirmiştir. Evren binadan ayrılırken gösterici grubun gösterilerinin sürdüğü görülmüştür. Bu sırada topluluk arasından atılan bir yumurta bir arabaya çarptıktan sonra Evren’in sırtına sıçramıştır. Evren, yine koruma altında T.C. Bonn Büyükelçiliğine giderek burada düzenlenen toplantıda vatandaşlarla sohbet etmiştir. Evren, büyükelçilikte üzerindeki elbiseyi değiştirmiştir. Evren’e yumurta atanların dört kişi olduğu ve lehte gösteri yapanların arasına karıştığı anlaşılmıştır. Bunlardan 24 yaşındaki Türk’ün yakalandığı, diğer üçünün ise arandığı öğrenilmiştir (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).

Cumhurbaşkanı Evren daha sonra Weizsaecker’in onuruna verdiği yemeğe katılmıştır. Weizsaecker Saray kapısında meşaleler altında karşılandığı Evren’den yumurta atma olayından ötürü üzüntüsünü bildirmiş ve özür dilemiştir. Cumhurbaşkanı Evren yemekte konuşurken, Weizsaecker’in özür dilemesinden çok müteessir olduğunu belirterek şunları söylemiştir; “Aslında devlet adamlarının alınlarında her zaman böyle bir şey yazılıdır. Bu bir kurşunda bir bomba olabilirdi. Nitekim Bizim kendi memleketimizde bir deli, başbakanımıza kurşun sıkabilmiştir. Bu misalleri çoğaltabiliriz.” Weizsaecker de konuşmasında yeniden özür dilemiş ve Evren’i demokrasiye dönüş konusunda beyan ettiği takvime tam riayet ettiği için övmüş ve Türkiye’nin demokrasi yolunda daha aşamalar kat etmesi gerektiğini ima etmiştir. Weizsaecker, Türkiye-AT ilişkiler değişine değinerek, “Avrupa’nın Türkiye’ye, Türkiye’nin

stratejisinde Fransa’ya daha çok ağırlık tanıyabileceğinin işaretleri dikkati çekmektedir. Avrupa topluluğuna giden yolda Türkiye’nin demokraside ve ekonomide yapması gereken çok iş vardır. Bunlar biliniyor. Ancak Bonn da AT’ye tam üyelik konusunda Türkiye de var olan yaygın siyasal konsensüsü göz ardı etmemelidir. Aynı ittifak içinde yer alan Türkiye ile Federal Almanya arasında askeri ilişkilerde son derece yakındır. Amerika dışında Türkiye’ye her yıl askeri yardımı sürdüren tek ülke Federal Almanya’dır. Fakat Bonn’la Ankara arasında önümüzdeki dönemde savunma alanında uç verebilecek bir potansiyel sorundan söz edilebilir. Federal Almanya büyük ölçüde kendi topraklarında konuşlandırılmış olan kısa menzilli nükleer silahların (SNF) ittifak sathına yayılmasını istiyor. Buna karşılık bilindiği gibi Türkiye’de ek nükleer yükümlülük almaktan yana gözükmüyor. Dost ve müttefik ülkeler arasında sorunların olması da yadırganacak bir nokta değildir önemli olan karşılıklı olarak sağduyunun Egemen olması ve her alanda işbirliğinin daha da geliştirilmeye çalışılmasıdır.” (Cumhuriyet, 16 Ekim 1988).

Avrupa'ya olduğu kadar ihtiyacı vardır" demiş ve gerçekçi bir bakış ve sabır dilemiştir (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).

Yumurta atma olayı gece üst düzeyde diplomatlar arasında görüşme konusu olmuştur. Dışışleri Bakanı Yılmaz'ın Alman Cumhurbaşkanı Genel Sekreteri Klaus Bleche'e, "Benzer olayları önlemek Sizin için problem ise Sayın cumhurbaşkanımızı, programın devamından safinazar edebilirler" dediği öğrenilmiştir. Bu arada Dışışleri Bakanı Mesut Yılmaz ile Federal Almanya Dışışleri Bakanı Hans Dietrich Genscher bir araya gelmiştir. İki ülke arasında vize işlemlerinin yumuşatılması konusunda işbirliği yapılması için mutabakata varılmıştır (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).

Kenan Evren ve Türk heyetinin yapmış olduğu görüşmelerde sığınmacılar konusu ele alınmıştır. İki ülkenin bu konuda işbirliği yapma kararlığı ortaya konulmuştur. Avrupa Topluluğuna tam üyelik konusunda ise Federal Almanya'nın tutumunu Weizsaecker konuşmasında en net şekilde ortaya çıkmıştır: "Sabredin". Bonn, 1989'da Avrupa Topluluğu Bakanlar Konseyi gündemine gelecek olan Türkiye'nin AT'ye tam üyeliği konusunda açık bir destek vaat etmemiştir. Ancak bu tutumun aynı yıl Kasım ayında Batı Avrupa Birliğine üyelik konusunda değişmesi beklenilmiştir. Askeri yardım konusu ise temelde bir sorun olarak ele alınmamıştır. Ancak Türkiye'nin ABD'den sonra en büyük askeri yardım aldığı Federal Almanya, bu yardımı 18 aylık paketlerle verirken bunu 36 aylık bir döneme yaymıştır. Özellikle terör örgütü PKK'nın Federal Almanya'da iyi örgütlenmiş olması ve giderek faaliyetlerini genişletmesi Türkiye'nin önemli bir rahatsızlığı olarak gündeme getirilmiştir. Bu durumu Cumhurbaşkanı Evren, doğrudan ve açık bir biçimde Alman cumhurbaşkanına iletmıştır (Cumhuriyet, 17 Ekim 1988).

Evren 17 Ekim sabahı ağırlandıma olduğu Gymnich Sarayı'nda Dışışleri Bakanı Hans-Dietrich Genscher'i kahvaltıda kabul etmiştir. Yapılan bu görüşmede, Evren ve Genscher, özellikle Irak'tan Türkiye'ye sığınan Kürtlerin sorunlarını ve geleceğini konu almıştır. Cumhurbaşkanı daha sonra Bonn merkezine yaklaşık 40 kilometre uzaklıktaki Gymnich Sarayı'ndan helikopterle hükümet binasına gelmiş ve Federal Meclis Başkanı Philipp Jenninger ile bir saat görüşmüştür. Evren'in Kohl ile yaptığı görüşmede Federal Alman şansöyesinin "Türk basını ve kamuoyunda, bizim Türkiye'nin AT üyeliğine karşı olduğumuz yolunda bir izlenim var oysa biz karşı değiliz" demesi üzerine Evren, "karşı değilseniz bu üyeliği desteklediğinizde açıklayın" demiştir. Ancak bu söze Kohl'den herhangi bir yanıt gelmemiştir. Bu arada dışışleri bakanları Mesut Yılmaz ve Genscher Federal Almanya

Dışışleri Bakanlığında bir araya gelerek ikili bir görüşme yapmıştır (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988).

Cumhurbaşkanı Evren önceki günkü yumurta atma olayından sonra Alman yetkililerine “eğer garanti vermiyorsanız Berlin'i iptal edin. Böyle bir olay daha olursa çeker giderim” mesajını iletmiştir. Alman yetkililer ise Berlin ziyareti için gerekli önemi aldıklarını bildirmişlerdir. Bu arada Evren'in Berlin'deki Siemens fabrikasını ziyareti ertelenmiştir (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988).

Şansölye Kohl, Evren onuruna verdiği öğle yemeğinde yaptığı konuşmada 3 yıl önce Türkiye'yi ziyaretinde kendisine gösterilen konukseverlikten dolayı tekrar teşekkür ettikten sonra “Türkiye'deki serbest rekabete dayalı ekonomik politikayı” övmüş ve şöyle konuşmuştur: “Böyle bir politikanın yalnız ekonomik önemi yoktur. Pazar ekonomisine dayalı sistem çoğulculuk ve açıklık gerektirir. Bu nedenle bu ülkelere dayalı bir politika aynı zamanda demokratik gelişmenin de güvencesidir.” Kohl konuşmasında Türkiye'nin AT'ye tam üyelik başvurusuna da değinmiş ve bu konuda Federal Almanya'nın yardım konusunda ki tavrını şu sözlerle özetlemiştir: “Federal hükümet bugün bu koşullar altında Avrupa Komisyonunu ve Bakanlar Konseyi ile Avrupa Parlamentosu'nun kararına önceden bir müdahale de bulunamaz ama AT ile Türkiye arasındaki bağlanın sürekli gelişmesi için bundan sonra da elinden geleni yapacaktır.” Bu sözlerle Almanya'nın belki bir tam üyeliğe değil ama AT-Türkiye arasındaki ortaklık anlaşmasına dayalı ilişkilerine destek olacağını ima eden Kohl, konuşmasının sonunda vizede ve ailelerin birleşmesi gibi acil çözüm bekleyen sorunlara hiç de değinmeden, Almanya'daki Türk işçilerinin varlığından bahsetmiş ve geriye dönüşü bundan sonra da teşvik edeceklerini söylemiştir. Cumhurbaşkanı Evren ise öğle yemeğindeki konuşmasında “yeniden birleştirici bir vize rejimi ihtiyacından” söz etmiştir. Konuşmasının diğer ağırlık noktalarını, Almanya da “Türkiye aleyhine faaliyet gösteren çevreler askeri yardım ve AT'ye başvuru oluşturmuştur. Evren “uluslararası terörizmle ilişkisi açık bulunan” bu çevrelerin Türkiye'nin batıyla dayanışmasını zayıflatma amacı güttüğünü söylemiştir (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988).

Bonn ziyaretinin iki gününde Federal Almanya Başbakanı Kohl ve Dışışleri Bakanı Gensvher ile görüşen Cumhurbaşkanı Kenan Evren'e çeşitli sol grupların protestoları devam etmiştir. Cumhurbaşkanı Evren Bonn'da verdiği “Türk Dış Politikasının Ana Hatları” konferansında sırasında “Türkiye'nin AT'ye kabul edilmemesi halinde zorunlu olarak İslam birliğine içileceğini” söylemiş ve bu durumda NATO üyeliğinin de gözden geçirilmek zorunda kalacağını belirtmiştir (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988).

Evren'in ziyareti hemen hemen bütün gazetelerde ve radyo ile televizyonda bir haber olarak yer almıştır. Merkez Sağ eğilimli Frankfurter Allgemeine Zeitung gazetesi “Evren, Bonn’da AT’ye üyelik konusunu görüştü” manşetli haberinde, Weizsaecker’in Bu talepte “çekimser kaldığını” ve “sabır” dilediğini bildirmiştir (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988). Bonn Belediyesinden Evren'in otomobiline yumurta atan kişinin yakalanmadığı bildirilmiştir. Bonn Emniyet Müdürlüğü basın sözcüsü, Evren'in aracına yumurta atan ve ceketine sıçrayan yumurtayı atan kişinin yakalanamadığını ve söz konusu kişinin aleyhte gösteri yapan grup içinde bulunduğunu ve kimliğinin de belirlenemediğini söylemiştir. Sözcü, olaylar sırasında 18 Türk vatandaşının gözaltına alındığını, bu Türk vatandaşlarının kimliği tespiti yapıldıktan sonra serbest bırakıldıkları bildirmiştir. Bu kişilerden 6'sı hakkında kamu asayişini bozdukları için dava açılacağı bildirilmiştir (Cumhuriyet, 18 Ekim 1988).

Berlin-Bonn'daki resmi görüşmelerini tamamlayan cumhurbaşkanı Kenan Evren, 18 Ekim sabahı Bonn'da Almanya Cumhurbaşkanlığı Köşkü'nde düzenlenen törenle Weizsaecker'a veda etmiştir. Air France özel uçağıyla Batı Berlin'e geçen Evren, Berlin eyalet başkanı Eberhard Diepgen tarafından karşılanmıştır. Evren için alınan olağanüstü güvenlik önlemlerinin Berlin'de daha yoğun olduğu görülmüştür. Evren'in ziyaretine yönelik lehte ve aleyhte gösteriler devam etmiştir. Cumhurbaşkanı Evren'in Münih ziyaretini süresince bazı Türklerin kentte girişi bazılarında evlerinden çıkması tek tek tebligat yapılarak yasaklanmıştır (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Bu arada Evren'in kente gelişinden birkaç saat önce Batı Berlin'de Türklerin yoğun olarak yaşadıkları Kreuzberg semtindeki bir Türk Bankası'na yangın bombası atılmıştır. Binanın pencerelerinden birinden içeri atılan yangın bombası önemli hasara yol açmış, ancak olayda can kaybının meydana gelmediği bildirilmiştir. Bombanın atılmasıyla çıkan yangında binanın bilgisayar sistemi de tahrip olmuştur (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Cumhurbaşkanı ve beraberindeki heyet daha sonra Berlin'i ayıran hat üzerindeki eski meclis binası Reichstag'a gitmiştir. Evren, Reichstag kapısındaki Federal Meclis Başkanı Jenninger tarafından karşılanmıştır. Burada bir Türk topluluğu Evren'e sevgi gösterilerinde bulunmuştur. Doğu-Batı Berlin sınırı arasında kalan Reichstag'ın balkonundan, Berlin Duvarı seyreden Evren, şunları söylemiştir: “Tarihte çok duvarlar örülmüş ama bunlar daha ziyade kıtaları korumak içinmiş başlıca hissetti olmak üzere bir şehri duvarla ortadan bölmek ise ilk defa Berlin'de görülüyor. Benim inancım odur, Biz görmesek de bizden sonraki nesil muhakkak görecektir.” (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Evren daha sonra Batı Berlin Belediye Sarayı Schoneberg'e gitmiştir. Burada da Evren'e daha büyük bir Türk topluluğu sevgi gösterilerinde bulunmuştur. Buna karşılık bölgede bazı Alman vatandaşlarının üzerinde Almanca "katil Evren defol" yazılı tişörtlerle dolaştıkları görülmüştür. Cumhurbaşkanı belediye binasında kentin altın defterini imzalarken, yeşillerden olduğu sanılan bazı kişiler de "katil Evren defol" yazılı bir bez afişi binadan sarkıttıkları bildirilmiştir. Polisin bu beklenmedik eylem karşısında şaşkınlığa düştüğü ve yakalanan kimsenin bulunmadığı öğrenilmiştir. Bu olayda Türk heyeti arasında gerginlik oluşturmuştur. Bu arada Berlin'in ünlü kilisesinin yakınlarındaki meydana da ve yolda bir grup Türkiye ve Evren'le ilgili sloganlar atarak yürüyüş yapmıştır. Gösteriye, PKK ve ona bağlı örgütler, Almanya Türkiye'nin işçiler Federasyonu. Avrupa'da Dev-Genç TKP-ML, Türkiye devrimci Komünist Partisi ve Alman alternatif gruplar katılmıştır. Gösteriler olaysız geçmiştir. Cumhurbaşkanı Evren, daha sonraki saatlerde eski belediye başkanı olduğu Berlin'e gelen Weizsaecker'le Bellevue Sarayı'nda buluşmuştur. İki cumhurbaşkanı, Türk toplumu temsilcilerini ve bir grup Türk ve Alman öğrenciyi kabul ederek bir saat görüşmüş ve sohbet etmiştir (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988). Evren bu arada Türk vatandaşlarıyla yaptığı konuşmada vize ile ilgili soruya "bu konunun üzerinde ağırlıklı duruyor merak etmeyin" şeklinde yanıtlamıştır. Dışişleri Bakanı Mesut Yılmaz da yaptığı açıklamada "vize konusundaki taleplerin Almanlar tarafından anlayışla karşılandığını" söylemiştir (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Cumhurbaşkanı Evren Batı Berlin'de kablo yayını yapan TV istasyonundan Berlin'de yaşayan Türklere hitap etmiş ve "birlik şuuru içinde kalmalarını ve Atatürk yolundan saptırma çabalarına iltifat etmemelerini" istemiştir. Berlin Eyaleti Başbakanı Diepgen aynı akşam Evren onuruna Charlottenburg Sarayı'nda bir yemek vermiştir (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Alman sendikalar Birliği'nde (DGB) düzenlenen bir toplantıda, Türkiye'de halen askerlerin getirdikleri yasaları yürürlükte olduğu demokrasiye geri dönüşten söz edilemeyeceği öne sürülmüştür (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).⁹

⁹ "Berlin-AT'ye tam üyelik konusundaki ısrarımız, sonunda tepe noktalarına ulaştı. 1992'ye kadar bu üyeliği gerçekleşmek "zorunda" olduğu artık açıktan da öte bir üslupla vurgulanmaya başlandı. Cumhurbaşkanı Kenan Evren'in önceki akşam yaptığı konuşmadaki, "Olmazsanız bizi İslam birliğine itersiniz" ve" NATO üyeliğimizi de gözden geçirmek zorunda kalırız" sözleri bugüne kadar ki en resmi üslubu yepyeni bir boyuta yükseltti (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Dış işlerinin, "Eğer tam üyeliğimiz 1992'ye kadar olmazsa durumu gözden geçirmek zorunda kalırız" üslubu bu kez "gayri diplomatik" bir biçimde ifade edilmiş oldu. Belki de İsmet Paşa'nın ünlü "Yeni Bir Dünya kurulur. Türkiye'de orada yerini alır" sözünden bu yana o tarzın en çarpıcı örneği oldu (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

Kenan Evren'in bütün temas ve konuşmalarında AT'ye tam üyelik talebini bu kadar yoğun biçimde ve beklenmedik sivri formüllerle vurgulaması, Federal Alman yetkililerine bir tutum değişikliğine yol açmamıştır. Türkiye'yi de iyi tanıyan bir Alman gazetecinin değişimi ile "Bonn gerek AT, gerek gerekse vize konusundaki katı tutumunu kolay değiştireceği benzemiyor." En azından kısa dönemde bir yumuşama olmayacağı yaygın görüş Federal Almanya'nın Türkiye ile ilişkilerindeki tutumu son derece net (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988); Ekonomik işbirliğini geliştirelim... Evet

Askeri yardımın en azından düzeyini düşürmeyelim...Evet

Yabancılar kanunu tasarımıındaki Türkler aleyhindeki maddeler ayıklansın... Parlamento bilir. Vize sorunları giderilsin.....Sessizlik

Batı Avrupa birliği üyeliğimizi destekleyin... Sessizlik

AT'ye 1992'ye kadar tam üye olmamızı destekleyin...Sessizlik.

Almanya'da bulunan ve çeşitli nedenlerle Türkiye'ye dönememiş ama şimdi dönmek isteyen kimisinin pasaportu elinden alınmış ve geri verilmemiş aydınlar, sanatçılar da buradaki görüşmelerde gündeme gelen konulardan biri. Alman Cumhurbaşkanı Weizsaecker. WDR'nin bu konu ile ilgili bir sorusuna yanıt verirken, "Aramızdaki ilişkiler o kadar yakın ki her konuyu en açık biçimde konuşuyoruz, bunu da konuştuk" demiştir. Alman yetkililer bile bu ziyaret sırasında zaman zaman ne yapacağını şaşırdıkları izlenimi vermişlerdir. Örneğin, Evren'e en üst düzeyde bir nişanın verilmesi de çeşitli söylentiler oluşturmuştur. "Almanlar böyle bir nişanı Evren'e verdiklerini gizlemek istediler" iddialarına yol açmıştır." (Cumhuriyet, 19 Ekim 1988).

ALMANYA'DA SON TEMASLAR

Federal Almanya'daki resmi temas ve ziyaretlerini tamamlayan Cumhurbaşkanı Kenan Evren, Bavyera televizyonunda kendisi ile yapılan mülakatta "Türkiye'de enflasyon yüzde 80 civarında seyrederken 12 ülke bizim herhalde Avrupa topluluğuna girmemize rıza göstermez." demiştir. Evren Alman televizyonunun sorularını, "Biz millet olarak sabırlıyız. Ama bu sabrımız da sınırsız değildir, Ben Bonn'daki temaslarında Türkiye'nin AT'ye tam üyeliği konusunda siyasi irade olduğunu gördüm, temaslarımdan memnunum" demiştir (Cumhuriyet, 20 Ekim 1988).

Federal Almanya gezisinin son durağındaki temasları tamamlayan Cumhurbaşkanı Kenan Evren, Bavyera eyaletine gelmiştir. Bavyera Başbakanının Max Strlebl tarafından törenle karşılanmıştır. Cumhurbaşkanı Evren'i havaalanında karşılayanlar arasında yer alan kalabalık bir öğrenci topluluğu, coşkun sevgi gösterilerinde bulunmuştur. Havaalanından başbakanlık binası olan Prens Carl Sarayına gelen Evren Bavyera hükümeti şeref defterini imzalamıştır.

Cumhurbaşkanı Evren, Münih'te Bavyera televizyonunun sorularını yanıtlamıştır. Evren, “Türkiye’de % 80’lerde seyreden enflasyon var. Avrupa Topluluğu ülkelerine baktığımız vakit enflasyon oranı çok düşük olduğu bir gerçek. Türkiye’nin bu açıdan AT’ye üyeliğini nasıl Mümkün olacak?” şeklindeki soruya şu karşılığı vermiştir; “Ben daha evvel de ifade ettiğim Türkiye’de enflasyon % 80 civarında seyrederken bizim herhalde Avrupa topluluğuna girmemize 12 ülke razı göstermez. Normal düzeye indirilmesi lazım % 20’ler seviyesine indirmemiz gerekir. Bu konu hükümetin problemidir. Bu konu üzerinde de çalışmalar sürdürülmektedir.” Evren daha sonra basın mensupları ile yaptığı sohbette bir gazetecinin “idam cezası kalkmalı dediniz” sözlerine “Hayır ben öyle demedim” demiştir. Cumhurbaşkanı Evren Alman televizyonlarının 2. Kanalı ZDF’de yayınlanan mülakatta yöneltilen, “Türkiye 4 yıl içinde AT’ye tam üye olmak amacıyla. Bonn’da ise sabır tavsiye ediliyor. Bonn’daki temaslarımızdan memnun kaldınız mı?” şeklindeki soruya şu yanıtı vermiştir; “Biz millet olarak sabırlı bir milletiz, ne kadar sabırlı olmamız gerektiğini biliriz. Ama bu sabrımızın sınırsız olduğu anlamına gelmez. Bonn’daki temaslarında şunu gözlemledim: federal Alman siyasi siyasetlerinde Türkiye’nin AT’ye tam üyeliği konusunda siyasi irade mevcuttur. Ama bunun 1992’de mi yoksa 1993’te mi gerçekleşeceği konusunda bir şey söylenemez. Bu karşılıklı görüşmelerle belirlenmek zorundadır.” (Cumhuriyet, 20 Ekim 1988).

SONUÇ

Cumhurbaşkanı Kenan Evren’in 1988 yılında Batı Almanya’ya gerçekleştirdiği resmî ziyaret, Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin yeniden canlandırılması ve çok boyutlu bir çerçevede ele alınması açısından önemli bir diplomatik temas olarak değerlendirilmiştir. Ziyaret, 12 Eylül 1980 askerî müdahalesi sonrasında Türkiye’nin uluslararası alanda yaşadığı siyasi izolasyonun büyük ölçüde aşıldığı ve Batı ile ilişkilerin normalleşme sürecine girdiği bir dönemde gerçekleşmiştir. Bu yönüyle ziyaret, Türkiye’nin Batı dünyasıyla yeniden güçlü bağlar kurma iradesinin somut bir göstergesi olmuştur.

1980’li yılların sonu, uluslararası sistemde Soğuk Savaş’ın çözülme sürecine girdiği, Doğu-Batı blokları arasındaki gerilimin azaldığı ve Avrupa’da yeni bir siyasal atmosferin oluştuğu bir dönemdir. Batı Almanya, bu süreçte hem Avrupa Ekonomik Topluluğu’nun lokomotif ülkelerinden biri hem de Doğu Avrupa ile ilişkileri dönüştüren başlıca aktörlerden biri konumundaydı. Türkiye ise Turgut Özal liderliğinde uygulanan liberal ekonomik politikalar doğrultusunda dışa açılma ve Batı ile ekonomik entegrasyonu derinleştirme hedefini benimsemişti. Kenan Evren’in ziyareti, bu yeni ekonomik ve diplomatik yönelimin devlet başkanlığı düzeyinde desteklendiğini göstermiştir.

Ziyaret kapsamında Cumhurbaşkanı Kenan Evren, Batı Almanya Cumhurbaşkanı Richard von Weizsäcker ve dönemin siyasi liderleriyle görüşmeler gerçekleştirmiştir. Görüşmelerde Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin genel seyri, NATO çerçevesindeki askerî iş birliği, Avrupa güvenliği ve Türkiye'nin Avrupa ile bütünleşme süreci ele alınmıştır. Batı Almanya, Türkiye'nin NATO içindeki stratejik önemini vurgulamış; Türkiye ise Avrupa ile ilişkilerinin geliştirilmesine verdiği önemi dile getirmiştir.

Ziyaretin ekonomik boyutu özellikle ön plana çıkmıştır. Görüşmelerde, Alman sermayesinin Türkiye'deki yatırımlarının artırılması, sanayi, enerji ve teknoloji alanlarında iş birliğinin geliştirilmesi ve ticaret hacminin genişletilmesi konuları ele alınmıştır. 1980'li yıllarda hız kazanan özelleştirme ve serbest piyasa politikaları, Batı Alman iş çevreleri için Türkiye'yi cazip bir yatırım alanı hâline getirmiştir. Bu bağlamda ziyaret, Türkiye'nin ekonomik dönüşüm sürecinin Batı Almanya tarafından desteklendiğini gösteren önemli bir adım olmuştur.

Toplumsal boyutta ise Batı Almanya'da yaşayan Türk nüfusunun durumu ziyaretin önemli gündem maddelerinden biri olmuştur. 1960'lı yıllardan itibaren Batı Almanya'ya iş gücü göçüyle yerleşen Türk toplumu, 1980'lerin sonuna gelindiğinde kalıcı bir diaspora niteliği kazanmıştır. Kenan Evren'in ziyareti sırasında Türk işçilerin sosyal hakları, eğitim sorunları ve entegrasyon süreci gündeme gelmiş; iki ülke arasında bu alanda iş birliğinin artırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Sonuç olarak Cumhurbaşkanı Kenan Evren'in 1988 Batı Almanya ziyareti, Türkiye-Batı Almanya ilişkilerinin normalleşme ve derinleşme sürecinde önemli bir kilometre taşıdır. Ziyaret, siyasi diyalogun güçlendirilmesine, ekonomik iş birliğinin artırılmasına ve toplumsal ilişkilerin daha kurumsal bir zemine oturtulmasına katkı sağlamıştır. Aynı zamanda bu ziyaret, Türkiye'nin 1980 sonrası dönemde Batı ile yeniden bütünleşme politikasının sembolik ve diplomatik bir ifadesi olarak tarihsel önem taşımaktadır.

KAYNAKÇA

Cumhuriyet gazetesi arşivi

RIYAZIYYATDA LAPLAS ÇEVRLMƏSİNİN ƏSAS ROLU

Abbaslı Leyla Fərman

Orcid: <https://orcid.org/0009-0005-4470-3087>

Naxçıvan Dövlət Universiteti, Fizika-Riyaziyyat fakültəsi

Xülasə

Laplas çevrilməsi riyaziyyat və mühəndislik sahələrində, eləcə də digər tətbiqi elmlərdə geniş istifadə olunan fundamental bir riyazi alət hesab olunur. Onun əsas funksiyası zaman domenində (t -dəyişəni) verilmiş funksiyanı kompleks tezlik domeninə (s -dəyişəni) çevirməkdir ki, bu da xətti diferensial və integral tənliklərin həllini xeyli sadələşdirir. Bu çevirmə diferensial və integrasiya əməliyyatlarını s -domenində daha asan idarə olunan cəbri əməliyyatlara — vurma və bölmə kimi əməliyyatlara — çevirir. Belə yanaşma başlanğıc şərtlərini birbaşa tənliyə daxil etməyə imkan verir, bu isə dinamik sistemlərin, məsələn, elektrik dövrələri, mexaniki vibrasiya qurğuları və idarəetmə sistemlərinin analizini daha səmərəli edir. Cəbri tənlik s -domenində həll edildikdən sonra nəticə tərs Laplas çevrilməsi vasitəsilə yenidən t -domeninə gətirilir. Bundan əlavə, Laplas çevrilməsi qeyri-xətti sistemlərin təxmini analizi və sistem sabitliyinin qiymətləndirilməsi üçün də əlverişli üsullardan biridir. Nəticədə Laplas çevrilməsi mürəkkəb dinamik problemlərin ardıcıl, sistemli və effektiv şəkildə həll olunması üçün əvəzsiz bir vasitə kimi çıxış edir. Onun tətbiq sahələri yalnız mühəndislik və fizika ilə məhdudlaşmır, eyni zamanda ehtimal nəzəriyyəsi, statistik analiz, bioinformatika və digər elmi sahələrdə də geniş istifadə olunur. Laplas çevrilməsi beləliklə, mürəkkəb riyazi problemlərin təhlilini sadələşdirən və eyni zamanda nəzəri və praktik nəticələrin əldə olunmasını asanlaşdıran güclü və universal bir metod kimi qəbul edilir.

Açar Sözlər: *Laplas çevrilməsi, diferensial tənliklər, integral çevirmə, dinamik sistemlər, zaman domeni, idarəetmə sistemləri.*

Abstract

The Laplace transform is considered a fundamental mathematical tool widely used in mathematics, engineering, and other applied sciences. Its primary function is to convert a function given in the time domain (t -variable) into the complex frequency domain (s -variable), which significantly simplifies the solution of linear differential and integral equations. This transformation converts differentiation and integration operations into more easily manageable algebraic operations—such as multiplication and division—in the s -domain. This approach allows the direct inclusion of initial conditions into the equation, making the analysis of dynamic systems, such as electrical circuits, mechanical vibration systems, and control systems, more efficient. Once the algebraic equation is solved in the s -domain, the result is transformed

back to the time domain via the inverse Laplace transform. Moreover, the Laplace transform is also a useful method for approximate analysis of nonlinear systems and evaluation of system stability. Consequently, the Laplace transform serves as an indispensable tool for the systematic, sequential, and efficient solution of complex dynamic problems. Its applications are not limited to engineering and physics but are also widely used in probability theory, statistical analysis, bioinformatics, and other scientific fields. Thus, the Laplace transform is recognized as a powerful and universal method that simplifies the analysis of complex mathematical problems while facilitating both theoretical and practical results.

Keywords: *Laplace transform, differential equations, integral transform, dynamic systems, time domain, control systems.*

Ədəbiyyat icmal

1. Adomian, G. (2019). Solving Nonlinear Differential Equations with Adomian Decomposition Method: A Laplace Transform Approach. Academic Press. (Qeyri-xətti tənliklərin həllində Laplas çevrilməsi ilə birləşdirilmiş müasir üsulların araşdırılması).
2. Caputo, M., & Mainardi, F. (2020). Fractional Calculus and Wave Propagation: An Integral Transform Approach. World Scientific Publishing. (Kəsr dərəcəli diferensial tənliklərin həllində, o cümlədən Kəsr Laplas Çevrilməsinin tətbiqində fundamental nəzəriyyə).
3. Chen, D., & Chen, H. (2018). Analysis and Synthesis of PID Control Systems based on Time-Delay and Laplace Transform. CRC Press. (Laplas çevrilməsi əsasında vaxt ləngiməsi olan sistemlərin idarəetməsi sahəsindəki yeniliklər).
4. Hassan, H. (2021). Application of the Laplace Transform in the Solution of Partial Differential Equations Modeling Complex Physical Phenomena. Journal of Advanced Mathematical Analysis, 12(4), 1–15. (Laplas çevrilməsinin mürəkkəb qismən diferensial tənliklərə müasir tətbiqi üsulları).
5. Podlubny, I. (2019). Fractional Differential Equations: An Introduction to Fractional Derivatives, Fractional Differential Equations, to Methods of Their Solution and Some of Their Applications. Academic Press. (Kəsr dərəcəli hesablamada Laplas çevrilməsinin xüsusi rolunu təsvir edən yenilənmiş nəşr).
6. Sjöberg, J. (2022). Digital Implementation of Analog Filters using Laplace Transform Discretization Techniques. IEEE Transactions on Signal Processing, 70, 4550–4565. (Laplas çevrilməsinin rəqəmsal signal emalında, analoqdan rəqəmsala keçid metodlarında istifadəsi).

Giriş

Tətbiqi riyaziyyat, fizika və mühəndislik sahələrində fiziki proseslərin dəqiq modelləşdirilməsi üçün diferensial tənliklər geniş istifadə olunur. Elektrik dövrələri, avtomatik idarəetmə sistemləri, mexaniki rezonans hadisələri və termodinamik proseslər, zaman dəyişəninə görə funksiyalar və onların törəmələrini əhatə edən mürəkkəb tənliklər toplusu ilə təsvir olunur. Xətti və sabit əmsallı diferensial tənliklərin analitik həlli, xüsusilə sistemə tətbiq olunan giriş signalları qeyri-davamlı olduqda (məsələn, vahid addım və ya impuls funksiyaları), klassik metodlarla (məsələn, qeyri-müəyyən əmsallar metodu, varyasiya üsulu) çox çətin və vaxt aparan olur. Bu kontekstdə, yeni, universal və alqoritmik həll yanaşmalarına ehtiyac yaranmışdır.

Laplas çevrilməsi məhz bu ehtiyaca cavab olaraq inkişaf etmiş və riyazi analizdə fundamental alət kimi qəbul edilmişdir. Bu çevirmə t -domenindəki diferensial tənlikləri s -domenindəki sadə cəbri tənliklərə çevirərək, həll prosesini xeyli sadələşdirir və mühəndislik təhlilini effektivləşdirir. Laplas çevrilməsi $f(t)$ funksiyasını kompleks dəyişən $s = \sigma + i\omega$ əsasında $F(s)$ funksiyasına çevirən integral çevirmədir:

$$l\{f(t)\} = F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

Tarixi baxımdan, Laplas öz çevirməsini XVIII əsrdə ehtimal nəzəriyyəsində təqdim etmiş, lakin diferensial tənliklərin həllində praktik tətbiqi XX əsrin əvvəllərində elektrik mühəndisliyi sahəsində Oliver Hevisayd tərəfindən inkişaf etdirilən əməliyyat kalkulusu (operational calculus) vasitəsilə geniş yayılmışdır. Bu metod mürəkkəb dinamik sistemlərin riyazi modelləşdirilməsini və analitik həllini xeyli asanlaşdırmışdır.

Çevrilmənin gücü əsasən onun törəmə xassəsində cəmləşir:

$l\{f'(t)\} = sF(s) - f(0)$. Bu ifadə törəmə əməliyyatını vurma əməliyyatına çevirir və başlanğıc şərtlərini ($f(0)$) avtomatik tənliyə daxil edir. Nəticədə, sistemin tam həlli — sərbəst və məcburi komponentləri daxil olmaqla — vahid alqoritm daxilində tapılır.

Bu yazının məqsədi Laplas çevrilməsinin xətti dinamik sistemlərin təhlilində və diferensial tənliklərin həllindəki əsas rolunu kritik və sistemli şəkildə araşdırmaqdır. Araşdırma aşağıdakı suallara cavab axtarır:

Laplas çevrilməsi diferensial tənlikləri hansı riyazi prinsip əsasında cəbri sahəyə (s -domenə) çevirərək sadələşdirir?

Transfer funksiyası anlayışının idarəetmə sistemlərində inkişafında Laplas çevrilməsi hansı rolu oynayır?

Sistem dayanıqlığı (stability) və zaman cavabı kimi mühüm xüsusiyyətlər Laplas çevrilməsi vasitəsilə necə təyin olunur?

Araşdırma üç əsas bölməyə bölünür:

Bölmə 2 (Riyazi Əsas): Çevrilmənin təsviri, mövcudluq şərtləri və xəttilik, törəmə və sürüşmə kimi əsas xassələrin təhlili.

Bölmə 3 (Həll Üsulu): Diferensial tənliklərin Laplas çevrilməsi ilə addım-addım həlli, həmçinin qeyri-davamlı girişlərin idarəsi.

Bölmə 4 (Mühəndislik Tətbiqləri): Transfer funksiyası konsepsiyası, qütb-sıfır analizi və idarəetmə sistemlərində tətbiqi.

1. Laplas Çevrilməsinin Riyazi Konsepti və Nəzəri Bazası

Laplas çevrilməsi fransız riyaziyyatçısı Pierre-Simon Laplasın şəərəfinə adlandırılmış və riyazi fizikanın inkişafında mühüm vasitə kimi çıxış etmişdir. Bu çevirmə, $t \geq 0$ üçün $f(t)$ funksiyasını kompleks tezlik domenindəki $F(s)$ funksiyasına bağlayan qeyri-məxsusi integral vasitəsilə müəyyən olunur:

$$l\{f(t)\} = F(s) = \int_0^{\infty} e^{-st} f(t) dt$$

Burada $s = \sigma + i\omega$ kompleks dəyişəndir. Laplas çevrilməsinin tətbiqi üçün $f(t)$ funksiyası iki əsas şərtə cavab verməlidir:

Parça-parça kəsilməzlik (Piecewise Continuity): $f(t)$ hər hansı sonlu intervalda sonlu sayda kəsilmə nöqtəsinə malik ola bilər, lakin bu nöqtələrdə limitlər mövcud olmalıdır.

Ekspensial sərhəd (Exponential Order): $t \rightarrow \infty$ olduqda $f(t)$ funksiyası Me^{at} ilə məhdudlaşmalıdır, burada M və a sabit ədədlərdir. Bu şərt integralin konvergent olmasını təmin edir. a -nın ən kiçik mümkün dəyəri yığılma absisi (abscissa of convergence) adlanır.

Laplas çevrilməsi, $f(t)$ funksiyasını sinusoidal komponentlərin ($\cos(\omega t)$ və $\sin(\omega t)$) sonsuz xətti kombinasiyasına ayıraraq, onları s -domenində sadə cəbri əməliyyatlarla təhlil etməyə imkan verir.

2. Diferensial Tənliklərin Həllində Laplas Çevrilməsinin Rolu

Laplas çevrilməsi xətti diferensial tənliklərin həllində və başlanğıc şərtləri olan sistemlərin analizində əvəzolunmaz vasitədir.

2.1. Törəmə Xassəsi və Cəbrə Keçid

Laplas çevrilməsinin əsas üstünlüklərindən biri törəmə əməliyyatını cəbri ifadəyə çevirməsidir:

Birinci törəmə: $l\{f'(t)\} = sF(s) - f(0)$

İkinci törəmə: $\mathcal{L}\{f''(t)\} = s^2 F(s) - s f(0) - f'(0)$

Bu xassə n-ci dərəcəli sabit əmsallı xətti diferensial tənlikləri avtomatik olaraq $F(s)$ üçün cəbri tənliklər şəklinə gətirir. Başlanğıc şərtləri tənliyə daxil edildiyi üçün, sistemin həm transient (keçid), həm də steady-state (sabit) cavabları eyni həll prosesi daxilində əldə edilir.

2.2. Qeyri-Davamlı Girişlərin İdarəsi

Laplas çevrilməsi Hevisayd addım funksiyası $u(t)$ və Dirak impulsu $\delta(t)$ kimi qeyri-davamlı və impulsiv siqnallarla işləyən sistemlərin təhlilində xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Bu funksiyaların Laplas çevrilməsi çox sadədir:

($\mathcal{L}\{u(t)\} = 1/s$ və $\mathcal{L}\{\delta(t)\} = 1$), Belə yanaşma t-domenində mürəkkəb olan tənliklərin s-domenində həllini xeyli sadələşdirir və mexaniki sistemə ani zərbənin cavabını təhlil etmək üçün istifadə olunur.

3. Dinamik Sistemlərin Modelləşdirilməsi və Təhlili

Laplas çevrilməsi, sistemin fiziki quruluşundan asılı olmayaraq, istənilən xətti dinamik sistemi universal formada təsvir etməyə imkan verir.

3.1. Transfer Funksiyası

Dinamik sistemlər nəzəriyyəsində Laplas çevrilməsinin əsas töhfəsi transfer funksiyası $G(s)$ anlayışının yaranmasıdır. Sıfır başlanğıc şərtləri nəzərə alınarsa, sistemin çıxışının Laplas çevrilməsi $Y(s)$, girişin Laplas çevrilməsi $X(s)$ ilə nisbətdə ifadə olunur:

$$G(s) = \frac{Y(s)}{X(s)}$$

Bu, sistemi diferensial tənliklərdən asılı olmayan rəasional funksiya kimi təsvir etməyə imkan verir və onun xüsusiyyətlərini analiz etmək üçün güclü vasitədir.

3.2. Sistem Davranışının Qiymətləndirilməsi: Qütblər və Sıfırlar

Transfer funksiyası vasitəsilə sistemin qütbləri və sıfırları müəyyən edilir:

Qütblər (Poles): Məxrəcdəki çoxhədlinin kökləri sistemin təbii tezliklərini və dayanıqlığını göstərir. Sağ yarı-müstəvidə qütblər sistemin dayanıqsız olduğunu göstərir.

Sıfırlar (Zeros): Surətdəki çoxhədlinin kökləri giriş siqnalının hansı tezliklərdə çıxışa təsir edəcəyini müəyyən edir.

Bu analiz s-domenində sistemin zaman domenindəki mürəkkəb keçid proseslərini sadələşdirir və qrafik üsullarla (qütb-sıfır diaqramı) vizuallaşdırmağa imkan verir.

4. Mühəndislik Tətbiqləri

Laplas çevrilməsi praktiki mühəndislikdə geniş tətbiqlərə malikdir:

Elektrik mühəndisliyi: RLC dövrələrinin sabit və keçid cavablarını analiz etmək; s-domenində induktor və kondensatorun kompleks impedansını modelləşdirmək.

İdarəetmə nəzəriyyəsi: PID tənzimləyicilərinin dizaynı, sistem performansının optimallaşdırılması, kök həndəsi (root locus) və tezlik cavablarının (Bode/Nyquist) analizi.

Signal emalı: Analog filtrlərin (Butterworth, Chebyshev) transfer funksiyalarını yaratmaq və performansını qiymətləndirmək.

Laplas çevrilməsi, t-domenindən s-domeninə keçid edərək, mürəkkəb diferensial əməliyyatları sadə cəbri əməliyyatlara çevirən, riyaziyyat və mühəndislikdə ən güclü və əvəzsiz alətlərdən biri olaraq qalır.

Nəticə

Laplas çevrilməsi diferensial tənliklərin həlli və dinamik sistemlərin təhlilində kritik və səmərəli riyazi vasitə kimi çıxış edir. Əsas funksiyası t-domenindəki mürəkkəb diferensial tənlikləri s-domenində daha sadə cəbri tənliklərə çevirməklə həll prosesini xeyli asanlaşdırmaqdır. Xüsusilə, törəmə xassəsi başlanğıc şərtlərini birbaşa tənliyə daxil etməyə imkan verir və bunun nəticəsində sistemin tam cavabı—həm keçid (transient), həm də sabit (steady-state) rejimlər—qısa və sistemə şəkildə müəyyən edilə bilər. Bu çevrilmə, idarəetmə nəzəriyyəsində transfer funksiyası anlayışının formalaşmasında əsas rol oynayır və mühəndislərə sistemin dayanıqlığını, performansını və zaman cavabını səmərəli şəkildə təhlil etməyə imkan verir. Beləliklə, Laplas çevrilməsi müasir riyaziyyat, fizika və mühəndislik sahələrində mürəkkəb dinamik problemlərin analitik həlli üçün əvəzsiz alət olaraq qalır və tətbiq sahələrində mühüm əhəmiyyətini qoruyur.

Ədəbiyyat siyahısı

- Adomian, G. (2019). *Solving nonlinear differential equations with Adomian decomposition method: A Laplace transform approach*. Academic Press.
- Caputo, M., & Mainardi, F. (2020). *Fractional calculus and wave propagation: An integral transform approach*. World Scientific Publishing.
- Chen, D., & Chen, H. (2018). *Analysis and synthesis of PID control systems based on time-delay and Laplace transform*. CRC Press.
- Hassan, H. (2021). Application of the Laplace transform in the solution of partial differential equations modeling complex physical phenomena. *Journal of Advanced Mathematical Analysis*, 12(4), 1–15.
- Podlubny, I. (2019). *Fractional differential equations: An introduction to fractional derivatives, fractional differential equations, to methods of their solution and some of their applications*. Academic Press.
- Sjöberg, J. (2022). Digital implementation of analog filters using Laplace transform discretization techniques. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 70, 4550–4565.

SOSYAL BAĞLARIN AŞINMASI: TARİHÎ ANTEP EVLERİNDEN APARTMAN DAİRELERİNE

Ümran AÇIKGÖZ

Gaziantep University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Sociology, 27410 Şehitkamil, Gaziantep

ORCID: 0000-0002-8161-8237

ÖZET

Gündelik hayatta vuku bulan insanlar arası ilişkiler, karşılaşmalar veya etkileşimler, içinde yaşanılan mekânın fizikî, sosyal ve kültürel yönlerine dair önemli izler taşır. Benzer şekilde Gaziantep, kentin sakinlerinin gündelik hayatına yansıyan pek çok kendine has yerel motife sahiptir. Ancak bugün sahip olduğu kent görünümü birikimli bir sürecin neticesidir. Türkiye’de kentleşme bağlamında az zamanda çok mesafe kat eden şehirlerden biri olan Gaziantep, girişimciliğin ve sermayenin belirleyici olduğu bir şehirleşme süreci geçirmiştir. Bu çalışmanın temel merakını, hane içi (aile ilişkileri ve türleri) ve haneler arası mikro düzeydeki ilişkiler ile kentin coğrafi, ekonomik ve mimari yapısı arasında nasıl bir bağ olduğunu anlamak oluşturur. Bahsi geçen ilişkiselliği keşfetmek için tarihî Antep evleri ve çevresinde şekillenen yaşam biçimi formları odağa alınarak kentin değişen yönünün sosyal ilişkiler üzerinden okunması amaçlanmıştır. Söz konusu çalışma, sekiz farklı ailenin farklı kuşaklarının özgün anlatı ve ifadelerine dayanan ampirik bir çalışmadır. Çalışmada nitel araştırma yöntemlerinden derinlemesine görüşme tekniği kullanılmıştır. Şehrin üç kuşak sakinlerinin ifadelerinden elde edilen bulgulara göre Tarihî Antep evleri sadece mimari bir yapı olmaktan ziyade başta geniş aile olmak üzere iş bölümü, dayanışma, yardımlaşma, kolektivizm gibi birçok geleneksel fenomeni temsil eder. Şehirde giderek yükselen apartmanlar ise Gaziantep’te küçülen ailenin, gevşeyen dayanışma ve sosyal bağların, yaygınlaşan tüketim ve bireyselleşmenin ve hatta yalnızlaşmanın simgesi haline gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toplumsal değişme, Kentleşme, Sosyal bağ, Tarihî Antep evleri

THE CORROSION OF SOCIAL BONDS: FROM HISTORIC ANTEP HOUSES TO APARTMENTS

ABSTRACT

Interpersonal relationships in everyday life, encounters, or interactions bear important traces of the social, cultural, and physical aspects of the space one lives in. Similarly, Gaziantep possesses numerous local motifs that reflect the daily life of its inhabitants. Nevertheless, the city’s silhouette today is the outcome of an accumulative process. Gaziantep, one of Turkey’s cities that has experienced substantial urban development within a brief timeframe, has undergone an urbanization process driven by entrepreneurship and capital investment. The main problem of the research is to understand the relationships between micro-level household

relationships (family relationships and types) and between households (neighborhoods, community culture, etc.) and the city's geographical, economic, and architectural structure. To explore the mentioned interconnectedness, this study aims to examine the changing aspects of the city through social relationships, focusing on the historic Antep houses and the lifestyles that have developed around them. This study is grounded in empirical data consisting of the unique narratives and expressions of various generations across eight families. In the study, the in-depth interview technique, one of the qualitative research methods, was employed. Based on the statements provided by three generations of city residents, historic Antep houses exemplify not only architectural significance but also embody numerous traditional phenomena, including division of labor, solidarity, and collectivism, predominantly within the extended family unit. Finally, in Gaziantep, the rise of apartment buildings and a modern urban lifestyle symbolize shifts in family dynamics, including the breakdown of solidarity and social bonds, the expansion of consumerism and individualism, and even a sense of loneliness.

Keywords: Social change, Urbanization, Social bonds, Historic Antep houses

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNDE İŞSİZLİK KAYGISI: BAYBURT ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ

Abdurrahman KESKİN

Bayburt University, Faculty of Humanities and Public, Department of Sociology, 69000 Bayburt

ORCID: 0000-0003-1547-0358

Zeynep GÜNGÖR

Bayburt University, Faculty of Humanities and Public, Department of Sociology, 69000 Bayburt

ORCID: 0000-0002-8626-2575

ÖZET

İşsizlik, küresel ölçekte son 15 yılda azalış eğilimi göstermesine rağmen günümüz ekonomilerinin temel sorunlarından biri olmaya devam etmektedir. Genç nüfusun emek piyasasına girişte daha fazla engelle karşılaşması, işsizlik oranlarının gençlerde daha yüksek seyretmesine ve bu durumun gençler üzerindeki olumsuz etkilerinin derinleşmesine yol açmaktadır. Üniversite öğrencileri, işgücü piyasasına ilk kez adım atarken deneyim eksikliği, iş bulma becerisi ve bilgi eksikliği, ekonomik dalgalanmalar ve arz-talep dengesizlikleri nedeniyle daha kırılgan bir konumdadır. Bu durum gençleri yalnızca ekonomik yönden etkilememekte ayrıca kimlik gelişimi, sosyal statü kazanımı ve geleceğe yönelik planlama gibi önemli psikososyal süreçleri de etkilemektedir. Öğrenciler, mezuniyet sonrası istihdam edilememe veya niteliklerine uygun iş bulamama ihtimali nedeniyle işsizlik kaygısı yaşamaktadır. Genç nüfusun yüksek olduğu ve eğitim düzeyi arttıkça işsizlik oranlarının da yükseldiği Türkiye’de, üniversite öğrencileri arasında işsizlik kaygısı daha görünür hâle gelmiş ve önemli bir toplumsal sorun niteliği kazanmıştır. Özellikle sosyal bilimler alanından mezun olan öğrencilerin iş bulma süreleri diğer alanlara göre daha uzundur. Bu çalışma, nicel araştırma olarak tasarlanmış olup Bayburt Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi lisans öğrencileri arasında işsizlik kaygısının düzeyini ve bu kaygının demografik özellikler ile mesleki beklentilerle ilişkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Anketlerden elde edilen 179 geçerli veri, betimsel istatistikler ve Ki-Kare Bağımsızlık Testi ile analiz edilmiştir. Bulgular, öğrencilerin işgücü piyasasına yönelik yüksek düzeyde belirsizlik ve kaygı hissettiğini göstermektedir. Kadın öğrencilerin erkeklere göre daha fazla işsizlik kaygısı taşıdığı tespit edilmiştir. Düşük ve orta gelir grubundaki öğrencilerde kaygı düzeyinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İş bulma ihtimaline duyulan güvensizlik, kamu alımlarının azalması ve özel sektörde sınırlı iş olanakları gibi yapısal sorunlar öğrenciler tarafından daha kaygı verici görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İşsizlik, Genç İşsizlik, Eğitimli Genç İşsizlik, İşsizlik Kaygısı

UNEMPLOYMENT ANXIETY AMONG UNIVERSITY STUDENTS: THE EXAMPLE OF BAYBURT UNIVERSITY

ABSTRACT

Despite a global decline over the last 15 years, unemployment remains one of the fundamental problems facing today's economies. The fact that the young population faces more obstacles to entering the labor market leads to higher unemployment rates among young people and deepens the negative effects of this situation on young people. University students are in a more vulnerable situation due to a lack of experience, job-finding skills, and knowledge as they enter the market, economic fluctuations and supply-demand imbalances. This situation not only impacts young people's economic development but also involves important psychosocial developments such as identity development, social status attainment, and future planning. Students experience unemployment anxiety due to the possibility of being unemployed or unable to find suitable jobs after graduation. In Türkiye, where the youth population is high and unemployment rates rise with increasing education levels, the anxiety about unemployment among university students has become more visible and represents a significant social problem. Especially, the job-finding durations of students graduating from the social sciences field are longer compared to other fields. This study has been designed as a quantitative research and aims to examine the level of unemployment anxiety among undergraduate students of Bayburt University Faculty of Humanities and Social Sciences and its relationship with demographic characteristics and professional expectations. The 179 valid data obtained from questionnaires have been analyzed with descriptive statistics and Chi-Square Independence Test. The findings show that students feel a high level of uncertainty and anxiety towards the labor market. It has been determined that female students carry more unemployment anxiety compared to males. It has been determined that the anxiety level is higher in students from low and middle income groups. Structural problems such as distrust in the probability of finding a job, decrease in public procurements, and limited job opportunities in the private sector are seen as more anxiety-inducing by the students.

Keywords: Unemployment, Youth Unemployment, Educated Youth Unemployment, Unemployment Anxiety

1.GİRİŞ

Küresel ölçekte Covid-19'un ardından işsizlik azalmasına rağmen günümüzde ciddi şekilde varlığını devam sürdürerek hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler açısından önemli sosyoekonomik sorunlardan birini teşkil etmektedir. Bu sorundan en fazla etkilenen kesimlerden birisi ise genç nüfustur. Ülkelerin büyük bir bölümünde genç işsizlik oranı, işsizlik

oranın iki katı kadar veya daha fazladır. 2024 yılı itibariyle küresel ölçekte işsizlik yaklaşık %4,9 iken genç işsizlik %12,3'tür. Bu eğilim Avrupa ülkelerinde de görülmektedir. AB işsizlik ortalaması yaklaşık %5,7 iken genç işsizlik %14,8'dir (ILO, 2025). Genç işsizliğinin nedenleri ve etkileri ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Ancak bu nedenlerin ve etkilerin daha iyi anlaşılabilmesi için öncelikle işsizlik ve genç işsizlik kavramlarının kapsamının net bir şekilde belirlenmesi gerekmektedir.

Emek piyasasında bireyler işgücü dışındakiler, istihdamdakiler ve işsizler olarak üç kategoriye ayrılır. Dünya Çalışma Örgütü (ILO) tarafından işsizlik “çalışma çağındaki kişilerden, belirli yakın bir dönemde iş aramak için girişimlerde bulunmuş, bir iş fırsatı çıktığında çalışmaya başlayabilecek durumda olup hâlihazırda bir işte çalışmayanların tümü olarak” tanımlamıştır (ILO, 2019: 6). Türkiye İstatistik Kurumu da (TÜİK) ILO'ya benzer bir yapıda işsizliği “referans dönemi içinde istihdam halinde olmayan kişilerden iş aramak için son dört hafta içinde aktif iş arama kanallarından en az birini kullanmış ve 2 hafta içinde işbaşı yapabilecek durumda olan kurumsal olmayan çalışma çağındaki tüm kişiler işsiz nüfusa dahildir” olarak tanımlamıştır (TÜİK, 2025a). Bu iki tanımda da bir kişinin işsiz sayılabilmesi için üç temel kriter belirlediği görülmektedir. İlk olarak kişinin işi olmayacak, ikinci olarak iş arayacak ve son olarak ise işe başlamaya hazır olacak şeklinde işsizliğin çerçevesini çizmişlerdir. Diğer bir ifadeyle işsizlik çalışma isteği ve yeteneğinde olmasına rağmen çalışma imkânı bulamayan kişileridir. O zaman genç işsizlik ise bu tanımlara uyan belirli yaş aralığındaki kişileri ifade etmektedir. Ancak “genç” olarak kimin tanımlanacağı farklılıklar göstermektedir. Türkiye’de olduğu gibi ülkelerin büyük bir bölümü genç yaş grubu olarak 15-24 yaş grubunu kabul etmektedir. Benzer şekilde OECD, ILO, EUROSTAT, Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası gibi uluslararası örgütler genç yaş grubu olarak genellikle 15-24’ü kabul etmektedirler (Yazar Aslan, 2015: 72; Görmüş ve diğerleri, 2023: 299). O halde genç işsizlik genel olarak “hâlihazırda işsiz olup iş arayan, işe başlamaya hazır olan 15-24 yaş grubundaki kişiler” olarak tanımlanabilir.

Ülkelerin işgücü piyasası hem yerel hem küresel dinamiklerin etkisiyle birbirinden farklılık göstermektedir. Bu durum ise işsizliğin ve genç işsizliğinin sebeplerinin değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır. Genç işsizliğinin nedenleri, işgücü piyasasının arz ve talep tarafında ortaya çıkan çok boyutlu unsurların etkileşimiyle şekillenmektedir. Bu bağlamda literatürde genç işsizliğinin sebepleri farklı biçimlerde gruplandırılmakla birlikte sıklıkla arz yönlü (gençlerin kendi nitelikleri, tutumları ve özelliklerinden kaynaklanan) ve talep yönlü (ekonomik yapı, piyasa koşulları ve kurumsal düzenlemelerden kaynaklanan) olarak iki

ana grupta incelenir. Arz yönlü faktörler gençlerin işgücüne ilk kez giriş yapmaları nedeniyle yaşanan deneyim eksikliği, nitelikli eğitim eksikliği, gençlerin iş ve ücret konusundaki beklentileri, demografik baskılar ve çalışma kültürüne ilişkin tutum ve davranışlar gibi bireyden kaynaklanan unsurları kapsamaktadır. Talep yönlü nedenler ise ekonomi politikaları, teknolojik gelişmeler ve kurumsal yapılardaki eksiklikler gibi dışsal faktörlerden oluşur. Talep yönlü faktörler ise daha çok ekonomik ve kurumsal koşulların belirleyiciliğinde ortaya çıkmaktadır. Ekonomik durgunluk ve krizlerin toplam talebi azaltması, işgücü talebinin daralmasına yol açmakta ve bu durum özellikle düşük kıdeme sahip gençleri daha fazla etkilemektedir. Esneklik politikaları ve ücret yapıları, firmaların genç istihdamına ilişkin tercihlerini şekillendirmekte iken finansal koşullar ve enflasyon gibi makroekonomik göstergeler işverenlerin istihdam kapasitesini sınırlayabilmektedir. Bunun yanında teknolojik gelişmeler, verimlilik artışları, kurumsal yapıdaki aksaklıklar, rehberlik ve danışmanlık hizmetlerindeki yetersizlikler ile eğitim–istihdam bağlantısının zayıflığı gençlerin işgücüne entegrasyonunu güçleştirmektedir (Saraç 2023; Gündoğan, 1999: 68; Orkunoğlu Şahin, 2020: 137; Murat ve Şahin, 2011:43-57). Saraç (2023) tarafından arz ve talep yönlü genç işsizliğin nedenleri aşağıdaki tablodaki gibidir:

Tablo 1. Genç İşsizliğin Nedenleri

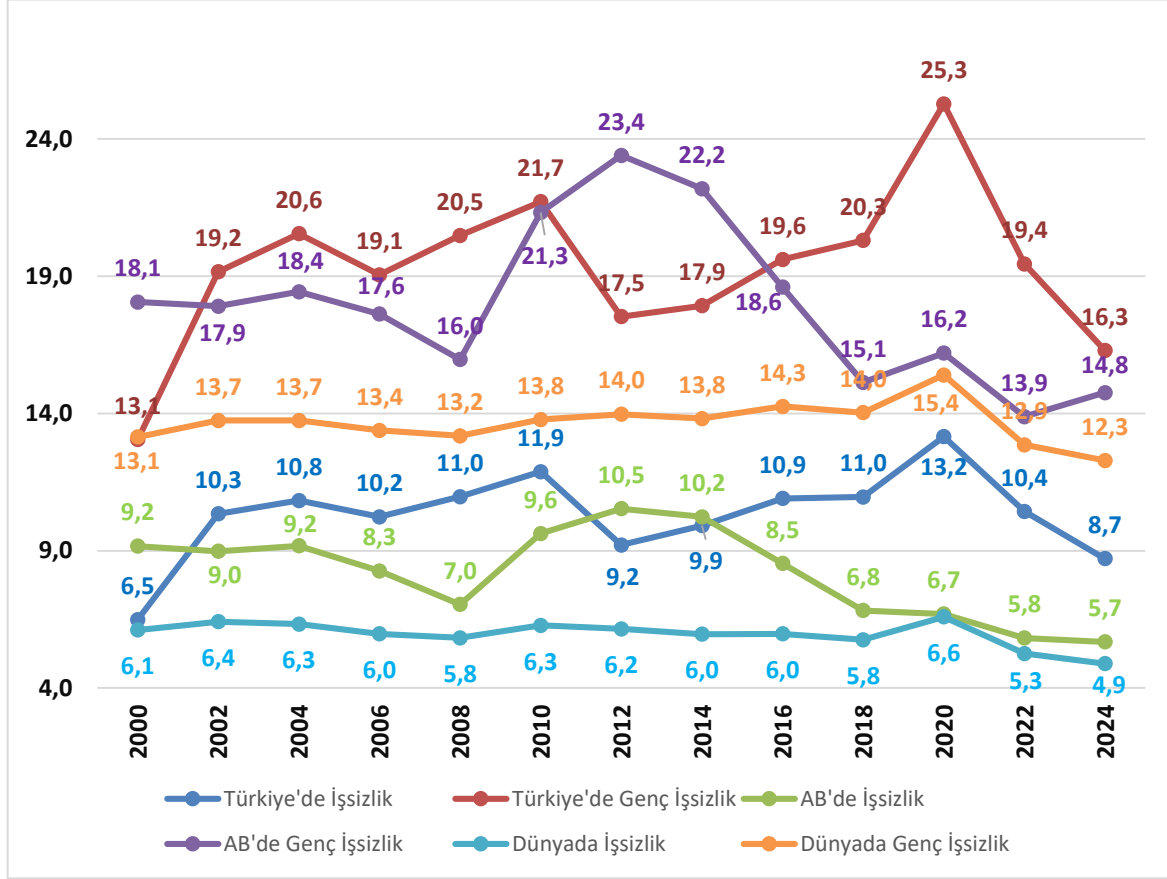
Talep Yönlü Sebepler	Arz Yönlü Sebepler
Ekonomik Durgunluk ve Krizler	Gençlerin Eğitim Durumu
Esneklik ve Ücret Politikaları	İşgücü Hareketliliği
Finansal Yapı ve Enflasyon	Demografik Yapı
Rehberlik ve Danışmanlık Faaliyetlerinin Yetersizliği	Gençlerin Çalışmaya Karşı Tutum ve Davranışları
Teknolojik Gelişmeler ve Verimlilik Artışı	Gençlerin İşgücü Piyasasından Beklentileri
Kurumsal Faktörler ve Girişimcilik Ekosistemi	Gençlerin İşgücü Piyasasına İlk Kez Giriş Yapmaları ve Tecrübe Yetersizliği
Eğitim İstihdam Bağlantısında Yaşanan Sorunlar	
Yeni Mezunlara Fırsat Verilmemesi	

Kaynak: (Saraç, 2023)

Türkiye’deki genç işsizliği sorununa baktığımızda hem arz hem de talep tarafındaki bu faktörlerin, ülkeye özgü sosyoekonomik ve demografik koşullarla iç içe geçerek küresel ve Avrupa Birliği (AB) ortalamalarının üzerinde seyreden oranlarla önemli bir sorun olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye’nin genç nüfusunun Avrupa ülkelerine göre daha fazla olduğu düşünüldüğünde genç işsizliğinin daha büyük bir tehdit oluşturduğunu söylemek mümkündür.

2000 sonrası Dünya, AB ve Türkiye için işsizlik ve genç işsizlik oranları aşağıdaki grafikte sunulmuştur.

Grafik 1. Dünya, AB ve Türkiye için İşsizlik ve Genç İşsizlik Oranları



Kaynak: (ILO, 2025)

2000–2024 dönemine ait veriler bütüncül olarak değerlendirildiğinde, Türkiye’de işsizliğin ve özellikle genç işsizliğin uzun süredir devam eden kronik bir sorun olduğu görülmektedir. Türkiye’nin genel işsizlik oranı, neredeyse tüm dönemler boyunca hem Avrupa Birliği (AB) hem de dünya ortalamalarının üzerindedir. Genç işsizlik oranı ise istikrarlı biçimde genel işsizliğin yaklaşık iki katı düzeyinde gerçekleşmiştir. Bu durum, işgücü piyasasına yeni adım atan gençlerin deneyim eksikliği, nitelik-iş uyumsuzluğu gibi faktörler nedeniyle daha yapısal bir kırılganlıkla karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Türkiye ekonomisinin dönem boyunca yaşadığı 2001, 2008-2009 ve 2018–2020 gibi kırılganlık anlarında işsizlik oranlarının hızlı biçimde yükselmesi konjonktürel etkilere ciddi olarak etkilendiğini göstermektedir. Özellikle 2019 yılında işsizliğin %13,7’ye, genç işsizliğin ise %25,4’e ulaşması ve 2020 sonrasındaki kısmi toparlanmaya rağmen 2024 yılında genç işsizliğin hâlâ %16 düzeyinin

üzerinde olması, iyileşmenin yavaş, sınırlı ve kırılgan olduğunu göstermektedir. AB ile karşılaştırmalı analiz ise politika etkinliği açısından önemli bir farklılaşmaya işaret etmektedir. 2008 küresel krizinin ardından AB’de işsizlik oranları bir süre Türkiye’ye yakınsamış olsa da, bölgenin 2014 sonrasında hem genel hem genç işsizlikte kayda değer bir düşüş sağlanmıştır. 2024 itibarıyla AB’nin genel işsizlikte %5,7 ve genç işsizlikte %14,8 seviyesine gerilemesi istikrarlı politikaların etkisini göstermektedir. Buna karşın Türkiye’nin daha sınırlı ve dalgalı bir iyileşme göstermesi, politikalardaki etkinlik farkını ortaya koymaktadır. Küresel ölçekte işsizlik oranlarının görece dar bir bant içinde ve daha istikrarlı bir seyir izlemesi, Türkiye’nin işsizlik oranlarının uzun dönem boyunca dünya ortalamasının üzerinde kalmasına yol açmıştır. Tablo 2’de Türkiye’de genç işsizliği ile ilgili daha ayrıntılı göstergeler sunulmuştur.

Tablo 2. Genç İşsizliği Rakamları ve Oranları

Yıl	Genç İşsizlik (%)	Genç İşsizlik (Kişi) (Bin)	Yüksek Öğretim Mezunu Genç İşsizlik (%)	Yüksek Öğretim Mezunu Genç İşsizlik (Kişi) (Bin)
2000	13,1	705	28,3	73
2005	19,9	881	30,5	114
2010	21,7	961	32,5	164
2015	18,5	919	29,5	227
2020	25,3	1.156	35,8	321
2021	22,6	1.128	33,1	327
2022	19,4	1.024	28,2	284
2023	17,4	940	25,1	252
2024	16,3	897	24,9	248

Kaynak: (TÜİK, 2025b)

Tablo 2, 2000-2024 döneminde genç işgücü piyasasının dalgalı bir seyrinin olduğu ve yapısal nitelikte sorunlar taşıdığını göstermektedir. Genç işsizlik oranı 2000’deki yüzde 13,1 düzeyinden 2020’de yüzde 25,3’e kadar yükselmiş, takip eden yıllarda kısmi bir gerileme yaşansa da 2024 itibarıyla yüzde 16,3 seviyesinde kalmıştır. Genç işsizliğinin kişi sayısında da benzer bir görüntü mevcuttur. 2000 yılındaki 705 bin genç işsiz sayısı 2020’de 1,1 milyonun üzerine çıkmış, 2024’te ise ancak 900 bin civarına gerileyebilmiştir. Yükseköğretim mezunu gençlerde işsizlik oranlarının tüm dönem boyunca genel genç işsizliğinden belirgin biçimde yüksek seyretmesi dikkat çekicidir. Bu grup için işsizlik oranı 2000’de yüzde 28,3 iken 2020’de yüzde 35,8’e yükselmiş, 2024’te ise yüzde 24,9 düzeyine gerilemiştir. Yükseköğretim mezunu genç işsiz sayılarındaki artış ve ancak sınırlı düşüş, eğitim-istihdam uyumsuzluğunun sürdüğünü göstermektedir. Genel olarak tablo, genç işsizliği ve yükseköğretim mezunu genç işsizliği göstergelerinin uzun süreli yüksek düzeyleri nedeniyle Türkiye’de gençlerin işgücü piyasasındaki konumunun yapısal sorunlara bağlı olarak istikrarsız bir nitelik taşıdığını göstermektedir.

Gençlerin sosyo-ekonomik gelişimi, yalnızca bireysel refah için değil, aynı zamanda içinde yaşadıkları toplumun sosyal dokusunun, politik istikrarının ve ekonomik geleceğinin inşası açısından da hayati önem taşımaktadır (Görmüş, 2023: 299). Ancak, gençlerin bu potansiyelini gerçekleştirmesinin önündeki en büyük engellerden biri, onların sosyo-ekonomik gelişimini doğrudan tehdit eden yüksek genç işsizliği ve bu durumun yarattığı sonuçlardır. İşsizliğin sonuçları ise genellikle ekonomik, sosyal ve psikolojik olmak üzere üç grup altında sınıflandırılmaktadır.

Ekonomik Sonuçlar: Gençlerin istihdam dışında kalması, bireysel ve ailesel gelir kaybı yaratmaktadır. İşsizliğin uzaması yoksulluğa, ekonomik bağımlılığa ve yaşam planlarının ertelenmesine yol açmaktadır. Ampirik çalışmalar, işsizliğin kalıcı izler bıraktığını göstermektedir. Örneğin, 22 yaşında yaşanan altı aylık bir işsizlik, 23 yaşında ücretlerde % 8-9 oranında bir azalmaya yol açmakta ve bu etki 30’lu yaşlarda bile sürmektedir. Ayrıca eğitim yoluyla kazanılan becerilerin kullanılamaması beşerî sermaye erozyonuna, iş tecrübesi eksikliği ise kariyer gelişiminin sektöre uğramasına neden olmaktadır (Saraç, 2023: 101). Makroekonomik düzeyde ise işgücünün üretime katılamaması eksik istihdama ve ekonominin potansiyel çıktı düzeyinin altında kalmasına neden olmaktadır. Sosyal güvenlik sistemlerinde prim geliri kayıpları oluşmakta, sistemin mali dengesi bozulmakta ve kayıt dışı istihdamın yaygınlaşması sistemin sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir (Adıgüzel, 2021: 112; Murat ve Şahin, 2011: 62). Kamu maliyesi açısından ise işsizlik, gelirlerin azalması nedeniyle vergi tahsilatında düşüşe, işsizlik ödemelerinin artması nedeniyle de kamu harcamalarında yükselişe yol açmaktadır (Murat ve Şahin, 2011: 61).

Sosyal ve Psikolojik Sonuçlar: Ekonomik sonuçlar, beraberinde psikolojik ve sosyal sorunları da tetiklemektedir. William Beveridge’in de ifade ettiği gibi, “işsizlikten doğan iki büyük kötülük vardır: İlki, işsiz bireyde kendini işe yaramaz ve istenmeyen biri olarak hissetmesidir. İkincisi ise, işsizliğin insan hayatına korku getirmesi ve bu korkudan nefretin doğmasıdır.” (Türk ve Işık, 2024: 36). Bu söz, işsizliğin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda derin psikolojik ve sosyal etkilerini de özetlemektedir. Sosyal boyutta işsizlik, bireyin toplumsal yaşama katılımı için kritik olan çalışma faaliyetinden mahrum kalması anlamına gelmektedir (Yılmaz ve diğerleri, 2004: 167). İstihdamdan dışlanma, özellikle uzun süreli olduğunda, gençlerin sisteme karşı olumsuz tutumlar geliştirmesine ve toplumsal çatışmalara zemin hazırlayabilmektedir (Murat ve Şahin, 2011: 63). İşsizlik, sosyal ilişki ağlarının daralmasına, sosyalleşme sürecinin zayıflamasına ve bireylerin içe kapanmasına neden olmaktadır (Yılmaz ve diğerleri, 2004: 167). Araştırmalar, işsizlik ile sosyal katılım arasında negatif bir ilişki

olduğunu (Saraç, 2023: 103) ve toplumdan yabancılaştan gençlerde suça yönelme, intihar girişimleri ve madde bağımlılığı gibi risklerin arttığını ve yeni kimlik arayışlarına girdiklerini göstermektedir (Murat ve Şahin, 2011: 65).

İşsizliğin en kritik sonuçlarından biri de bireylerin psikolojileri üzerindeki yıkıcı etkileridir. Çalışma, ekonomik işlevinin ötesinde bireye statü, saygınlık ve aidiyet duygusu kazandıran, fiziksel ve ruhsal sağlıklarını destekleyen bir mekanizmadır. Bu işlevin kaybı, gençlerde psikolojik dengesizliklere yol açmaktadır. Çaresizlik, değersizlik, kaygı, sosyal hayattan soyutlanma, depresyon, stres ve hayal kırıklığı gibi duygular ile işsizlik sürecine dahil olmakta ve bireylere psikolojik zorluklar yaşatmaktadır (Akyüz ve Durmuş, 2022: 28). Bunların yanı sıra işsiz bireylerde öz güvenin azaldığı, yetkinlik algısının düştüğü, yaşam doyumunun gerilediği, depresif belirtilerin yoğunlaştığı, stres düzeyinin yükseldiği, umutsuzluk ve yalnızlık hissinin arttığı ve öz saygının zedelendiği saptanmıştır (Adıgüzel, 2021: 112).

Eren (2020: 37) işsizlik kaygısını “mevcut bir işte çalışan, iş arayan ya da eğitim hayatını henüz bitirmiş ve yakın zamanda iş piyasasına dahil olacak olan kişilerin ülke piyasasındaki istihdam durumu gibi kendi elinde olmayan sebeplerle veya öz yeterlilik gibi kişisel sebeplerle gelecekte bir işte çalışamama ya da mevcut işini kaybetme durumlarıyla alakalı algılamış oldukları risk sebebiyle ortaya çıkan negatif duygu durumunu” olarak tanımlamıştır. Bu kaygı; iş seçimi, toplumsal kabul, aileye karşı sorumluluklar ile iş arama süresinin uzaması gibi faktörler tarafından şekillenmektedir (Dönmez Kara ve Karaaslan, 2022: 164). Özellikle öğrenim hayatının son yıllarında bu kaygı belirginleşmektedir. Çevrelerinde iş bulamamış mezunların varlığı ve kendi iş arama süreçlerinde yaşadıkları hayal kırıklıkları kişiyi psikolojik olarak etkileyebilmektedir (Akyüz ve Durmuş, 2022: 28).

Bireyin istihdam durumundaki değişimler, fiziksel sağlığı kadar ruh sağlığını da derinden etkileyebilmektedir. Alanyazında işsizlik ile genel sağlık ve iyilik hallerinde düşüşlerin olduğu, depresyon, özyeterlilik, hayat tatminleri, öfke, umutsuzluk, kaygı, psikosomatik belirtiler, artan intihar riski ve alkol-madde kullanımı arasında anlamlı ilişkiler olduğu ortaya konulmuştur (Yazar Aslan, 2015: 75; Kıcıır, 2017: 1378). Dursun ve Şen (2022: 255-256), işsizlik kaygısı ile çeşitli psikolojik semptomlar arasındaki ilişkileri şu şekilde özetlemiştir:

Anksiyete: İşsizlik veya işsiz kalma korkusu, belirsiz bir endişe hali olan anksiyeteyi tetikler.

Depresyon: Gelecek kaygısı ve iş bulma endişesi, umutsuzluk ve değersizlik hissiyle karakterize olan depresyonu artırır.

Olumsuz Benlik Algısı: İşsizlik kaygısı, bireyin kendine ilişkin inançlarını olumsuz etkileyerek benlik saygısını düşürür.

Somatizasyon: Psikolojik sıkıntıların bedensel belirtilerle ifade edilmesi olan somatizasyon, işsizlik kaygısıyla artabilir.

Hostilite (Düşmanlık): İşsizliğin yarattığı stres, bireylerin öfke, düşmanlık ve saldırganlık eğilimlerini artırabilir.

Tüm bu eğilimler bir arada değerlendirildiğinde, üniversite öğrencileri ve yeni mezunlar arasında yaygın biçimde gözlemlenen “işsizlik kaygısı” olgusunun tesadüfi olmadığı, aksine uzun yıllardır yüksek seyreden genç işsizliği oranlarının yapısal koşullara dayandığı anlaşılmaktadır. Öncelikle TÜİK verilerinden Türkiye’deki genç işsizlik ve eğitilmiş genç işsizliği oranları göz önünde bulundurulduğunda Türkiye’deki işsizlik kaygılarının rasyonel temelleri olduğu açıktır. TÜİK (2025c) 2024 yılı bölüme göre iş bulma sürelerine göre; 224 bölümün bulunduğu listede Tarih bölümü mezunları 18,5 ay ile 203. sırada, Sosyoloji bölümü mezunları 19,2 ay ile 208. sırada ve Türk Dili ve Edebiyatı bölümü mezunları 19,8 ay ile 210. sırada yer almaktadırlar.

ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ

Araştırmanın Amacı ve Yöntemi

Bu araştırmanın amacı, Bayburt Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesinde eğitim veren üç bölümün (Sosyoloji, Tarih ve Türk Dili ve Edebiyatı) lisans öğrencilerinin işsizlik kaygılarını ve bu kaygıları etkileyen demografik ve mesleki faktörleri analiz etmektir. Araştırmada, öğrencilerin cinsiyet, yaş, aile geliri gibi demografik özellikleri ile iş bulma inançları, bölüm memnuniyetleri ve aile baskısı algıları arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Araştırmada nicel araştırma yöntemi benimsenmiştir. Verilerin analizinde betimsel istatistikler (frekans ve yüzde) ile kategorik değişkenler arasındaki ilişkileri test etmek amacıyla Ki-Kare (Chi-Square) Bağımsızlık Testi kullanılmıştır. Analizler SPSS 25 paket programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

Araştırmanın Evreni ve Örneklemi

Araştırmanın evrenini, 2025-2026 eğitim-öğretim yılında Bayburt Üniversitesi’nde öğrenim gören 14.635 öğrenci oluşturmaktadır. Bu evren içinde yer alan İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi lisans öğrencileri ise 977 kişi ile araştırmanın çalışma grubunu teşkil etmektedir.

Araştırmanın örnekleme, gönüllülük esasına dayalı olarak anketlere katılım gösteren 197 öğrenciden oluşmaktadır. Ancak, eksik veya hatalı doldurulduğu tespit edilen 18 anket veri setinden çıkarılmış ve analizler 179 geçerli anket üzerinden yürütülmüştür. Bu örneklem, tesadüfi olmayan örnekleme yöntemlerinden kolayda örnekleme tekniği ile seçilmiştir.

Veri Toplama Araçları

Araştırmada veri toplama aracı olarak anket tekniği kullanılmıştır. Veriler, Ekim-Kasım 2025 tarihleri arasında yüz yüze ve çevrimiçi (online) yöntemlerle toplanmıştır. Anket, iki bölümden oluşmaktadır. Demografik Bilgi Formu: Katılımcıların cinsiyet, yaş, medeni durum ve ailelerinin ortalama aylık geliri gibi kişisel bilgilerini toplamak amacıyla hazırlanmıştır. Gelecek Kaygısı Ölçeği: Bu bölümde, öğrencilerin gelecek kaygılarını ölçmek amacıyla Özder ve diğerleri (2018) tarafından geliştirilen “Okulöncesi ve Sınıf Öğretmeni Adaylarının İşsizlik Kaygılarına İlişkin Bir Ölçek Geliştirme Çalışması” adlı ölçekten yararlanılmıştır. Ölçek, öğrencilerin iş bulma beklentileri, bölüm memnuniyetleri, iş gücü piyasasına yönelik endişeleri ve aile baskısı gibi konuları içeren sorulardan oluşmaktadır.

BULGULAR

Araştırmanın bu bölümünde, veri toplama araçları ile elde edilen bulgular sunulmuştur. İlk olarak, araştırmaya katılan öğrencilerin demografik özelliklerini, mesleki beklentilerini ve gelecek kaygılarına ilişkin genel eğilimlerini ortaya koymak amacıyla betimsel istatistik analizlerinden (frekans ve yüzde dağılımları) yararlanılmıştır. Katılımcıların genel profili ve temel görüşleri Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. Katılımcıların Demografik Özellikleri ve Gelecek Kaygıları

SORULAR	CEVAPLAR	KİŞİ	%
Cinsiyetiniz?	Kadın	111	62,0
	Erkek	68	38,0
Medeni durumunuz?	Bekar	179	100,0
Yaşınız?	18-19	34	19,0
	20-21	30	16,8
	22-23	59	33,0
	24 ve üzeri	56	31,3
Ailenizin ortalama aylık geliri ne kadar?	0-22.500	37	20,7
	22.501-45.000	49	27,4
	45.001-67.500	42	23,5
	67.501-90.000	32	17,9
	90.001 ve üzeri	19	10,6
Bir işte çalışmaya başlamak için ücret beklentiniz ne kadar?	0-15.000	8	4,5
	15.001-30.000	29	16,2
	30.001-45.000	48	26,8
	45.001 ve üzeri	94	52,5
Eğitim aldığınız alanla ilgili iş bulabileceğinizi düşünüyor musunuz?	Evet, kesinlikle düşünüyorum	39	21,8
	Evet, düşünüyorum	42	23,5
	Evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum	56	31,3
	Hayır, kesinlikle düşünmüyorum	42	23,5
Mezun olacağınız bölümden memnun musunuz?	Evet	89	49,7
	Hayır	39	21,8
	Kararsızım/Fikrim yok	51	28,5
	Evet	99	55,3
	Hayır	42	23,5

Şimdiki aklınız olsaydı başka bir bölüm tercih eder miydiniz?	Kararsızım/Fikrim yok	38	21,2
Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.	Katılıyorum	116	64,8
	Kararsızım/ Fikrim yok	34	19,0
	Katılmıyorum	29	16,2
Devletin memur alımını azaltmış olması beni kaygılandırıyor.	Katılıyorum	110	61,5
	Kararsızım/ Fikrim yok	33	18,4
	Katılmıyorum	36	20,1
Özel sektörün okuduğum bölümden az sayıda işe alım yapması beni kaygılandırıyor.	Katılıyorum	124	69,3
	Kararsızım/ Fikrim yok	39	21,8
	Katılmıyorum	16	8,9
Mezuniyet sonrası yakın zamanda (0-3 yıl) iş bulamamak benim için bir travmadır.	Katılıyorum	96	53,6
	Kararsızım/ Fikrim yok	45	25,1
	Katılmıyorum	38	21,2
Ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim.	Katılıyorum	80	44,7
	Kararsızım/ Fikrim yok	40	22,3
	Katılmıyorum	59	33,0

Demografik değişkenler incelendiğinde, katılımcıların %62,0'sinin kadın, %38,0'ının erkek olduğu ve örneklemin tamamının (%100,0) bekâr bireylerden oluştuğu görülmektedir. Yaş dağılımında ise 22-23 yaş grubunun %33,0 ile en yüksek paya sahip bulunduğu görülmektedir. Bunu sırasıyla %31,3 ile 24 yaş ve üzeri grup ve %19,0 ile 18-19 yaş grubu izlemektedir. Bu durum, örneklemin büyük ölçüde lisans eğitiminin son yıllarındaki öğrencilerden oluştuğunu göstermektedir. Ekonomik durum açısından, ailenin ortalama aylık gelir dağılımında en yoğun aralık %27,4 ile 22.501-45.000 TL olarak belirlenmiştir. Bunu %23,5 ile 45.001-67.500 TL ve %20,7 ile 0-22.500 TL aralıkları takip etmektedir. Gelir dağılımı, öğrencilerin ağırlıklı olarak düşük ve orta gelir düzeyinde konumlandığını göstermektedir.

Mesleki gelecek beklentilerine bakıldığında, öğrencilerin yarıdan fazlasının (%52,5) bir işte çalışmaya başlamak için 45.001 TL ve üzeri bir ücret beklentisine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu yüksek beklenti, öğrencilerin mezuniyet sonrası işgücü piyasasına dair yüksek bir ekonomik refah beklentisi taşıdığını göstermektedir. Ancak eğitim aldıkları alanla ilgili iş bulma konusunda öğrencilerin %31,3'ü "evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum", %23,5'i ise "hayır, kesinlikle düşünmüyorum" şeklinde yanıt vermiştir. Bu durum, öğrencilerin yarıdan fazlasının iş bulma konusunda olumsuz beklentiye sahip olduğunu göstermektedir. Bölüm memnuniyeti ve tercih pişmanlığı açısından değerlendirildiğinde, katılımcıların %49,7'si mezun olacağı bölümden memnun olduğunu belirtirken, %55,3'ü şimdiki aklı olsaydı başka bir bölüm tercih edeceğini ifade etmiştir. Bu çelişkili durum, öğrencilerin mevcut bölümlerinden belirli bir memnuniyet duysalar da iş bulma kaygısı nedeniyle tercih pişmanlığı yaşadıklarını göstermektedir. Gelecek kaygılarına ilişkin tutum maddelerine verilen yanıtlar, örnekleimde yüksek düzeyde kaygı ve endişe içeren bir yapı olduğunu göstermektedir.

Katılımcıların büyük çoğunluğu işgücü ihtiyacının azalması (%64,8), devletin memur alımını azaltması (%61,5) ve özel sektörün az sayıda işe alım yapması (%69,3) konularında kaygı duymaktadır. Özellikle özel sektör istihdamına ilişkin kaygının en yüksek düzeyde olması dikkat çekicidir. Öte yandan, mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılayanların oranı %53,6 iken, aileden meslek sahibi olmak için baskı görenlerin oranı %44,7'dir. Bu bulgular, öğrencilerin hem içsel hem de dışsal faktörlerden kaynaklanan çok boyutlu bir kaygı yaşadığını ortaya koymaktadır. Genel olarak tanımlayıcı bulgular, örneklemin cinsiyet açısından kadın ağırlıklı olduğunu, yaş açısından mezuniyete yakın grupların öne çıktığını ve ekonomik açıdan ağırlıklı olarak düşük-orta gelir grubunda yer aldığını ortaya koymaktadır. Ayrıca öğrencilerin yüksek ücret beklentisine karşın düşük iş bulma inancına sahip olması, mesleki geleceklerine ilişkin ciddi bir belirsizlik ve kaygı yaşadıklarını göstermektedir. Bu durum, öğrencilerin beklentileri ile gerçeklik algıları arasında önemli bir uyumsuzluk olduğuna işaret etmektedir.

H₀: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 4. Okunulan Bölüme İlişkin İşgücü İhtiyacının Azalması Kaygısı ile Cinsiyet Arasındaki İlişki

Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.		Cinsiyetiniz?		Toplam	χ^2	p
		Kadın	Erkek			
Katılıyorum	Kişi	84	32	116	15,190 ^a	0,001*
	%	72,4	27,6	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	15	19	34		
	%	44,1	55,9	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	12	17	29		
	%	41,4	58,6	100,0		
Toplam	Kişi	111	68	179		
	%	62,0	38,0	100,0		

*p<0,05. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Pearson chi-square istatistiği p-value=0,001< α =0,05 olduğundan H₀ reddedilir. H₁ hipotezinin kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 4'deki bulgulara göre, "okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor" ifadesine katılan 116 kişinin %72,4'ü kadın, %27,6'sı erkektir. "Kararsızım/Fikrim yok" diyen 34 kişinin %44,1'i kadın, %55,9'u erkektir. "Katılmıyorum" diyen 29 kişinin %41,4'ü kadın, %58,6'sı erkektir. Ayrıca işgücü ihtiyacının

azalmasından kaygı duyanların büyük çoğunluğunun kadın olduğu, kaygı duymayanların ise ağırlıklı olarak erkek olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle işgücü ihtiyacının azalması ile ilgili olarak kadınların yaklaşık %75,7'si kaygılıyken erkeklerde bu oran (%47) daha düşüktür. Kadın öğrencilerin erkeklere göre istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek işsizlik kaygısı bildirdiği bulunmuştur.

H₀: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların yaşı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların yaşı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 5. Okunulan Bölüme İlişkin İşgücü İhtiyacının Azalması Kaygısı ile Yaş Arasındaki İlişki

Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.		Yaşınız?				Toplam	χ^2	p
		18-19	20-21	22-23	24 ve üzeri			
Katılıyorum	Kişi	12	12	47	45	116	37,160 ^a	0,000*
	%	10,3	10,3	40,5	38,8	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	9	9	9	7	34		
	%	26,5	26,5	26,5	20,6	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	13	9	3	4	29		
	%	44,8	31,0	10,3	13,8	100,0		
Toplam	Kişi	34	30	59	56	179		
	%	19,0	16,8	33,0	31,3	100,0		

*p<0,05. a. 1 cells (8,3) have expected count less than 5.

Pearson chi-square istatistiği p-value=0,000< α =0,05 olduğundan H₀ reddedilir. Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile katılımcıların yaşı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 5'teki sonuçlara bakarak, “okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor” ifadesine katılan 116 kişinin %10,3'ü 18-19 yaş, %10,3'ü 20-21 yaş, %40,5'i 22-23 yaş ve %38,8'i 24 ve üzeri yaş grubunda yer almaktadır. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 34 kişinin %26,5'i 18-19 yaş, %26,5'i 20-21 yaş, %26,5'i 22-23 yaş ve %20,6'sı 24 ve üzeri yaş grubundadır. “Katılmıyorum” diyen 29 kişinin %44,8'i 18-19 yaş, %31,0'u 20-21 yaş, %10,3'ü 22-23 yaş ve %13,8'i 24 ve üzeri yaş grubundadır. 22-23 yaşında ve 24 yaş ve üzeri olanların yaklaşık %80'i işgücü ihtiyacının azalmasından kaygılıdır. Diğer bir ifadeyle işgücü kaygısı duyanların ağırlıklı olarak 22-23 yaş ve 24 yaş üzeri gruplarında yoğunlaştığı, kaygı duymayanların ise büyük oranda 18-19 (%35) ve 20-21 (%40) yaş grubunda olduğu görülmektedir. Bu sonuç, mezuniyete yaklaştıkça öğrencilerin işgücü piyasasına ilişkin kaygılarının arttığını göstermektedir.

H₀: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 6. Okunulan Bölüme İlişkin İşgücü İhtiyacının Azalması Kaygısı ile Ailenin Ortalama Aylık Geliri Arasındaki İlişki

Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.		Ailenizin ortalama aylık geliri ne kadar?					Toplam	χ^2	p
		0-22.500	22.501-45.000	45.001-67.500	67.501-90.000	90.001 ve üzeri			
Katılıyorum	Kişi	27	37	24	20	8	116	20,683 ^a	0,008*
	%	23,3	31,9	20,7	17,2	6,9	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	7	7	12	6	2	34		
	%	20,6	20,6	35,3	17,6	5,9	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	3	5	6	6	9	29		
	%	10,3	17,2	20,7	20,7	31,0	100,0		
Toplam	Kişi	37	49	42	32	19	179		
	%	20,7	27,4	23,5	17,9	10,6	100,0		

*p<0,05. a. 2 cells (13,3) have expected count less than 5.

Pearson chi-square istatistiği p-value=0,008< α =0,05 olduğundan H₀ reddedilir. Böylece H₁ hipotezinin kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 6’da yer alan sonuçlara göre, “okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor” ifadesine katılan 116 kişinin %23,3’ü 0-22.500 TL, %31,9’u 22.501-45.000 TL, %20,7’si 45.001-67.500 TL, %17,2’si 67.501-90.000 TL ve %6,9’u 90.001 TL ve üzeri gelir grubunda yer almaktadır. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 34 kişinin %20,6’sı 0-22.500 TL, %20,6’sı 22.501-45.000 TL, %35,3’ü 45.001-67.500 TL, %17,6’sı 67.501-90.000 TL ve %5,9’u 90.001 TL ve üzeri gelir grubundadır. “Katılmıyorum” diyen 29 kişinin %10,3’ü 0-22.500 TL, %17,2’si 22.501-45.000 TL, %20,7’si 45.001-67.500 TL, %20,7’si 67.501-90.000 TL ve %31,0’u 90.001 TL ve üzeri gelir grubundadır. Aile ortalama geliri 0-22.500 olanların yaklaşık %73’ü kaygılıyken, 22.501-45.000 olanların %75,5’i, 45.001-67.500 olanların %57,1’i ve 67.501-90.000 olanların %62,5’i işgücü ihtiyacının azalmasından kaygılıdır. Bu durum işgücü kaygısı duyanların ağırlıklı olarak düşük ve orta gelir gruplarında yoğunlaştığı, üste gelir grubu olan 90.001 ve üzeri ortalama geliri olan ailelerde ise kaygı (%42,1) daha düşüktür. Bu bulgu, ailenin ekonomik durumunun öğrencilerin mesleki kaygı düzeyini etkilediğini göstermektedir.

H₀: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile okunulan alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile okunulan alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 7. Okunulan Bölüme İlişkin İşgücü İhtiyacının Azalması Kaygısı ile Okunulan Alanla İlgili İş Bulma İnancı Arasındaki İlişki

		Eğitim aldığınız alanla ilgili iş bulabileceğinizi düşünüyor musunuz?				Toplam	χ^2	p
		Evet, kesinlikle düşünüyorum	Evet, düşünüyorum	Evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum	Hayır, kesinlikle düşünmüyorum			
Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.	Kişi	4	28	45	39	116	95,142 ^a	0,000*
	%	3,4	24,1	38,8	33,6	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	11	10	10	3	34		
	%	32,4	29,4	29,4	8,8	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	24	4	1	0	29		
	%	82,8	13,8	3,4	0,0	100,0		
Toplam	Kişi	39	42	56	42	179		
	%	21,8	23,5	31,3	23,5	100,0		

*p<0,05. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Tablo 7’de görüldüğü üzere Pearson chi-square istatistiği p-value=0,000< α =0,05 olduğundan H₀ reddedilir. Bu nedenle okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile okunulan alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 7’deki bulgulara göre, “okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor” ifadesine katılan 116 kişinin %3,4’ü “evet, kesinlikle düşünüyorum”, %24,1’i “evet, düşünüyorum”, %38,8’i “evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum” ve %33,6’sı “hayır, kesinlikle düşünmüyorum” şeklinde iş bulma inancına sahiptir. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 34 kişinin %32,4’ü “evet, kesinlikle düşünüyorum”, %29,4’ü “evet, düşünüyorum”, %29,4’ü “evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum” ve %8,8’i “hayır, kesinlikle düşünmüyorum” şeklinde yanıt vermiştir. “Katılmıyorum” diyen 29 kişinin %82,8’i “evet, kesinlikle düşünüyorum”, %13,8’i “evet, düşünüyorum”, %3,4’ü “evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum” yanıtlarını vermiştir. İşgücü kaygısı duyanların büyük çoğunluğunun iş bulmayı zor gördüğü veya hiç iş bulamayacağını düşündüğü, kaygı duymayanların ise büyük oranda iş bulabileceğine kesin inancı olduğu görülmektedir. Bu durum, eğitim aldığı bölümden iş bulma inancı ile kaygı düzeyi arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

H₀: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 8. Okunulan Bölüme İlişkin İşgücü İhtiyacının Azalması Kaygısı ile İşsizlik Travması Algısı Arasındaki İlişki

Okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor.		Mezuniyet sonrası yakın zamanda (0- 3 yıl) iş bulamamak benim için bir travmadır.			Toplam	χ^2	p
		Katılıyorum	Kararsızım/ Fikrim yok	Katılmıyorum			
Katılıyorum	Kişi	72	32	12	116	48,267 ^a	0,000*
	%	62,1	27,6	10,3	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	18	10	6	34		
	%	52,9	29,4	17,6	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	6	3	20	29		
	%	20,7	10,3	69,0	100,0		
Toplam	Kişi	96	45	38	179		
	%	53,6	25,1	21,2	100,0		

*p<0,05. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Tablo 8’de görüldüğü üzere Pearson chi-square istatistiği p-value=0,000< α =0,05 olduğundan H₀ reddedilir. H₁ hipotezinin kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Okunulan bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması kaygısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 8’e göre, “okuduğum bölüme ilişkin işgücü ihtiyacının azalması beni kaygılandırıyor” ifadesine katılan 116 kişinin %62,1’i mezuniyet sonrası iş bulamamayı travma olarak algılarken, %27,6’sı kararsız, %10,3’ü ise travma olarak algılamamaktadır. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 34 kişinin %52,9’u travma olarak algılarken, %29,4’ü kararsız, %17,6’sı travma olarak algılamamaktadır. “Katılmıyorum” diyen 29 kişinin %20,7’si travma olarak algılarken, %10,3’ü kararsız, %69,0’u ise travma olarak algılamamaktadır. İşgücü kaygısı duyanların büyük çoğunluğunun işsizliği travma olarak algıladığı, kaygı duymayanların ise büyük oranda işsizliği travma olarak algılamadığı görülmektedir. Bu sonuç, kaygı düzeyi yüksek olan öğrencilerin işsizliği daha ciddi bir tehdit olarak değerlendirdiğini göstermektedir.

H₀: Eğitim aldığı alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi ile şimdiki aklı olsa başka bir bölüm tercih edip etmeyeceği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Eğitim aldığı alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi ile şimdiki aklı olsa başka bir bölüm tercih edip etmeyeceği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 9. İş Bulma İnancı ile Başka Bölüm Tercih Etme Eğilimi Arasındaki İlişki

Eğitim aldığınız alanla ilgili iş bulabileceğinizi düşünüyor musunuz?		Şimdiki aklınız olsaydı başka bir bölüm tercih eder miydiniz?			Toplam	χ^2	p
		Evet	Hayır	Kararsızım/Fikrim yok			
Evet, kesinlikle düşünüyorum	Kişi	12	15	12	39	29,232 ^a	0,000*
	%	30,8	38,5	30,8	100,0		
Evet, düşünüyorum	Kişi	22	9	11	42		
	%	52,4	21,4	26,2	100,0		
Evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum	Kişi	28	15	13	56		
	%	50,0	26,8	23,2	100,0		
Hayır, kesinlikle düşünmüyorum	Kişi	37	3	2	42		
	%	88,1	7,1	4,8	100,0		
Toplam	Kişi	99	42	38	179		
	%	55,3	23,5	21,2	100,0		

* $p < 0,05$. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Tablo 9’da Pearson chi-square istatistiği $p\text{-value}=0,000 < \alpha=0,05$ olduğundan H_0 reddedilir. Eğitim aldığı alanla ilgili iş bulabileceği düşüncesi ile şimdiki aklı olsa başka bir bölüm tercih edip etmeyeceği arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 9’da yer alan verilere göre, eğitim aldığı alanla ilgili iş bulabileceğini “evet, kesinlikle düşünüyorum” diyen 39 kişinin %30,8’i başka bölüm tercih edeceğini, %38,5’i etmeyeceğini, %30,8’i ise kararsız olduğunu belirtmiştir. “Evet, düşünüyorum” diyen 42 kişinin %52,4’ü başka bölüm tercih edeceğini, %21,4’ü etmeyeceğini, %26,2’si kararsız olduğunu belirtmiştir. “Evet, ama çok zor olduğunu düşünüyorum” diyen 56 kişinin %50,0’si başka bölüm tercih edeceğini, %26,8’i etmeyeceğini, %23,2’si kararsız olduğunu belirtmiştir. “Hayır, kesinlikle düşünmüyorum” diyen 42 kişinin %88,1’i başka bölüm tercih edeceğini, %7,1’i etmeyeceğini, %4,8’i kararsız olduğunu belirtmiştir. İş bulamayacağını düşünenlerin büyük çoğunluğunun başka bir bölüm tercih etmeyi istediği, iş bulabileceğine kesin inancı olanların ise daha dengeli bir dağılım gösterdiği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle şimdiki akılları olsa bölüm değiştirmek isteyenlerin sadece %12’si kesinlikle iş bulacağını düşünen ve %22,2’si ise iş bulacağını düşünenlerdir. Bu durum, iş bulma beklentisinin bölüm memnuniyeti ve tercih pişmanlığı ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir.

H₀: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 10. Aile Baskısı Algısı ile Cinsiyet Arasındaki İlişki

Ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim.		Cinsiyetiniz?		Toplam	χ^2	p
		Kadın	Erkek			
Katılıyorum	Kişi	46	34	80	2,584 ^a	0,275*
	%	57,5	42,5	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	29	11	40		
	%	72,5	27,5	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	36	23	59		
	%	61,0	39,0	100,0		
Toplam	Kişi	111	68	179		
	%	62,0	38,0	100,0		

*p>0,05. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Tablo 10’da Pearson chi-square istatistiği p-value=0,275> α =0,05 olduğundan H_0 reddedilemez. Bu nedenle yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile katılımcıların cinsiyeti arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığını söylemek mümkündür. Tablo 10’daki sonuçlara bakarak, “ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim” ifadesine katılan 80 kişinin %57,5’i kadın, %42,5’i erkektir. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 40 kişinin %72,5’i kadın, %27,5’i erkektir. “Katılmıyorum” diyen 59 kişinin %61,0’u kadın, %39,0’u erkektir. Tablo 10’a göre kadınların yaklaşık %41,4’ü ve erkeklerin %50’si baskı gördüklerini ifade ederken, kadınların %32,4’ü baskı görmediklerini ve erkeklerin %33,8’i baskı görmediklerini ifade etmişlerdir. Cinsiyete göre baskı görülmesi arasında küçük farklılıklar gözlemlense de baskı ile cinsiyet dağılımları arasında belirgin bir farklılık gözlenmemektedir.

H₀: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 11. Aile Baskısı Algısı ile Ailenin Ortalama Aylık Geliri Arasındaki İlişki

Ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim.		Ailenizin ortalama aylık geliri ne kadar?					Toplam	χ^2	p
		0-22.500	22.501-45.000	45.001-67.500	67.501-90.000	90.001 ve üzeri			
Katılıyorum	Kişi	23	26	20	7	4	80	22,270 ^a	0,004*
	%	28,7	32,5	25,0	8,8	5,0	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	7	10	8	12	3	40		
	%	17,5	25,0	20,0	30,0	7,5	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	7	13	14	13	12	59		
	%	11,9	22,0	23,7	22,0	20,3	100,0		
Toplam	Kişi	37	49	42	32	19	179		
	%	20,7	27,4	23,5	17,9	10,6	100,0		

*p<0,05. a. 1 cells (6,7) have expected count less than 5.

Tablo 11’de Pearson chi-square istatistiği $p\text{-value}=0,004<\alpha=0,05$ olduğundan H_0 reddedilir. H_1 hipotezinin kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile ailenin ortalama aylık geliri arasında bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 11’de yer alan verilere göre, “ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim” ifadesine katılan 80 kişinin %28,7’si 0-22.500 TL, %32,5’i 22.501-45.000 TL, %25,0’i 45.001-67.500 TL, %8,8’i 67.501-90.000 TL ve %5,0’i 90.000 TL ve üzeri gelir grubunda yer almaktadır. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 40 kişinin %17,5’i 0-22.500 TL, %25,0’i 22.501-45.000 TL, %20,0’si 45.001-67.500 TL, %30,0’u 67.501-90.000 TL ve %7,5’i 90.000 TL ve üzeri gelir grubundadır. “Katılmıyorum” diyen 59 kişinin %11,9’u 0-22.500 TL, %22,0’si 22.501-45.000 TL, %23,7’si 45.001-67.500 TL, %22,0’si 67.501-90.000 TL ve %20,3’ü 90.000 TL ve üzeri gelir grubundadır. Aile baskısı hissedenlerin ağırlıklı olarak düşük ve orta gelir gruplarında yoğunlaştığı, baskı hissetmeyenlerin ise büyük oranda yüksek gelir grubunda (90.000 TL ve üzeri) yer aldığı görülmektedir. Aile ortalama geliri 0-22.500 olanların yaklaşık %62,1’i, 22.501-45.000 olanların %53’ü ve 45.001-67.500 olanların %47,6’sı baskı gördüğünü ifade etmişlerdir. Diğer yandan aile ortalama geliri 67.501-90.000 olanların yaklaşık %21,9’u ve 90.001 ve üzeri olanların %21’i baskı gördüklerini ifade etmişlerdir. Bu bulgu, düşük gelirli ailelerin çocuklarına mesleki başarı konusunda daha fazla baskı uyguladığını göstermektedir.

H₀: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki yoktur.

H₁: Yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır.

Tablo 12. Aile Baskısı Algısı ile İşsizlik Travması Algısı Arasındaki İlişki

Ailemden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim.		Mezuniyet sonrası yakın zamanda (0- 3 yıl) iş bulamamak benim için bir travmadır.			Toplam	χ^2	p
		Katılıyorum	Kararsızım/ Fikrim yok	Katılmıyorum			
Katılıyorum	Kişi	59	15	6	80	30,445 ^a	0,000*
	%	73,8	18,8	7,5	100,0		
Kararsızım/ Fikrim yok	Kişi	19	12	9	40		
	%	47,5	30,0	22,5	100,0		
Katılmıyorum	Kişi	18	18	23	59		
	%	30,5	30,5	39,0	100,0		
Toplam	Kişi	96	45	38	179		
	%	53,6	25,1	21,2	100,0		

* $p<0,05$. a. 0 cells (0,0) have expected count less than 5.

Pearson chi-square istatistiği $p\text{-value}=0,000<\alpha=0,05$ olduğundan H_0 reddedilir. Böylece H_1 hipotezinin kabul edilebilir olduğunu söylemek mümkündür. Bu nedenle yakın gelecekte meslek sahibi olmak için aileden baskı görme algısı ile mezuniyet sonrası yakın zamanda iş bulamamayı travma olarak algılama arasında bir ilişki olduğunu söylemek mümkündür. Tablo 12’de yer alan verilere göre, “aileden yakın gelecekte meslek sahibi olmak için bir baskı görmekteyim” ifadesine katılan 80 kişinin %73,8’i mezuniyet sonrası iş bulamamayı travma olarak algılarken, %18,8’i kararsız, %7,5’i ise travma olarak algılamamaktadır. “Kararsızım/Fikrim yok” diyen 40 kişinin %47,5’i travma olarak algılarken, %30,0’u kararsız, %22,5’i travma olarak algılamamaktadır. “Katılmıyorum” diyen 59 kişinin %30,5’i travma olarak algılarken, %30,5’i kararsız, %39,0’u ise travma olarak algılamamaktadır. Mezuniyet sonrası uzun süre iş bulamamanın kendileri için travma olduğunu ifade edenlerin %61,4’ü aile yakın gelecekte meslek sahibi olma noktasında baskı gördüklerini ifade etmişlerdir. Aile baskısı hissedip travma olarak görmeyenlerin oranı ise sadece %7,5’tir. Diğer bir ifadeyle aile baskısı hissedenlerin büyük çoğunluğunun işsizliği travma olarak algıladığı, baskı hissetmeyenlerin ise daha dengeli bir dağılım gösterdiği ve önemli bir kısmının işsizliği travma olarak algılamadığı görülmektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, yükseköğretim mezunları arasında yaygınlaşan kronik genç işsizliği sorununun yansıması olan işsizlik kaygısını Bayburt Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi öğrencileri örnekleminde nicel yöntemle incelemektedir. Araştırma bulguları, öğrencilerin mezuniyet sonrasına ilişkin istihdam beklentilerinde belirgin bir belirsizlik ve yüksek düzeyde kaygı yaşadıklarını ampirik verilerle ortaya koymaktadır. Bu kaygı, yalnızca bireysel gelecek planlamasına ilişkin bir endişe değil, aynı zamanda Türkiye’deki işgücü piyasasının yapısal sorunlarının öğrenciler tarafından algılanma biçiminin somut bir göstergesi niteliğindedir. Elde edilen sonuçlar, işsizlik kaygısının dağılımında dikkat çekici sosyoekonomik ve sosyodemografik farklılıklar bulunduğunu göstermektedir.

Araştırma sonuçları, işsizlik kaygısının öğrenciler arasında homojen bir dağılım göstermediğini, aksine belirgin farklılıklar üzerinden şekillendiğini ortaya koymaktadır. Kadın öğrencilerin erkek öğrencilere kıyasla daha yüksek düzeyde kaygı taşıması, toplumsal cinsiyet rollerinin işgücü piyasasındaki eşitsizliklerle kesiştiğini göstermektedir. Benzer şekilde, düşük ve orta gelir grubunda olan öğrencilerde kaygı düzeyinin daha yüksek olması bir diğer sınıfsal farklılığı ortaya koymaktadır. Yaş ve sınıf düzeyi ile kaygı arasındaki ilişki, mezuniyete yaklaşıldıkça işsizlik kaygısının belirgin biçimde arttığını ortaya koymaktadır. Özellikle 22–23

yaş ve 24 yaş üzeri gruplarda kaygının yoğunlaşması, öğrencilerin işgücü piyasasına yaklaşımlarıyla birlikte baskın bir hâl aldığını göstermektedir. Son olarak ise öğrencilerin bölüm memnuniyeti ile tercih pişmanlığı arasındaki çelişkili görünümüdür. Öğrencilerin yaklaşık yarısının okuduğu bölümden memnun olduğunu ifade etmesine rağmen, mezuniyet sonrası istihdam kaygısı nedeniyle aynı bölümü yeniden tercih etmeyeceğini belirtmesi yükseköğretimde eğitimin içeriği ile işgücü piyasası arasındaki kopukluğu yansıtmaktadır.

Öğrencilerin önemli bir bölümünün mezuniyet sonrası 3 yıl içerisinde iş bulamama durumunu “travmatik” bir deneyim olarak algılaması, işsizliğin yalnızca ekonomik değil, aynı zamanda bir psikolojik tehdit olarak deneyimlendiğini ortaya koymaktadır. Aileden gelen meslek sahibi olma baskısının özellikle düşük gelir gruplarında daha yoğun hissedilmesi işsizlik kaygısının yalnızca bireysel bir duygu durumu olmadığını, aynı zamanda aile içi beklentilerden beslendiğini göstermektedir. Bu bağlamda işsizlik kaygısı, bireyin yalnızca kendi geleceğine değil, ailesine karşı duyduğu sorumluluklara ilişkin endişeleri de içeren çok boyutlu bir olgu olduğu görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışma Bayburt Üniversitesi İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi öğrencileri arasında işsizlik kaygısının yaygın ve belirgin bir algı olarak deneyimlendiğine işaret etmektedir. Bulgular, öğrencilerin mezuniyet sonrası istihdam olanaklarına ilişkin belirsizlikleri ve risk algılarını, Türkiye’de uzun süredir devam eden genç işsizliği, eğitim–istihdam uyumsuzluğu ve sınırlı işgücü talebi gibi yapısal sorunlar bağlamında anlamlandırdıklarını göstermektedir. Bu yönüyle işsizlik kaygısı, yalnızca bireysel düzeyde yaşanan bir duygu durumu değil, aynı zamanda yükseköğretim sistemi ile işgücü piyasası arasındaki ilişkinin öğrenciler nezdindeki yansımalarına dair önemli bir gösterge olarak değerlendirilebilir. Elde edilen bulgular doğrultusunda, yükseköğretim kurumlarında kariyer rehberliği hizmetlerinin güçlendirilmesi ve öğrencilerin psikososyal destek mekanizmalarına erişiminin artırılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Adıgüzel, M. (2021). Türkiye’de genç işsizliği etkileyen faktörler. *Econharran*, 5(8), 100-129.
- Akyüz, A. M., & Durmuş, İ. (2022). Üniversite öğrencilerinin hayatlarını anlamlandırmalarında işsizlik kaygıları, kariyer hedefleri ve kişisel gelişimlerinin rolü. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 20(2), 23-53
- Dönmez Kara, C. O., & Karaaslan, I. (2022). Covid-19 pandemisinin üniversite öğrencilerinin işsizlik kaygısı üzerine etkileri. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (82), 155-194.
- Dursun, S., & Aytaç, S. S. (2009). Üniversite öğrencileri arasında işsizlik kaygısı. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 28(1), 71-84.
- Dursun, S., & Şen, M. (2022). İktisadi ve idari bilimler fakültesi öğrencilerinin işsizlik kaygısı: Demografik faktörler ve psikolojik semptomlar açısından bir inceleme. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 12(2), 251-266.

- Eren, H. B. (2020). Eczacılık fakültesi son sınıf öğrencilerinde işsizlik kaygısı, girişimcilik niyeti ve umutsuzluk ilişkisi: Ankara ili örneği (Yayımlanmamış doktora tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Görmüş, A., Bozkurt, B., Karaöz E., & Kuçinoğlu, D. (2023). Üniversiteden yeni mezunların işsizlik deneyimleri üzerine nitel bir araştırma. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 19(2), 298-315.
- Gündoğan, N. (1999). Genç işsizliği ve Avrupa Birliği'ne üye ülkelerde uygulanan genç istihdam politikaları, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 54(1), 63-79.
- ILO, (2025). ILOSTAT data Explorer, SDG indicator 8.5.2- Unemployment rate (%)-Annual https://rshiny.ilo.org/dataexplorer66/?lang=en&segment=indicator&id=SDG_0852_SEX_AGE_RT_A
- ILO. (2019). Quick guide on interpreting the unemployment rate. Geneva: International Labour Organization.
- Kıçır, B. (2017). Eğitimli genç işsizliği üzerinden işsizlik kaygısına bir bakış. *Çalışma ve Toplum*, 3(54), 1369-1396.
- Murat, S., & Şahin, L. (2011). AB'ye Uyum Sürecinde Genç İşsizliği, İstanbul Ticaret Odası Yayınları, Yayın No: 2011-35
- Orkunoğlu Şahin, I. F. (2020). Genç işsizliği ve mücadele yöntemleri. *Gençlik Araştırmaları Dergisi*, 8(20), 135-157.
- Özder, H., Birinci, M., Zaifoğlu, P., & Işıktaş, S. (2018). Okulöncesi ve sınıf öğretmeni adaylarının işsizlik kaygılarına ilişkin bir ölçek geliştirme çalışması. *İş, Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 20(2), 39-56
- Saraç, H. (2023). İşsiz, istihdam edilen ve işverenlerin genç işsizliğinin nedenlerine ilişkin görüşleri: IBBS-1 Türkiye incelemesi (Yayımlanmamış doktora tezi), Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- TÜİK. (2025a). “Analitik Çerçeve, Kapsam, Tanımlar ve Sınıflamalar” <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108>
- TÜİK. (2025b). “İşgücü İstatistikleri”. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Istihdam,-Issizlik-ve-Ucret-108>
- TÜİK. (2025c). “Yükseköğretim İstihdam Göstergeleri, 2024”. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yuksekogretim-Istihdam-Gostergeleri-2024-54096>
- Türk, A., & Işık, A. (2024). Üniversiteli gençlerde kaygı ve çözüm önerileri. *Akademi Karabük Dergisi (AKADER)*, 8(1), 32-44.
- Yazar Aslan, B. (2015). Genç işsizliğe yönelik alan araştırması: Üniversite öğrencileri arasında kaygı ve umutsuzluk. *Çalışma İlişkileri Dergisi*, 6(2), 71-86.
- Yılmaz, T., Fidan, F., & Karataş, V. (2004). İşsizliğin sosyo-psikolojik sonuçları: Sosyo-demografik özelliklere göre bireylerin tutumları (bir alan araştırması). *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*, (48), 163-183.

ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN SEKÜLERLEŞMEYE İLİŞKİN TUTUMLARI***Zülal YILMAZ**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalı, Sivas

ORCID: 0009-0002-8945-2128**Doç. Dr. Fatih ARSLAN**

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Sosyoloji Bölümü, Sivas

ORCID: 0000-0001-6916-6277**ÖZET**

Sekülerleşme, modernleşme sürecinden itibaren kültürel ve bireysel alanlarda dinin etkisinin azalmasını ifade eden bir kavramdır. Bu süreç geleneksel din inançların ve dini pratiklerin toplumsal ve bireysel hayatta daha az belirleyici olması ile karakterizedir. Sekülerleşme süreci batı toplumlarında başlayarak, tarihsel süreç içerisinde dünyanın farklı bölgelerine de yayılarak çeşitli biçimlerde etkisini göstermiştir. Bu nedenle sekülerleşmenin farklı dinamikleri ve boyutları sosyal bilimler içerisinde uzun süredir tartışılmakta ve araştırma konusu olmaktadır. Türkiye özelinde sekülerleşme kavramı, Cumhuriyetin temelleri atıldıktan sonra meydana gelen toplumsal değişimler sonucunda kendisine yer edinebilmiş laikleşme ve modernleşme kavramları bağlamında önemli bir sosyolojik tartışma konusu olmuştur.

Toplumsal değişimin öncüleri arasında görülen üniversite öğrencilerini din ve sekülerleşmeye dair tutumları gelecekteki toplumsal eğilimleri belirlemede yol gösterici olabilmektedir. Bu doğrultuda Sivas Cumhuriyet Üniversitesinde öğrenimine devam eden öğrencilerin sekülerleşme tutumlarını belirlemek ve bu tutumların şekillenmesinde hangi faktörlerin belirleyici olduğunu saptamak bizlere Türkiye'deki sekülerleşme sürecine dair önemli veriler sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sekülerleşme, Din, Laiklik, Modernleşme, Modernizm, Değişim.

UNIVERSITY STUDENTS' ATTITUDES TOWARDS SECULARIZATION**ABSTRACT**

Secularization is a concept that describes the diminishing influence of religion in cultural and individual spheres since the modernization process. This process is characterized by the decreasing importance of traditional religious beliefs and practices in social and individual life. Starting in Western societies, the secularization process has spread to different regions of the world over time, manifesting in various forms. As a result, the different dynamics and

* Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyoloji Anabilim Dalında Zülal Yılmaz'ın Doç. Dr. Fatih ARSLAN danışmanlığında yazdığı "Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Öğrencilerinin Sekülerleşmeye İlişkin Tutumları" başlıklı Yüksek Lisans Tezi temele alınarak hazırlanmıştır.

dimensions of secularization have long been a subject of debate and research within the social sciences.

In the context of Turkey, the concept of secularization has become a significant sociological topic in light of the societal changes that occurred after the foundation of the Republic, particularly within the framework of secularism and modernization. The attitudes of university students, seen as pioneers of social change, towards religion and secularization can provide guidance in determining future social trends. In this regard, identifying the secularization attitudes of students studying at Sivas Cumhuriyet University and determining the factors that shape these attitudes will provide important data on the secularization process in Turkey.

Keywords: Secularization, Religion, Secularism, Modernization, Modernism, Change.

GİRİŞ

Sekülerleşme belirli bir toplumda belirli bir zaman dilimi içerisinde doğaüstü alanın yani dinin, din benzeri yapıların, geleneksel ve batıl inançların bireysel ve toplumsal düzeydeki prestijlerinin tedrici olarak kaybolması, toplumu şekillendirme güçlerinin azalması anlamını taşımaktadır (Ertit 2020a: 47). Türkiye’de sekülerleşme süreci cumhuriyetin ilk yıllarına dayanmaktadır. Laiklik ilkesini benimsemiş ülkelerde sekülerleşme süreci, toplumsal ve bireysel dinamiklerde önemli değişimlerin hareket noktasını oluşturmaktadır. Bu tez çalışmasının temel amacı, Sivas Cumhuriyet Üniversitesinde öğrenim görmekte olan öğrencilerin sekülerleşmeye ilişkin tutum ve davranışlarını farklı değişkenler bağlamında değerlendirmektir.

Modern toplumlar, hızla değişen dinamikler ve dönüşümler ile karakterize edilmektedir. Bu değişimlerin önemli bir bileşeni olan sekülerleşme, toplumların dini inanç ve pratiklerle olan ilişkilerinde köklü değişikliklere neden olmaktadır. Türkiye’de, Cumhuriyetin kuruluşundan itibaren laiklik ilkesi temelinde şekillenen modernleşme süreci, sekülerleşme ile ilgili önemli tartışmaları da beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda, genç nüfusun sekülerleşme sürecine nasıl tepki verdiği, toplumun gelecekteki yönelimi hakkında ipuçları sunabilir. Özellikle üniversite öğrencilerinin sekülerleşmeye ilişkin tutumları, hem akademik hem de toplumsal düzeyde incelenmesi gereken kritik bir konudur.

Modernleşme olgusu kapsamında üniversitelerin ve genç nüfusun tutum ve davranışlarının sekülerleşmeye ilişkin önemli veriler sunabileceği düşünülmektedir. Üniversiteler bilimsel bilginin üretimine kaynaklık etmesi, eleştirel düşünme becerilerinin kazandırılması, farklı düşünce ve inanç sistemlere sahip bireylerin bir arada bulunabilmesi özellikleri bakımından toplumlarda daha özgür, rasyonel ve hoşgörülü bireylerin yetişmesinde önemli rol

oyunmaktadır. Bu nedenle üniversitelerin modern, seküler ve rasyonel toplumların inşasındaki rolü yadsınamamaktadır. Bu bağlamda, üniversite öğrencilerinin sekülerleşme sürecinde sergilediği tutumlar araştırmanın temel konusunu ve problemini oluşturmaktadır.

Türkiye’de genel sekülerleşme çalışmaları olsa da, Sivas gibi Anadolu kentlerindeki gençliğin bu sürece olan yaklaşımlarını çok boyutlu olarak inceleyen çalışmaların sınırlı olduğu fark edilmiştir. Bu çalışma bu boşluğu tamamlamayı hedeflemektedir. Araştırma sürecinde; Sivas Cumhuriyet Üniversitesi öğrencilerinin yaş, cinsiyet, fakülte, anne ve babanın öğrenim durumu, ailenin ekonomik gelir durumu, öğrencinin aldığı aylık ortalama gelir, dini eğitimi alma biçimi ve ailenin dindarlık düzeyi gibi başlıca demografik değişkenlere bağlı kalınarak öğrencilerin sekülerleşme eğilimleri arasında nasıl bir ilişki bulunduğunu incelemektir. Bu amaç doğrultusunda çalışma süreci boyunca “Öğrencilerin sekülerleşmeye ilişkin tutumları nasıldır?” “Bu tutumlar cinsiyet, yaş, bölüm, aile gibi demografik değişkenlere göre nasıl farklılık göstermektedir?” “Öğrencilerin dini inanç ve pratikleri ile sekülerleşme tutumları arasında nasıl bir ilişki vardır?” gibi sorulara yanıt aranmıştır.

Sekülerleşme olgusu sosyolojik açıdan uzun yıllardır tartışılmaktadır. Klasik sosyologlar bu süreci farklı yönleriyle ele almıştır. Auguste Comte, insanlık tarihini teolojik, metafizik ve pozitif dönem olarak üç aşamada açıklarken, modernleşmeyi dinin toplumsal etkisinin azaldığı bir “pozitif dönem”e geçiş olarak yorumlamıştır. Pozitif aşama, meydana gelen doğal ve toplumsal olayların tanrı ya da metafiziksel unsurlar yerine, kurulan nedensel ilişkiler doğrultusunda açıklanmaya çalışıldığı aşamadır. Pozitif aşamaya erişildiğinde insan, akıl ve rasyonel ilkeler doğrultusunda hareket etmeye başlamış ve gerçekleşen olayları yine pozitivist çerçeve içerisinde çözüme kavuşturmaya çalışmıştır (Comte 2015: 179).

Karl Marx ise dini, toplumsal eşitsizliklerin bir yansıması ve “halkın afyonu” olarak tanımlamıştır. Ona göre Din, toplumları yatıştırmak ve uyutmak için güç sahibi sınıf tarafından kullanılan bir araçtır. Dinin insanları sarhoş eden ve uyuşturan bir işlevi vardır. İnsanların zihinlerini uyuşturarak, onların yaşadıkları haksızlık ve sömürülerle başa çıkmalarını kolaylaştırır. Onlara diğer dünyada ulaşabilecekleri bir mutluluk vaat eder. Marx’a göre insan kapıldığı bu yanılsama halinden yalnızca Aydınlanma ile kurtulabilir. Ancak Marx’ın burada sözünü ettiği Aydınlanma, felsefi bir anlam içermesinden daha çok, ekonomik alt temelli bir Aydınlanmadır; yani kapitalizm ilişkisinin farkına varılması, bir topluma hâkim olan değerlerin, aslında hâkim sınıfın değerleri olduğunun ayırdına varılmasıdır (Özyurt 2014: 237). Émile Durkheim’ın çalışmalarında ise din hem bireyin topluma entegre olmasını kolaylaştıran hem de toplumları bir arada tutmaya yarayan işlevi ile karakterize edilmektedir. “Durkheim’a

göre din, gerçekliğin bütün müşterek yorumlarını, dünyanın tutarlı bir görünümü içerisinde toplayan hem bilinç hem de vicdan anlamında toplumsal ahlakın oluşumunu sağlayan, toplumun tüm katmanlarında etkisi görünen sembolik bir çare idi” (Berger, Luckmann 2022: 82). Durkheim toplumu dinin kaynağı olarak görmüş ve kolektif deneyimler sonucu edinilen tecrübelerin kutsal olanı meydana getirdiğini ileri sürmüştür. Ona göre kutsal ve toplumsal değerler birbirini tamamlayan parçalardır. Tüm dinler farklı toplumsal koşullarda ortaya çıkmakta ve farklı inanç grupları tarafından benimsenmektedir. Bu nedenle toplumlar dinleri içerik ve biçim açısından değiştirme gücüne de sahiptir (Keskin 2004: 8-17).

Max Weber ise terminolojisinde dinin evriminden “büyü bozumu” olarak bahsetmiştir. Ona göre ilkel dünya, bütün olayların sihir ve büyü aracılığıyla kontrol edilmeye çalışıldığı bir dünyadır. Ancak belirli bir süre sonra büyü bozuma uğramış, rasyonelleşme çabaları ise daha görünür olmaya başlamıştır (Koby 2015: 56). Öte yandan Weber, rasyonelleşme süreci ile birlikte geleneksel toplum yapısından modern toplum yapısına doğru bir geçiş yaşandığını vurgulayarak, modern öncesi toplumların dindar bir görünüme sahip iken rasyonelleşme süreci ile beraber bu dini atmosferin giderek dağıldığını iddia etmiştir (Ritzer 2014: 165).

Modern dönem paradigmaları incelendiğinde ise Eklektik paradigma birbirine taban tabana zıt olan klasik ve modern paradigmaya eşit mesafede yer alması ile karakterize edilmektedir. Bu paradigmaya göre toplumlar sekülerleşme teorisini reddetmezler ancak buna paralel olarak dini canlanmaların yaşandığını da iddia ederler ve klasik ve modern paradigmanın yalnızca batı toplumlarına ait olmadığını iddia ederler. Temelde Eklektik paradigmanın ortaya çıkış nedenini modern paradigmanın klasik paradigma söylemini tam kavrayamadığına yönelik iddialar oluşturmaktadır. Eklektik paradigma, klasik sekülerleşme teorisinde olduğu gibi, bir süreçten diğerine sanki hiç geçilmemiş gibi bir algının oluşmasını doğru bulmaz. Böylesi bir sürecin hiç yaşanmadığı iddiası toplumsal değişim denilen olgusal sürecin doğasına aykırıdır. Öyle ki klasik paradigma teorisyenleri sekülerleşmenin yaygınlaşarak kapsayıcı ve evrensel bir güç haline geleceği kanaatindeydiler ancak, günümüzde kutsala dönüşe yönelik bir artışın varlığından kolaylıkla söz edilebilmektedir. Günümüzde sekülerleşme tartışmaları halihazırda devam ederken, diğer taraftan kutsal olana atfedilen değerlerin farklı alanlarda ve farklı biçimlerde karşımıza çıktığına da şahit olmaktayız. Modern dönemde din bir taraftan rasyonelleşerek var olmaya devam ederken diğer taraftan dinsel tecrübeler irrasyonel alana kaymaya başlamıştır (Arslan 2010:203). Modern yaklaşımlar sürecinin son basamağında yer alan eklektik paradigma, klasik paradigma ve modern paradigma kutuplaşmalarının tam ortasında konumlanarak üçüncü ve alternatif bir yol önermektedir. Bu özelliği ile eklektik

paradigma klasik ve modern yaklaşımlara yönelik eleştirel bir bakış açısı içerisinde olmuştur. Ancak eklektik paradigmanın perspektifinden bakıldığında bu yaklaşımlar tamamen reddedilmemiştir ve bir sentez ortaya konmuştur. Bu özelliği ile eklektik paradigma, sekülerleşme tartışmaları içerisinde diyalektik sürecin bir parçasını oluşturmaktadır. Eklektik paradigmanın oluşum sürecinde ortaya atılan iddialarda dinin yok olmayacağını ancak, yaşanan toplumsal değişimlerden etkilenmesinin de kaçınılmaz olduğu vurgulanmaktadır. Eklektik paradigma, toplumlarda eski ile yeninin yan yana bulunabileceğini vurgulamak istemiştir. Bu kuramsal çerçeve ekseninde yapılan çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi öğrencilerinin sekülerleşme düzeylerini sosyal ve dini boyutlarda analiz etmektedir. Öğrencilerin sekülerleşme tutumları, yalnızca dini pratiklerdeki değişimi değil, aynı zamanda modern değerlerle inanç sistemi arasındaki etkileşimi de yansıtmaktadır. Böylece araştırma, Türkiye’de gençlik ve din ilişkisinin güncel seyrini anlamaya katkı sunmayı amaçlamaktadır.

YÖNTEM

Bu araştırma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi öğrencilerinin sekülerleşmeye ilişkin tutumlarını belirlemeyi ve bu tutumların çeşitli sosyo-demografik değişkenlerle ilişkisini ortaya koymayı amaçlayan nicel bir çalışmadır. Araştırma, betimsel nitelikte olup tarama (survey) modeli kullanılmıştır. Bu yöntem, belirli bir evrende yer alan bireylerin bir olguya ilişkin görüş, tutum ve eğilimlerini sistematik biçimde ortaya çıkarmayı amaçlar. Araştırmanın evrenini, 2023–2024 eğitim-öğretim yılında Sivas Cumhuriyet Üniversitesi’nde öğrenim gören öğrenciler oluşturmaktadır. Evrenin büyüklüğü göz önüne alınarak farklı fakültelerden öğrencileri temsil edecek biçimde tabakalı örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmanın örneklemini toplam 296 öğrenci oluşturmaktadır. Bu öğrenciler İlahiyat Fakültesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Eğitim Fakültesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi ve Mühendislik Fakültesi’nden seçilmiştir. Katılımcıların belirlenmesinde gönüllülük esas alınmıştır. Araştırmada veriler, araştırmacı tarafından geliştirilen anket formu aracılığıyla toplanmıştır. Anket formu iki bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, öğrencilerin cinsiyet, yaş, fakülte, anne-baba eğitim durumu, gelir düzeyi, dini eğitim alma biçimi ve ailenin dindarlık düzeyi gibi demografik bilgileri yer almaktadır. İkinci bölümde ise, öğrencilerin sekülerleşmeye ilişkin tutumlarını ölçmeye yönelik 30 ifadeden oluşan bir ölçek kullanılmıştır. Bu ifadeler 5’li Likert tipi derecelendirmeye göre hazırlanmıştır (1=Kesinlikle Katılmıyorum, 5=Kesinlikle Katılıyorum).

Ölçek, sekülerleşmeyi iki boyutta ele almaktadır:

Sosyal boyut – bireylerin toplumsal yaşamda seküler değerlere yaklaşımını ölçen ifadeler.

Dini boyut – bireylerin dini inanç ve pratiklerine ilişkin tutumlarını belirleyen ifadeler.

Elde edilen veriler SPSS programı aracılığıyla çözümlenmiştir. Analiz sürecinde betimsel istatistikler (frekans, yüzde, ortalama ve standart sapma) kullanılmış; ayrıca değişkenler arasındaki ilişkileri incelemek amacıyla bağımsız örneklem t-testi, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ve Pearson korelasyon testi uygulanmıştır. Anlamlılık düzeyi $p < 0.05$ olarak kabul edilmiştir. Ölçeğin güvenilirliği için yapılan Cronbach's Alpha katsayısı 0.828 olarak bulunmuştur. Bu değer, ölçeğin yüksek düzeyde güvenilir olduğunu göstermektedir. Ölçeğin yapı geçerliliği, alan yazına dayalı olarak oluşturulan ifadelerin uzman görüşleriyle değerlendirilmesi sonucunda sağlanmıştır.

BULGULAR

Tablo 1. Katılımcıların Tanıtıcı Özellikleri (n= 296)

Cinsiyet	Sayı (n)	%
Kadın	233	78,7
Erkek	63	21,3
Yaş		
18-20 yaş	82	27,7
20-22 yaş	97	32,8
22-24 yaş	97	32,8
25 ve üzeri	20	6,7
Fakülte		
Edebiyat	53	17,9
Eğitim	58	19,6
İlahiyat	53	17,9
İletişim	47	15,9
İİBF	50	16,9
Fen	35	11,8
Uzun süre yaşanılan yer		
İl	97	32,8
İlçe	66	22,0
Köy	60	15,2
Büyük	73	24,7
şehir		
Baba eğitim		
İlkokul	145	49,0
Lise	97	32,8
Üniversite	40	13,5
Lisanüstü mezun	14	4,7

Anne öğrenim		
İlkokul	200	67,6
Lise	66	22,3
Üniversite	23	7,8
Lisanüstü mezun	7	2,4
Aile Gelir		
Çok düşük	19	6,4
Düşük	48	16,2
Orta	212	71,6
Yüksek	17	5,7
Aileden alınan harçlık, burs maaş dahil aylık gelir		
3000 TL	115	38,9
3000-6000 TL	96	32,4
6000-9000 TL	45	15,2
9000-12000 TL	20	6,8
12000 TL üzeri	20	6,8
Dini eğitiminizi nasıl aldınız		
Ailede	128	43,2
Kuran kursunda	96	32,4
Kendi kendine	24	8,1
Ders müfredatında	43	14,5
Herhangi bir din eğitimi almadım	5	1,7
Ailenizi dindarlık düzeyi		
Çok dindar	34	11,5
Dindar	209	70,6
Dinle az ilgili	47	15,9
Dinle hiç ilgisi yok	6	2,0

Araştırma kapsamında katılımcılara ait demografik bulgular incelendiğinde; katılımcıların %78,7'si kadınlardan oluşuyor, %32,8' i 20-24 yaş aralığında bulunmakta, %19,8'i eğitim fakültesinde öğrenim görmekte, %49 baba ve %67,6 anne öğrenim durumu ilkököl, ailelerin %71,6'sı orta gelir düzeyine sahip, ailelerin %70,6'sı katılımcı öğrenciler tarafından “dindar” olarak tanımlanmış ve katılımcıların %43,2'si dini eğitimlerini aileden aldıklarını belirtmektedir. Katılımcıların %32,8'i uzun süre illerde ikamet etmiştir ve öğrenim gördükleri süreçte (2024) aylık gelirleri %38,9 ile 3000 TL'dir

Tablo 2. Sosyal ve Dini Boyutla İlgili Sorular

		K. Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	K. Katılıyorum
1. Davranışlarımın dine uygun olup olmadığına dikkat ederim	n	13	19	30	129	105
		4,4	6,4	10,1	43,6	35,5
2. Eş seçiminde diğer özelliklerinden daha çok dindar olması benim için önemlidir.	%	32	43	40	94	87
		10,8	14,5	13,5	31,8	29,4
3. Dinî nikaha gerek yok resmî nikâh yeterlidir.	n	136	47	47	27	39
		45,9	15,9	15,9	9,1	13,2
4. Okullarda resmî din eğitimleri verilmelidir.	%	29	22	63	84	98
		9,8	7,4	21,3	28,4	33,1
5. Kadınlar tüm meslek dallarında erkeklerle eşit olmalıdır.	n	12	25	45	55	159
		4,1	8,4	15,2	18,6	53,7
6. Türbeleri ziyaret etmek sıkıntıların giderilmesinde yararlıdır.	%	52	55	94	52	43
		17,6	18,6	31,8	17,6	14,5
7. Radikal dinî akımlar toplumsal bütünlüğümüzü böler.	n	26	28	113	68	61
		8,8	9,5	38,2	23,0	20,6
8. Devlet yöneticilerinin dindar kişiler olmasını önemserim.	%	75	44	62	57	58
		25,3	14,9	20,9	19,3	19,6
9. İnancım gereği alkol satılan yerlerden alışveriş yapmam.	n	75	42	41	50	88
		25,3	14,2	13,9	16,9	29,7
10. Çocuğuma dinî inancımı çağrıştıracak isimler koymayı tercih ederim.	%	61	51	55	61	68
		20,6	17,2	18,6	20,6	23,0
11. Giyim kuşam tarzımda dinî değerler etkilidir.	n	45	38	60	76	77
		15,2	12,8	20,3	25,7	26,0
12. LGBTİ+ bireylerin varlığını / onur yürüyüşlerini ve sahip olduğu hakları desteklerim.	%	139	31	63	30	33
		47,0	10,5	21,3	10,1	11,1
13. Dinî değerlerimle çatışmayan bir firmada / kurumda çalışmayı tercih ederim.	n	46	39	65	49	97
		15,5	13,2	22,0	16,6	32,8
14. Spor salonu, yüzme havuzu vb. yapılarda kadın - erkek ayrı olmasını tercih ederim.	%	38	22	51	48	137
		12,8	7,4	17,2	16,2	46,3
15. Arkadaş seçimlerimde insanların inançları etkilidir.	n	86	34	49	57	70
		29,1	11,5	16,6	19,3	23,6
16. Yılbaşı kutlamalarının yapılmasında bir sakınca yoktur.	%	66	42	57	52	79
		22,3	14,2	19,3	17,6	26,7
17. Bilimsel - Teknolojik gelişmelerin ve modernleşmenin dinî inançlarımız üzerinde olumsuz etkisi olduğunu düşünüyorum.	n	104	33	70	65	24
		35,1	11,1	23,6	22,0	8,1
18. Ekonomik düzey ve statü arttıkça manevi geleneksel dinsel normlara karşı sorgulama ve eleştirel bakış açısı da artmaktadır.	%	39	35	81	77	64
		13,2	11,8	27,4	26,0	21,6
19. Moda ve Trendler kılık kıyafet tercihlerimde belirleyicidir.	n	47	37	65	84	63
		15,9	12,5	22,0	28,4	21,3
20. Bir vakıf veya demeğe bağış yapacak isem, bağışta bulunacağım derneğin dinî bir kurum olmasını tercih ederim.	%	71	46	64	57	58
		24,0	15,5	21,6	19,3	19,6
21. İhtiyaç anında faizli borç alınabilir.	n	86	37	66	49	58
		29,1	12,5	22,3	16,6	19,6
22. Aileler çocuklarına dinî bilgileri aktarmalı ve ibadet konusunda onlara örnek olmalıdır.	%	13	12	39	45	187
		4,4	4,1	13,2	15,2	63,2

23.Allah vardır ve evrenin yaratıcısıdır.	8 2,7	6 2,0	19 6,4	20 6,8	243 82,1
24.Kur'ân'da anlatılanların hepsi gerçektir ve her çağda geçerlidir.	10 3,4	6 2,0	36 12,2	30 10,1	214 72,3
25.Dine bağlılık insanın hayatına farklı bir anlam kazandırır ve birçok soruya cevap bulmada yardımcı olur.	15 5,1	10 3,4	30 10,1	44 14,9	197 66,6
26.Dua etmek insan yaşamında önemli bir yere sahiptir.	9 3,0	6 2,0	25 8,4	34 11,5	222 75,0
27.Bir işe başlamadan önce besmele çekerim.	17 5,7	12 4,1	30 10,1	55 18,6	182 61,5
28.Maddi imkanların el verirse kurban keserim / Hacca giderim.	17 5,7	11 3,7	24 8,1	37 12,5	207 69,9
29.Özel dinî gecelerde ibadet ederim	17 5,7	11 3,7	30 10,1	54 18,2	184 62,2
30. Dinî pratikleri (Namaz kılmak, Oruç tutmak, Cuma namazı) düzenli olarak yerine getirmeye çalışırım	20 6,8	15 5,1	35 11,8	86 29,1	140 47,3

Sosyal boyuttaki sekülerleşme düzeyleri incelendiğinde kontrollü bir eğilim görülmektedir. Örneğin; “12. LGBTi+ bireylerin varlığını / onur yürüyüşlerini ve sahip olduğu hakları desteklerim.” ifadesine katılımcıların %47,0’si kesinlikle katılmıyorum yanıtını vermiştir. “14. Spor salonu, yüzme havuzu vb. yapılarda kadın-erkek ayrı olmasını tercih ederim.” ifadesine katılımcıların %46,3’ü kesinlikle katılıyorum yanıtını vermiştir. “22. Aileler çocuklarına dini bilgileri aktarmalı ve ibadet konusunda onlara örnek olmalıdır.” ifadesine ise katılımcıların %63,2’si kesinlikle katıldıklarını belirtmiştir. Ancak dini boyut incelendiğinde bu boyuttaki tutumlar daha tutarlı ve yüksek puanlara sahiptir. Katılımcı gençler sosyal hayatta kontrollü de olsa sekülerleşme eğilimleri içerisinde olurken diğer yandan dini boyuttaki tutumlarını ve hassasiyetlerini de sürdürmeye devam etmektedirler.

Tablo 3. Cinsiyetin sekülerleşme tutum anketi ve anketin alt boyutlarına göre farklılaşmasını belirlemeye yönelik yapılan analiz sonuçları

		N	Mean	Ss	Min	Max	Test/p
Sosyal	Kadın	233	3,27	0,51	1,41	5,00	2,586
	Erkek	63	3,09	0,50	1,82	4,09	0,010
Dini	Kadın	233	4,45	0,79	1,00	5,00	3,015
	Erkek	63	4,07	1,10	1,00	5,00	0,003
Genel anket	Kadın	233	3,58	0,51	1,70	5,00	3,169
	Erkek	63	3,35	0,57	1,60	4,23	0,002

*p < 0.05

Kadın öğrencilerin sekülerleşme tutum puanları erkek öğrencilere göre anlamlı biçimde daha farklı olduğu gözlemlenmektedir. Bir diğer ifade ile kadınlar ile erkekler arasında ortaya çıkan bu farklılıkların tesadüfen oluşmadığını, cinsiyetin bu tutumları etkilediği anlamına gelmektedir. Bu farklılıklar bireysel değerler, sosyokültürel faktörler ve toplumsal cinsiyet rolleri gibi farklı etkenlere dayandırılabilir.

Tablo 13. Çalışma kapsamında kullanılan sekülerleşme tutum anketi ve anketin alt boyutlarının kendi aralarındaki ilişkiyi belirlemeye yönelik yapılan korelasyon

Correlations				
		Sosyal	Dini	Ölçek
Sosyal	r	1	,493**	,923**
	p		,000	,000
Dini	r		1	,789**
	p			,000
Genel anket	r			1
	p			

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**p < 0.01

Sosyal ve dini boyutlar arasında güçlü ve pozitif yönlü bir ilişki bulunmaktadır ($r=0,789$). Bu da sekülerleşme eğilimlerinin çok boyutlu ama birbirini destekleyen yapıda olduğunu göstermektedir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırmada, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi öğrencilerinin sekülerleşmeye ilişkin tutumları incelenmiş ve bu tutumların çeşitli sosyo-demografik değişkenlerle olan ilişkisi değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda öğrencilerin sekülerleşmeye ilişkin genel eğilimlerinin orta düzeyde olduğu belirlenmiştir. Öğrenciler sosyal yaşam alanlarında seküler değerlere kısmen daha fazla yönelmekte; buna karşın dini inanç ve pratiklerde geleneksel yaklaşımlarını sürdürmektedir. Bu durum, sekülerleşmenin öğrenciler arasında dinden uzaklaşma değil, daha çok dini değerlerin yeniden yorumlanması biçiminde yaşandığını göstermektedir. Cinsiyet değişkeni incelendiğinde, kadın öğrencilerin sekülerleşmeye ilişkin tutumlarının erkek öğrencilere göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Kadınların sosyal yaşam ve bireysel özgürlük konularında daha aktif olmalarının, bu farklılığın ortaya çıkmasında etkili olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca fakültelere göre yapılan karşılaştırmada, İlahiyat Fakültesi öğrencilerinin sekülerleşme eğilimleri diğer fakültelere kıyasla daha düşük bulunmuştur. Bu sonuç, alınan eğitimin içeriği ve dini bilgiyle kurulan ilişkinin tutumlar üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Öte yandan ailenin dindarlık düzeyine göre yapılan analizde ise,

ailesini “dindar” olarak tanımlayan öğrencilerin sekülerleşme puanlarının daha düşük olduğu, ailesini “dindar değil” olarak tanımlayan öğrencilerin ise daha yüksek puanlara sahip oldukları görülmüştür. Bu bulgu, aile yapısının ve dini atmosferin bireyin dini tutumlarını şekillendirmede önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır. Araştırmada ayrıca sosyal ve dini boyutlar arasında pozitif yönlü ve güçlü bir ilişki tespit edilmiştir. Bu durum, sekülerleşme sürecinin çok boyutlu olduğunu ve toplumsal yaşamla dini yaşantı arasındaki etkileşimin birbirini tamamen reddetmediğini de göstermektedir. Sekülerleşme, bireyin hem modern hem de dini değerlere sahip olabildiği bir uyum süreci olarak değerlendirilebilir. Sonuç olarak, araştırma bulguları gençliğin dini ve seküler değerleri bir arada yaşayabildiğini, bu iki alan arasında katı bir ayrımın bulunmadığını göstermektedir. Sekülerleşme, Türkiye’deki genç kuşaklar açısından inançsızlık değil, çok boyutlu bir kimlik ve değer dönüşümü olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- Arslan M. (2010). Seküler Topumlarda Kutsal Arayışları: Geç Modern Dönemde Büyü-Din İlişkisinin Sosyolojik Analizi. İnönü Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 1(1), 195-210.
- Berger P.L, Luckman T. (2022). Modernite, Çoğulculuk ve Anlam Krizi. İstanbul. Albaraka Yayınları.
- Comte A. (2015). Pozitif Felsefe Dersleri ve Pozitif Anlayış Üzerine Konuşma. (Çev.Erkan Ataçay), Ankara. Bilgesu Yayıncılık.
- Ertit, V. (2020a). Sekülerleşme Teorisi, Ankara. Liberte Yayınları.
- George D, Mallery M. (2010). SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference. 17.0 update (10a ed.) Boston: Pearson
- Keleş V. (2018). Öğretmenlerin Yetiştirilmesinde ve Değerlendirilmesinde Okul Müdürünün Rolüne İlişkin Öğretmen Görüşleri. Marmara Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.
- Keskin M. (2004). Din ve Toplum İlişkileri Üzerine Bir Genelleme. Din Bilimleri Akademik Araştırma Dergisi 4(3), 7-21.
- Koby M. (2015). Din Sosyolojisinde Dini Davranış Kuramları. Abant İzzet Baysal Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 3(5), 50-63.
- Özyurt C. (2014). Marx’ta Yanılsama ve İdeoloji Olarak Din. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 7(2), 207-240.
- Ritzer G. (2014). Büyüsü Bozulmuş Dünyayı Büyülemek. Şırnak Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi 5(10), 165-169.
- Tabachnick, B.G., Fidell, L.S.(2013).Using Multivariate Statistics (sixthed.)Pearson, Boston.

19. YÜZYILIN İLK YARISINDA TANZİMAT DÖNEMİ KANUNLAŞTIRMA HAREKETLERİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME

Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU

Sinop University, Education Faculty, Department of Turkish and Social Sciences Education, 57000, SİNOP

ORCID: 0000-0002-7182-4627

ÖZET

19. Yüzyıl, Osmanlı Devleti'nin Avrupa devletleri karşısında geri kaldığının kabul edilmesiyle birlikte birtakım yenilik arayışlarına girişildiği bir dönemi ifade eder. Söz konusu yenilik hareketlerinin önemli ayaklarından biri de hukuk alanında yapılan reformlardır. Batılılaşma deyimiyle ifade edilen bu yenilikler, Tanzimat Fermanı'yla devlet politikası haline gelmiştir. Daha sonra Tanzimat Dönemi olarak literatüre giren bu dönemde, Osmanlı Devleti'nde hukuk alanında klasik dönemin Batı örneğinde dönüşümlerin yaşandığı ve geleneksel yapının modern kanunlaştırma anlayışıyla yeniden şekillendirildiği bir tarihsel evreye geçilmiştir. 1839 tarihli Gülhane Hatt-ı Hümayunu ile başlayan ve 1856 Islahat Fermanı ile devam eden reform sürecinde, devletin idari, mali ve toplumsal ve hukuk düzeninde kapsamlı değişimler yaşanmıştır. Bu araştırma, Tanzimat Dönemi kanunlaştırma hareketlerini, Osmanlı hukuk sisteminin modernleşme süreci bağlamında değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Tanzimat öncesinde Osmanlı hukuk sistemi, şer'i hukuk ile örfi hukukun birlikte işlediği bir yapıya sahipti. Ancak 19. yüzyılda Avrupa devletleriyle artan siyasi ve ekonomik ilişkiler, hukuki alanda Batı tarzında, yazılı ve merkezi otoritenin tesisini öngören bir sistemin kurulmasını zorunlu kılmıştır. Bu anlamda Tanzimat Dönemi kanunlaştırma faaliyetleri, bir yandan Batı hukukundan esinlenen düzenlemeleri içerirken, diğer yandan İslam hukukunun temel prensiplerini korumaya yönelik bir denge arayışını ifade eder. Ceza Kanunnâmeleri (1840 ve 1851) ve Ticaret Kanunnâmesi bu sürecin somut örnekleri arasında yer almaktadır.

Kanunlaştırma hareketlerinin en dikkat çeken yönlerinden biri, hukukun uygulanmasında eşitlik ilkesinin vurgulanmasıdır. Müslim ve gayrimüslim tebaanın hukuki statülerinin belirli ölçülerde birbirine yaklaştırılması, modern vatandaşlık anlayışına geçişin hukuki zeminini oluşturmuştur. Bununla birlikte, yüzyılın ikinci yarısında Mecelle-i Ahkâm-ı Adliye'nin hazırlanmasıyla, Tanzimat hukuk reformlarının sadece Batı taklitçiliğiyle sınırlı olmadığını göstermiş; yerli ve geleneksel hukuk kaynaklarının da sistematik bir biçimde yeniden ele alınmasına neden olmuştur.

Sonuç olarak Tanzimat Dönemi kanunlaştırma hareketleri, her ne kadar uygulamada çeşitli aksaklıklar ve tepkilerle karşılaşmış olsa da, modern Türk hukuk sisteminin temellerinin atılmasında belirleyici bir rol oynamıştır.

Anahtar Kelimeler: Tanzimat, Kanunlaştırma, Kanunname, Batılılaştırma, Hukuk

AN EVALUATION OF THE CODIFICATION MOVEMENTS IN THE TANZIMAT PERIOD IN THE FIRST HALF OF THE NINETEENTH CENTURY

Abstract

The nineteenth century represents a period in which the Ottoman Empire, having acknowledged its relative decline in comparison with European states, embarked upon a series of reform initiatives. One of the most significant pillars of these reform movements was the transformation of the legal sphere. These innovations, commonly conceptualized under the notion of Westernization, became an official state policy with the proclamation of the Tanzimat Edict. In this period, which later came to be known in the literature as the Tanzimat Era, the Ottoman legal system entered a historical phase in which the classical legal structure underwent transformation in line with Western models, and the traditional order was reshaped through a modern understanding of codification. Beginning with the Gülhane Edict of 1839 and continuing with the Reform Edict of 1856, this reform process brought about comprehensive changes in the administrative, fiscal, social, and legal order of the state. This study aims to evaluate the codification movements of the Tanzimat Period within the broader context of the modernization of the Ottoman legal system.

Prior to the Tanzimat, the Ottoman legal system was characterized by a structure in which Islamic (shar‘i) law and customary (örfi) law functioned concurrently. However, the intensification of political and economic relations with European powers in the nineteenth century necessitated the establishment of a Western-style legal system based on written laws and centralized authority. In this regard, the codification activities of the Tanzimat Period reflected a search for balance: while they incorporated regulations inspired by Western legal models, they also sought to preserve the fundamental principles of Islamic law. The Penal Codes of 1840 and 1851 and the Commercial Code stand out as concrete examples of this process.

One of the most striking aspects of the codification movements was the emphasis placed on the principle of equality in the application of law. The partial convergence of the legal status of Muslim and non-Muslim subjects laid the legal groundwork for the transition toward a modern understanding of citizenship. Furthermore, the preparation of the *Mecelle-i Ahkâm-ı Adliyye* in the second half of the century demonstrated that Tanzimat legal reforms were not limited to mere imitation of Western models; rather, they also involved a systematic re-evaluation and codification of indigenous and traditional legal sources.

In conclusion, despite encountering various practical difficulties and social resistance, the codification movements of the Tanzimat Period played a decisive role in laying the foundations of the modern Turkish legal system.

Keywords: Tanzimat, Codification, *Kanunname*, Westernization, Legal Text

GİRİŞ

Osmanlı Devleti, kuruluşundan itibaren hem İslam hukukuna dayalı şer’i hükümleri hem de çeşitli Müslüman ve Türk devletlerinin (özellikle Selçuklu, İlhanlı ve Memlûkler) yanı sıra zamanla hâkimiyet altına aldığı Bizans gibi devletlerin hukuk geleneklerini yansıtan örfi hukuk kurallarını birlikte uygulamıştır. Örfi hukuk; toplumun örf, adet ve geleneklerinden doğan ve padişah iradesiyle yürürlüğe konulan kanunlardan oluşmaktaydı. Bu kurallar belirlenirken, İslâm’ın temel esaslarıyla çelişmeyen örf ve adetler, fakihlerin onayından geçerek hukukun bir kaynağı haline gelmekteydi. Böylece akla ve toplumsal ihtiyaçlara dayanan, tarihsel süreç içinde şekillenmiş örfi düzenlemeler, alanının uzmanı din âlimlerinin uygunluk denetiminden sonra hukuki geçerlilik kazanıyordu. Padişahların çıkardıkları kanunnâmeler de, bu çerçevede kanun gücüne sahip olup, hükümdarın kanun koyma yetkisini kullanırken toplumun değerlerini ve yerleşik gelenekleri gözettiğini göstermekteydi.

Osmanlı Devleti, kuruluş döneminden itibaren hukuki ve siyasal yapılanmasını oluştururken, dönemin âlimlerinden etkin bir şekilde yararlanmıştır. Özellikle İznik’in fethinden sonra burada kurulan medrese, ilerleyen dönemlerde genişleyen topraklara paralel olarak farklı bölgelerde açılacak medreselerin ilk örneği olmuştur. Bu kurumlarda yetiştirilen kadılar, ülkenin dört bir yanında adalet hizmetini yürütmüş; şer’i ve örfi kanunlar doğrultusunda hüküm vererek, gerektiğinde fikhî kaidelere göre yeni yorumlara başvurmuşlardır. Ceza ve toprak hukuku başta olmak üzere, çeşitli alanlarda görülen uygulamalar, Osmanlı hukuk sisteminin somut örneklerini oluşturur. Devşirme sisteminin hukuki açıdan özel bir konum teşkil etmesi de, bu çeşitliliğin dikkat çekici yönlerinden biridir. Kadıların verdikleri kararların mahkeme sicillerine kaydedilmesi ise, Osmanlı hukukunun gelişim ve kurumsallaşmasına önemli katkılar sağlamıştır.

Çok uluslu bir devlet olarak Osmanlı’da hukuk kuralları, farklı dini ve kültürel özelliklere sahip toplulukların ihtiyaçlarına göre çeşitlenmekteydi. Kuruluşundan itibaren fetihler yoluyla genişleyen devlet; farklı etnik, dini ve kültürel unsurları bünyesine katarken, merkezi yönetimin yanı sıra yerel yönetim birimlerine de belirli yetkiler vererek, toprak ve sivil idare alanında esnek bir yapı oluşturmuştur. Böylece farklı toplumsal grupların hukuki taleplerine daha etkili biçimde karşılık verilmiştir.

Devlet, özellikle 17. yüzyıla kadar süren genişleme döneminde, egemenliği altına aldığı toplulukların çeşitliliği sebebiyle hukuki düzenlemelerde uzlaştırıcı bir tutum sergileme ihtiyacı duymuştur. Zamanla kültürel ve dini farklılıkları dikkate alan düzenlemelerle çok uluslu yapıya uygun bir hukuki çerçeve oluşturulmuştur. Kırsal bölgelerde anlaşmazlıklar, çoğunlukla yerel örf'e bağlı olarak çözümlenirken; gayrimüslimler, kendi dini hukuk sistemlerine göre ve kendi din adamlarının hâkimliğinde kısmi bir özerklikle yargılanabiliyor (Kavak, 2015a); ancak isterlerse İslam mahkemelerine de başvurabiliyorlardı. Müslümanlar ise, kadıların yönettiği, şer'i ve örfi kurallara göre işleyen mahkemelerde yargılanmaktaydı (Kavak, 2015b). Bu çok boyutlu hukuki yapıyı mümkün kılan temel unsur, padişah otoritesiydi. Zira dini temsilciler, yargı yetkilerini doğrudan padişahın atamasından alıyorlardı. İslam hukuku esaslarına göre işleyen İslam mahkemeleri, her din mensubuna açık olup, bu mahkemelerde görev yapan kadılar, yargısal ve idari yetkiler taşıdıkları için devletin taşradaki en önemli temsilcilerinden birini oluştuyordu (İmber, 2004).

Osmanlı mahkemelerinde davalar kadı huzurunda ve halka açık bir şekilde yürütülmekteydi. Yargılama süreci esas olarak sözlüydü ve kadının verdiği hükümler kesin nitelikte olup hemen uygulanırdı. Bu uygulama, İslam hukukunun temel prensiplerinin doğal bir sonucuydu ve Osmanlı hukuk sisteminde devamlılık arz eden bir özellik olarak karşımıza çıkmaktaydı (İmamoğlu, 2019).

1.OSMANLI DEVLETİ'NDE TANZİMAT ÖNCESİ HUKUKSAL YENİLİKLER

Osmanlı Devleti'nde kuruluştan itibaren uygulanan şer'i ve örfi hukuk kuralları kaynağını Kur'an-ı Kerim, sünnet, hadis, fıkıh ve tefsir kitaplarından almıştır. Zamanla Şeyhülislam ve diğer ilmiye sınıfının verdiği fetvalar da kaynak olarak kullanılmış ve uygulanmıştır. Örfi hukuk ise, kaynak olarak kanunnamelerden oluşmaktadır. Bu kanunnamelerin ortaya çıkmasındaki temel felsefe devletin üstünlüğüdür (İnalcık, 1964). Osmanlı padişahları şer'i hukukta yer almayan konularda kanunlar yapmışlardır. Bu kanunname örneklerinde Fatih Sultan Mehmed ve Kanuni Sultan Süleyman gibi padişahlar öne çıkmaktadır. Ayrıca Osmanlı'da zamanla sınırlar genişleyince, alınan yerlerin yönetimini kolaylaştırmak için o yerlerde uygulanan kurallar, devletin menfaatiyle uyuşması halinde örfi hukuk kuralı olarak uygulanmıştır. Böylece hem alınan toplumun yönetimi kolaylaşmış hem de hukuki ihtiyaçlara cevap verilmiştir. Osmanlı'da kanunlar ihtiyaç olmadığı sürece değiştirilmemiş ve süreklilik sağlanmıştır (İmamoğlu, 2019). Bir padişahın çıkardığı kanunname, ilgili padişahın döneminde geçerli olup gelenek gereğince ilgili kanunlar uygulanmış; ancak günün şartları farklılaştığı zaman değiştirilmiştir.

Osmanlı'daki hukuksal değişimin geçmişi incelendiğinde, Avrupa'da meydana gelen ve birbirini takip eden Haçlı Seferleri, Coğrafi Keşifler, Rönesans, Reform ve devamında meydana gelen Aydınlanma Çağı sonucunda, Avrupa'daki feodal sistemin zayıflamasıyla ortaya çıkan ekonomik, teknolojik ve kültürel gelişme ve değişimler, başlangıçta Osmanlı Devleti'ni sınırlı düzeyde etkilemiştir. Ancak özellikle on sekizinci yüzyılın sonlarına doğru değişimin etkisi kendini iyice hissettirmiş ve Osmanlı hukuk sisteminde köklü değişikliklerin önü açılmıştır.

Osmanlı Devleti hukuksal değişiklikleri, toplumda meydana gelen değişimler ve dünyada meydana gelen dönüşümlere uyum sağlamak için yapmıştır. Osmanlı'da 16. yüzyıldan itibaren kapitülasyon adı altında yabancılara ekonomik, kültürel, dini, siyasi ve hukuksal alanlarda ayrıcalıklar tanımıştır. Bu ayrıcalıklar kapsamında, ilgili ülkenin vatandaşlarının yaşadıkları sorunlar, yine ilgili ülkenin konsoloslukları aracılığıyla çözülmüştür. Özellikle bu döneme denk gelen zaman diliminde, Avrupa'da feodalitenin yıkılmasıyla Osmanlı'daki uygulamanın aksi bir durum ortaya çıkmıştır. Avrupa'da monarşi ile yönetilen devletlerde uygulanan hukukun özelliğe bakıldığında, ülkede yaşayan herkese ayırım yapılmadan tek tip kanun uygulaması benimsenmiş ve uygulanmıştır. Böylece Avrupa'da konsolosların yargılama görevleri sona ermiştir (Gönen, 1999). Kapitülasyonların zamanla birçok devlete verilmesiyle bu ülkelerin Osmanlı'da bulunan vatandaşlarına yeni haklar verilmesi söz konusu olmuştur.

1789 yılında Fransa'da meydana gelen ihtilal, otoriter yönetimden kaynaklanan sınıf farklılıklarının getirdiği eşitsizlikten kaynaklanmıştır. İlk başta Fransa'nın iç meselesi olarak algılansa da özellikle ihtilalin yaydığı eşitlik, demokrasi, insan hakları ve milliyetçilik gibi fikirler, Avrupa'yı ve kısmen de Osmanlı'yı etkilemiş; özellikle milliyetçilik ve milli egemenlik fikirlerinin dünyaya yayılmasını sağlamıştır (Akşin, 1994). İhtilalin ilk yıllarında, Osmanlı yönetimi ihtilalin sonuçlarıyla ilgili yeterince önlem almazken, zamanla milliyetçilik fikirlerinin büyük devletlerin kışkırtmalarıyla, Osmanlı'yı etkilemeye başlamasına engel olamamış ve çözüm olarak azınlıklar ile ilgili hukuki sistemde değişikliğe gitme ihtiyacı duymuştur.

Osmanlı hukuk sisteminde değişikliğe neden olan bir başka gelişme de, Şark Meselesidir. Osmanlı Devleti'nde Şark Meselesi, Fransız İhtilalinin yaydığı milliyetçilik ilkesinin azınlıkları etkilemesiyle Osmanlı'nın zayıflaması üzerine, Sanayi İnkılabının getirdiği sömürge ihtiyacını karşılama ve paralelinde Osmanlı'yı parçalama politikası geliştirilmesine neden olmuştur. Bu politikalar neticesinde Avrupalı devletler, Osmanlı yönetimini baskı altına alarak, hukuki anlamda değişikliğe zorlamışlardır (İmamoğlu, 2019).

Osmanlı'daki batılılaşma çalışmaları, hukuksal alanda yapılan yeniliklerin bir başka nedenini teşkil etmektedir. Osmanlı'nın zayıflamasıyla Avrupa'da girilen savaşların kaybedilmesi sonucu, kötü gidişatı durdurmak için bir takım arayışlar başlamıştır. İlk etapta askeri alandaki bu arayışlar, batının incelenmesine ve akabinde Avrupa'ya elçilerin gönderilmesiyle etkileşimin başlamasına neden olmuştur. Zamanla Avrupa'nın üstünlüğünün kabul edilmesiyle Avrupa örnek alınmaya başlamıştır (Yazıcı, 2019a). İlk olarak Avrupa orduları örnek alınarak ıslahatlar yapılması, zamanla diğer alanlara da sıçramıştır. Osmanlı'daki batılılaşma hareketleri, dış baskılardan ve kendi iç dinamiklerinden kaynaklanmaktadır. Özellikle elçilik görevlerinde bulunan Osmanlı aydınları ile Avrupa'ya eğitim amaçlı gönderilen öğrencilerin Avrupa'da eğitim görüp Osmanlı yönetiminde görev almalarıyla Osmanlı batılılaşma çalışmaları hız kazanmıştır. Lale devriyle başlayan batılılaşma hareketleri, Osmanlı'nın hukuksal yapısını da etkilemiş ve bu alandaki değişimler, Tanzimat dönemine giden süreci başlamıştır (Yazıcı, 2019b).

2.TANZİMAT DÖNEMİ KANUNLAŞTIRMA HAREKETLERİ

Osmanlı Devleti'nin klasik dönemden itibaren sürdürdüğü geleneksel idari ve hukuki yapı, 18. yüzyılın sonlarından itibaren dünya genelinde yaşanan dönüşümlerin sonucunda, giderek yetersiz kalmaya başlamıştır. Söz konusu dönüşüm, askeri ve siyasi alan başta olmak üzere toplumsal, ekonomik ve hukuksal yapılarda da kendisini göstermiştir. Özellikle Avrupa'da aydınlanma düşüncesiyle birlikte gelişen akımlar, pozitif hukuka geçiş ve birey merkezli hak anlayışı, Osmanlı idaresinin mevcut hukuk düzeniyle uyuşmayan yeni bir toplumsal gerçeklik ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle Osmanlı yönetici sınıfı, özellikle III. Selim ve II. Mahmud dönemlerinde yoğunlaşan reform arayışları çerçevesinde, hukuk alanında da köklü bir dönüşümü zorunlu görmüştür (Berkes, 2025).

Bu reform arayışlarının temelinde, devletin idari bütünlüğünü tehdit eden yapısal sorunlar kadar, devletin uluslararası arenadaki konumunu koruma çabası da etkili olmuştur. Artan toprak kayıpları, merkezi otoritenin taşrada zayıflaması, ekonomik sistemde yaşanan çözülme ve özellikle kapitülasyonların yarattığı zafiyet, hukukun yeniden örgütlenmesini kaçınılmaz hale getirmiştir. Diğer yandan Avrupalı devletlerin Osmanlı topraklarında yaşayan gayrimüslim tebaanın haklarını koruma iddiasıyla iç işlerine giderek artan müdahaleleri, devletin egemenlik alanını daraltmış ve reformların iç ve dış politika bakımından stratejik önemini artırmıştır (Tanör, 2025).

Tanzimat dönemi kanunlaştırma hareketlerini belirleyen etkenlerden bir diğeri, Osmanlı hukuk sisteminin şer'i ve örfi hukuktan oluşan ikili yapısının modern devlet anlayışıyla uyumsuz hale

gelmesidir. Şer'i hukuk, özellikle ekonomik ilişkilerin karmaşıklaşması ve ticaretin uluslararası bir nitelik alması karşısında yetersiz kalmış; örfi hukuk ise, sistematik bir gelişme seyri takip edememesi nedeniyle modern zamanın hukuki ihtiyaçlarını karşılayamamıştır. Bu nedenle Tanzimat reformları, hukuku rasyonel ve herkese eşit şekilde uygulanabilir bir şekle getirme hedefi taşımıştır. Avrupa'da 17. ve 18. yüzyıllarda doğal hukuk akımıyla gelişen can güvenliği, mal güvenliği, kişi dokunulmazlığı, eşitlik ilkesi, hukukun üstünlüğü ve devletin keyfi uygulamalardan uzak durması gibi modern hukuk ilkeleri, Osmanlı kanunlaştırma faaliyetlerine yön veren ilkeler haline gelmiştir (Veldet, 1940).

Bu dönemde gerçekleştirilen kanunlaştırma faaliyetleri, aynı zamanda toplumsal ve siyasal düzeni yeniden kurma amacı da gütmüştür. Merkezi idarenin otoritesini güçlendirmek, yönetime olan toplumsal güveni pekiştirmek, Müslim-gayrimüslim ayrımını hukuki anlamda azaltarak milliyetçilik hareketlerinin etkisini kırmak ve devlet bünyesinde bir Osmanlı vatandaşlığı oluşturmak, reformların temel hedefleri arasında yer almıştır (Yazıcı, 2017). Rusya'nın Ortodoks cemaatini koruma iddiasıyla Osmanlı iç işlerine müdahale çabası (Kavak, 2017), Fransa ve İngiltere'nin Katolik ve Protestan cemaatler üzerindeki nüfuz politikaları, hukuki düzenlemeleri içsel bir reform ihtiyacı olmaktan çıkarıp diplomatik bir zorunluluk pozisyonuna taşımıştır (Okandan, 1999).

Tanzimat Fermanı'nın 1839'da ilan edilmesiyle başlayan modern hukuka dâhil olma süreci, ardı ardına çıkarılan kanunlarla kurumsal bir niteliğe kavuşmuştur. 1840 Ceza Kanunu ile ceza hukukunda Avrupa etkisi belirginleşmiş; bu kanunu 1850 Ticaret Kanunu takip ederek ticari ilişkilerde modern bir hukuki çerçeve oluşturulmuştur. Bu çerçevede Tanzimat dönemi, Osmanlı Devleti'nde hukuk sisteminin geleneksel yapısından uzaklaşarak rasyonel, yazılı ve Avrupa hukukuyla uyumlu bir yapıya evrilmesinde başlangıç noktası olarak değerlendirilmektedir. Bu reformlar, aynı zamanda devletin bütünlüğünü koruma ve uluslararası sistemde meşruiyetini sürdürme çabasının bir sonucudur.

Kanunlaştırma hareketleri çerçevesinde çıkarılan 1840 tarihli Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı Devleti'nin ilk modern ceza kanunu olarak tarihe geçmiştir. Söz konusu kanunnâme, suç ve ceza arasındaki ilişkiyi yazılı hale getirmek suretiyle keyfi uygulamaları ortadan kaldırmayı ve merkezi otoriteyi güçlendirmeyi hedeflemiştir. Kanunnâme, 1810 tarihli Fransız Ceza Kanunu'ndan esinlenerek hazırlanmış olmakla birlikte, tamamen Batı hukuk sisteminin benimsenmediği, yer yer İslam hukukuna da yer verildiği görülmektedir (Candan, 2015).

Kanunlaştırma hareketleri, Tanzimat Fermanının vurguladığı eşitlik ilkesine göre dizayn edilmiştir. Müslim ve gayrimüslim tebaanın hukuk önünde tamamen eşitlenmese de belli

ölçülerde birbirine yaklaştırılması, Osmanlı vatandaşlığı oluşturma idealine hizmet etmektedir. Aynı zamanda Avrupalı devletlerin gayrimüslim haklarını bahane ederek Osmanlı Devleti'ne müdahale etmesinin ve iç işlerine karışmasının önüne geçmek amacını da barındırmaktadır (Şimşek, 2008). Ancak kanunnâme özelinde kanunlaştırma faaliyetleri, toplum tarafından önyargıyla takip edilmiştir. Özellikle klasik kesim olarak tabir edilen ulema sınıfı, mevcut düzenlemelerin İslam hukukuna aykırılıklar taşıdığını iddia etmiştir. Bu karşı çıkış, kanunlaştırma sürecinin sancılı ve yavaş bir şekilde ilerlemesine neden olmuştur. Bu nedenle devlet, Batı tarzında modernleşme çabalarını sürdürürken, toplumsal hassasiyetleri de korumaya çalışmıştır (Ortaylı, 2016).

Ticaret Hukuku ve Ekonomik Düzenlemeler

19. yüzyıldaki ticari gelişmeler, Osmanlı Devleti'nin ticaret hukukunu modernleştirmek zorunda bırakmıştır. Dünya ölçeğinde yaşanan ekonomik değişimler, Osmanlı ticaret hukukunu Avrupa ticaret hukukuna göre şekillendirme ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Ticari kapitülasyonların kapsamının genişlemesi ve yabancı tüccarların Osmanlı topraklarındaki faaliyetlerinin artması, ticari uyuşmazlıklara neden olmuş ve klasik Osmanlı hukuk sistemi sorunların giderilmesinde yetersiz kalmıştır (Alkan, 2023).

Klasik dönemde ticari hukuku örfi hukuk kapsamında lonca düzenlemelerine dayanmaktaydı. Uyuşmazlık halinde davalar, şer'i mahkemelerde yürütülmekteydi. Ancak 19. Yüzyılda modern ticaret anlayışının ortaya çıkardığı sözleşme türleri, şirketleşme ve krediler gibi konular, hali hazırdaki hukuki yapıyla çözüme kavuşturulamadı. Avrupalı devletlerle yapılan ticari anlaşmalar ve kapitülasyonlar, Osmanlı Devleti'ni ister istemez yazılı ve daha sistematik bir ticaret hukukunu benimsemeye zorlamıştır (Pamuk, 2014).

Bu doğrultuda çıkarılan 1850 tarihli Ticaret Kanunnâmesi, Osmanlı ticaret hukukunda modernleşmenin başladığı anlamına gelmektedir. Bu alanda da Fransız Ticaret Kanunu örnek alınmış ve tüccarların hak ve yükümlülükleri, ticari senetler ve şirket türleri yeniden tanımlanmıştır. Her ne kadar kanunnâme, yüzyılın ikinci yarısında yürürlüğe girmişse de, ticaret hukukunun modernleşme evresinde hazırlık süreci ve düşünsel altyapı, yüzyılın ilk yarısındaki yenilik hareketlerinin sonucudur (Zürcher, 2017).

Ticaret hukukuna dair yapılan kanunlaştırma faaliyetleri, hukuki olduğu kadar ekonomik düzenlemeleri de beraberinde getirmiştir. Devlet, ticari hayatı düzenleyerek hem vergi gelirlerini artırmayı hem de ekonomik denetimi tekeline almayı düşünmüştür. Bu dönemde ticaret mahkemelerinin kurulması ise, anlaşmazlıkların giderilmesinde daha hızlı ve modern hukuk esaslarına göre bir yargılama sürecine geçiş açısından önemli bir adım olmuştur (Ortaylı,

2016). Ancak yapılan düzenlemeler, toplum nazarında ekonomik anlamda eşitsizlik tartışmalarına yol açmıştır. Gayrimüslimlerin yapılan düzenlemelerden daha fazla faydalananı olması, Müslüman esnaf tarafından tepkiyle karşılanmış ve süreç lonca teşkilatının zayıflamasıyla son bulmuştur (Pamuk, 2014). Ancak her şeye rağmen bu dönemde yapılan düzenlemeler, Osmanlı Devleti'nin Avrupa ekonomik sistemine uyum sağlama çabalarına hukuki bir zemin hazırlamıştır. İçerdiği olumsuzlarla birlikte uzun vadede Osmanlı ticaret hukukunun modernleşmesinde Tanzimat Dönemi reformları oldukça etkili olmuştur.

Kanunlaştırma Hareketlerinin İdeolojik Temelleri

Kanunlaştırma hareketleri, Osmanlı Devleti'nin Batılılaşma fikri temelinde yükselen ve ideolojik bir dönüşümü içeren faaliyetlerdir. Devletin üst kademesi tarafından sahiplenen ve her türlü eleştiriye rağmen sürdürülme azminde hareket edilen bu süreçte, modernleşme anlayışı bir noktadan sonra Osmanlı elitleri olarak isimlendirilen devlet adamlarının, devletin ayakta kalmasını sağlamak amacıyla geleneksel düzeni yeniden yorumlama veya Batı tarzında şekillendirme çabasına dönüşmüştür. Bu çabanın ideolojik arka planında, merkeziyetçilik, rasyonelleşme ve hukuk devleti oluşturma ideali yatmaktadır (İnalcık, 2016).

18. yüzyılın sonlarından itibaren başlayan Batılılaşma çabaları, reformist bir yaklaşımla devleti Avrupa uyumuna dâhil etmek için kurumsal ve hukuki yenilikleri başlatmıştır. Bu dönemin moda söylemi, keyfi yönetim anlayışının sonlandırılması ve devlet otoritesinin kanun hâkimiyetine dayalı olarak yeniden tesis edilmesidir. Hukukun üstünlüğü kavramı, bu anlamda Tanzimat ideolojisinin temel taşlarından biri olarak öne çıkmıştır (Deringil, 1998).

Kanunlaştırma hareketlerinde eşitlik ilkesi en bariz ideolojidir. Özellikle Tanzimat Fermanında vurgulanan can, mal ve namus güvenliği, Müslim ve gayrimüslim tebaanın kanun önünde eşitliği fikri bu ideolojinin yansımasıdır. Yeni ideolojik yaklaşım, bir yandan iç düzeni sağlama bir yandan da Avrupalı devletlerin Osmanlı üzerindeki baskılarını bertaraf etme amacına matuftur. Dolayısıyla eşitlik söylemi, ideolojik olduğu kadar pragmatik bir özellik de taşımaktadır (Ahmad, 2019). Bununla birlikte değişen Osmanlı ideolojisi, liberal Batı hukuk anlayışına geçildiği anlamına gelmez. Devlet, İslam hukukunun korunmasına yönelik de tedbirler almış ve geleneksel hukuki değerler ile modern Avrupa hukukunu uzlaştırmaya çalışmıştır (Ortaylı, 2016).

Kanunlaştırma sürecinin merkeziyetçi devlet düzeni oluşturma gayesi, ideolojik açıdan pek bir değişim yaratmamıştır. Bu noktada amaç, yazılı kanunlar aracılığıyla hukuki birliğin sağlanması, taşradaki yerel güçlerin etkisini azaltma ve merkezi otoritenin güçlendirmesidir. Bu nedenle süreç, siyasi iktidarın yeniden yapılandırılması olarak özetlenebilir (Zürcher, 2017).

Dolayısıyla 19. yüzyılın ilk yarısındaki kanunlaştırma hareketlerinin ideolojik temelleri; modern devlet anlayışı, merkezîyetçilik, eşitlik ve hukukun üstünlüğü kavramları etrafında şekillenmiştir. Bu ideolojik zemin, Osmanlı Devleti'nin klasik yapısını tamamen rafa kaldırmadan, Avrupa hukukuna dâhil olma çabasını yansıtmaktadır.

Uygulamada Karşılaşılan Sorunlar

Kanunlaştırma hareketleri, devletin modernleşme hedeflerine yönelik bir çerçeve sunmakla birlikte, uygulama aşamasında çeşitli yapısal ve toplumsal sorunlarla karşılaşmıştır. Karşılaşılan sorunlar/tepkiler, reformların etkisini sınırladığı gibi, toplumsal kutuplar da yaratmıştır. Kanunların hazırlanması kadar uygulanması da zorluklar içermektedir ve devlet her düzenlemeden sonra, bu düzenlemeleri hayata geçirebilmek için ayrıca tedbir almak zorunda kalmıştır (Findley, 1980).

Uygulamada karşılaşılan en önemli sorun kadro eksikliğidir. Yeni kanunları bilen nitelikli hukukçu ve bürokrat sayısı oldukça azdır. Yeni düzenlemelerin çoğu Batı hukukundan esinlenerek hazırlandığı için bu kanunları anlayıp uygulayabilecek kadroların yetişmesi zaman almıştır. Özellikle taşrada görev yapan kadılar ve yerel yöneticiler, yeni düzene yeterince hâkim olamamış ve uygulamada birlik ve sürekliliğin sağlanması zorlaşmıştır (Shaw, 1977).

Geleneksel hukuk sistemi ile modern kanunlar arasındaki uyumsuzluklar, bir başka önemli sorundur. Şer'i hukuka dayalı yargı düzeni, yeni hukuk anlayışıyla her zaman örtüşmemiştir. Her iki anlayışın da aynı anda varlığını devam ettirmesi, özellikle ceza ve ticaret hukukunda ikiliklere yol açmıştır. Hatta farklı mahkemelerde benzer davalar için farklı kararlar verilebilmiştir. Hukuksal sorunlar, halk nazarında yeni kanunlara duyulan güveni de sarsmıştır (Berkes, 2025).

Reformlara karşı oluşan toplumsal direnç ise, özellikle ulema sınıfı ve lonca teşkilatları tarafından, İslam hukukunun çiğnendiği veya ortadan kaldırılmak istendiği şeklinde yorumlanmıştır. Bu tepkisel algı, reformların meşruiyeti sorununu ortaya çıkarmış ve reform yanlılarıyla karşıtları arasında süregelen çatışmalara dönüşmüştür. Bu nedenle devlet bir noktadan sonra reformları tepeden inme bir zihniyetle uygulamaya koymuştur. Bu zorlayıcı tavır sonucunda reformların kalıcılığı olumsuz yönde etkilenmiştir (İnalçık, 2003). Ayrıca, kanunların uygulanmasında yerel güçler devletle karşı karşıya gelmiştir. Ayanlar ve diğer yerel yöneticiler, merkezileşme çabalarını kendi otoriteleri açısından bir tehdit olarak görmüş ve zaman zaman bilinçli bir şekilde reformlar uygulanmamış veya geciktirilmiştir. Dolayısıyla kanunlaştırma hareketleri, devletin her yerinde aynı düzeyde uygulanamamıştır (Quataert, 2005).

Son olarak, ekonomik sıkıntılar istenilen reformların hayata geçirilmesinde uygulama aşamasındaki en ciddi sorunlardan biri olmuştur. Yeni mahkemelerin kurulması, reformları yürütecek kadroların yetiştirilmesi ve eğitimin yaygınlaştırılmak istenmesi büyük mali kaynaklar gerektirmiştir. Osmanlı Devleti'nin bütçe açıkları ve dış borçları, bu anlamda reformların istenilen ölçüde hayata geçirilmesini engellemiştir (Pamuk, 2014).

Sonuç

Tanzimat Dönemi'nde yapılan kanunlaştırma faaliyetleri, Osmanlı hukuk sisteminde geri dönülmez bir dönüşüm süreci başlatmıştır. Avrupa hukukuna dâhil olma çabasıyla yürütülen faaliyetler, yüzyılın ikinci yarısında Mecelle-i Ahkâm-ı Adliye'nin hazırlanmasıyla daha sistematik bir hal almıştır. Mecelle, İslam hukukunu modern bir bakış açısıyla yeniden düzenlemesi açısından Tanzimat hukuk reformlarının en önemli halkasını temsil eder. Kanunlaştırma hareketleri nihai anlamda, Cumhuriyet döneminde gerçekleştirilecek hukuk devrimlerinin altyapısını oluşturmuştur. Modern Türk hukuk sisteminin temel kavram ve kurumlarının büyük bir bölümü, Tanzimat Dönemi'nde atılan adımların devamı niteliğindedir (Ahmad, 2019).

19. yüzyıl Osmanlı Devleti'nin siyasi, idari ve toplumsal alanlarda dönüşüm sürecini ifade etmektedir. Dönüşüm süreci içerisinde, klasik Osmanlı hukuk düzeninin eksiklikleri fark edilmiş ve aynı zamanda küresel ölçekli gelişmelerin zorunlu sonucu olarak, Avrupaî tarzda yeni bir hukuk sistemi oluşturma arayışı hız kazanmıştır. Ancak bu dönem, bir geçiş evresi olarak değerlendirilmelidir. Bu nedenle kanunlaştırma faaliyetleri, hem teknik bir hukuk reformu hem de reform yanlısı Osmanlı idarecilerinin devletin bekasına ilişkin taşıdığı yeni zihniyetin göstergesidir.

Kanunlaştırma hareketlerinin temel amacı merkezi otoriteyi güçlendirmek, hukuki uygulamalarda birliği sağlamak ve keyfi yönetim anlayışını sınırlandırmaktır. Ceza ve ticaret hukuku başta olmak üzere çeşitli alanlarda yapılan düzenlemeler, hukukun yazılı ve sistematik hale getirilmesi hedefine dönüktür. Ancak İslam hukukunun varlığı korunarak modernleşme modeli sunulmuştur.

Uygulamada karşılaştığı sorunlar, reformların sınırlarını belirlemiştir. Nitelikli kadro eksikliği, taşra-merkez arasındaki uygulama farklılıkları, toplumsal tepkiler ve ekonomik sıkıntılar, reformların istenilen düzeyde gerçekleştirilmesini engellemiştir. Dolayısıyla Osmanlı modernleşmesi, uzun vadeye yayılan ve kademeli şekilde işleyen bir süreçtir. Bununla birlikte, 19. yüzyılın ilk yarısındaki kanunlaştırma faaliyetleri, sonraki dönemde yapılacak daha kapsamlı hukuk reformlarına zemin hazırlamıştır. Kanun önünde eşitlik, merkeziyetçilik ve

yazılı hukuk anlayışı gibi kavramların kurumsallaşması adına, Mecelle'nin hazırlanması, Nizamiye mahkemelerinin kurulması ve modern hukuk eğitiminin temellerinin atılması gibi gelişmeler, ilk dönem kanunlaştırma hareketlerinin devamı niteliğindedir.

Sonuç olarak, 19. yüzyılın ilk yarısında Osmanlı Devleti'nde gerçekleştirilen kanunlaştırma hareketleri, tüm sınırlılıklarına rağmen modern Türk hukuk sisteminin oluşumunda belirleyici bir rol oynamıştır. Osmanlı Devleti'nin geleneksel yapısı tamamen terk edilmeden, modern dünyaya uyum sağlama çabası, kanunlaştırma hareketlerinin özetidir.

Kaynakça

- Ahmad, F. (1993). *The Young Turks: The Committee of Union and Progress in Turkish Politics, 1908–1914*. Oxford: Clarendon Press.
- Ahmad, F. (2019). *Modern Türkiye'nin Oluşumu*. Kaynak Yayınları.
- Akşin, S. (1994). Fransız İhtilalinin II. Meşrutiyet Öncesi Osmanlı Devleti Üzerindeki Etkileri Üzerine Bazı Görüşler. *AÜSBFD*. 49(3). 23-29.
- Alkan, H. (2023). 19. Yüzyıl Osmanlısında Ticaret Hukukundaki Değişimin İktisadi İlişkilere Yansıması: Ceride-i Mehâkim'deki Mahkeme Kayıtları Üzerine Bir İnceleme. *Osmanlı Medeniyeti Araştırmaları Dergisi*. 17, 38-76.
- Berkes, N. (2025). *Türkiye'de Çağdaşlaşma*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Candan, R. B. (2015). 1840 Tarihli Ceza Kanunname-i Hümayunu İncelemesi. *Anadolu Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 1(1), 63–81.
- Deringil, S. (1998). *The Well-Protected Domains: Ideology and the Legitimation of Power in the Ottoman Empire, 1876–1909*. London: I.B. Tauris.
- Gönen, Y. S. (1999). Hukukî Kapitülasyonlar ve Sonuçları. *Osmanlı*. VI. (Ed. G. Eren). Ankara: Yeni Türkiye Yayınları, 340-353.
- Findley, C. V. (1980). *Bureaucratic reform in the Ottoman Empire*. Princeton University Press.
- İmber, C. (2004). Şeriattan Kanuna. (Çev. Murteza Bedir). İstanbul: Tarih Vakfı Yurt Yayınları.
- İmamoğlu, H. V. (2019). Osmanlı Adliye Teşkilatının Modernleşmesi. Ankara: İdeal Kültür Yayıncılık.
- İnalcık, H. (1964). Sened-i İttifak ve Gülhane-i Hattı Hümayunu. *Belleten*, 28(112). 603-622.
- İnalcık, H. (2014). *Osmanlı İmparatorluğu: Klasik Çağ (1300–1600)*. Çev.: Ruşen Sezer. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- İnalcık, H. (2016). *Osmanlı'da devlet, hukuk, adalet*. İstanbul: Kronik Kitap.
- Kavak, N. (2015a). XVII. ve XVIII. Yüzyıllarda Kırım Hanlığı'nda Gayr-i Müslimlerin Yeri (Şer'iyye Sicillerine Göre). *21. Yüzyılda Eğitim ve Toplum*. 4(12). 19-28.
- Kavak, N. (2015b). Osmanlı Muhakeme Sisteminde Katiplik Mesleğinin Yeri ve Önemi. *PJESS*. 2(2). 1-10.
- Kavak, N. (2017). Rusya'nın Kafkasya'yı İstilas ve Kosova Havalisine İskan Edilen Çerkesler. *Eurasian Academy of Sciences, Eurasian Studies/Avrasya Çalışmaları*. 7, 1-14.
- Okandan, R. G. (1999). Amme Hukukumuzda Tanzimat Devri. *Tanzimat I*, İstanbul: Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları. 97-128.
- Ortaylı, İ. (2016). *İmparatorluğun en uzun yüzyılı*. İstanbul: Timaş Yayınları.
- Pamuk, Ş. (2014). *Osmanlı-Türkiye iktisadi tarihi*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Quataert, D. (2005). *The Ottoman Empire, 1700–1922*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shaw, S. J. (1977). *History of the Ottoman Empire and Modern Turkey (Vol. II)*. Cambridge University Press.
- Şimşek, U. (2008). *Osmanlı Devleti ve Türkiye Cumhuriyeti Devleti'nin Kimlik Arayışları (1718-1938)*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Erzurum.
- Tanör, B. (2025). *Osmanlı-Türk Anayasal Gelişmeleri*. 39. Baskı. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Veldet, H. (1940). Kanunlaştırma Hareketleri ve Tanzimat. *Tanzimat I*, İstanbul: Maarif Matbaası. 700-723.

- Yazıcı, S. (2017). II. Meşrutiyet Döneminde Türkçülük Tartışmaları “Yeni Bir Irkın Keşfi”. *Altay Communities: History Issues*. (Editors: İlhan Şahin, Han W00 Choi, Güljanat K. Ercilasun, Jack Snowden, Muhammed Bilal Çelik). İstanbul. 263-277.
- Yazıcı, S. (2019a). Osmanlı Modernleşmesi. *Modern Türkiye Tarihi*. (Ed.: Ahmet Şimşek). Ankara: Pegem Yay., 33-57.
- Yazıcı, S. (2019b). Osmanlı Devleti (1699-1923). *Türk Tarihi ve Kültürü*. (Ed.: Muhammed Bilal Çelik). Ankara: Nobel Yay., 177-209.
- Zürcher, E. J. (2017). *Modernleşen Türkiye'nin tarihi*. İstanbul: İletişim Yayınları.

OSMANLI HUKUKUNUN MODERNLEŞMESİ BAĞLAMINDA 1840 TARİHLİ CEZA KANUNNAMESİ'NİN DEĞERLENDİRMESİ

Hüseyin Vehbi İMAMOĞLU

Sinop University, Education Faculty, Department of Turkish and Social Sciences Education, 57000,
SİNOP

ORCID: 0000-0002-7182-4627

ÖZET

1840 tarihli Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı hukukunun modernleşme sürecinde atılan ilk sistematik adımlardan biri olarak kabul edilmektedir. Tanzimat Fermanı'nın ilanından kısa bir süre sonra yürürlüğe giren bu düzenleme, klasik Osmanlı ceza hukukunun dağınık ve büyük ölçüde şer'i esaslara dayanan yapısını, yazılı ve merkezi bir kanun bütünü haline getirme çabasının somut bir göstergesidir. Bu araştırma, 1840 tarihli Ceza Kanunnâmesi'ni Osmanlı hukukunun modernleşmesi bağlamında ele alarak, söz konusu metnin hazırlanma gerekçelerini, içerik özelliklerini ve hukuki zihniyet dönüşümündeki yerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Tanzimat öncesinde Osmanlı ceza hukuku, İslam hukukunun had, kısas ve ta'zir hükümleri ile padişah iradesine dayanan örfi düzenlemelerin birlikte uygulandığı karma bir yapıya sahipti. Bu yapı, Avrupa genelinde yaşanan değişim ve gelişim süreçlerinin sonucunda, cezaların belirlenmesinde bütün tebeanın ihtiyacını karşılamada yetersiz kalmış ve uygulamada keyfiliklere alan yaratmıştır. 1840 tarihli Ceza Kanunnâmesi, bu sorunu aşmak üzere, suç ve ceza arasındaki ilişkiyi yazılı kurallarla belirlemeyi hedeflemiş; böylece hukukun üstünlüğünü, tebeanın eşitliğini ve merkezi otoriteyi tekrar sağlamayı amaçlamıştır. Kanunnâmenin hazırlanmasında, Fransız Ceza Kanunu başta olmak üzere, Avrupa ceza mevzuatından etkilenildiği görülmekle birlikte, metnin tamamen Batı hukukunun tercümesi niteliğinde olmadığı da görülmektedir.

Ceza Kanunnâmesi, suçların tanımlanması ve cezaların belirlenmesinde devlet otoritesini ve kamu düzenini esas alan bir yaklaşım benimsemiştir. Devlete karşı işlenen suçlar, kamu güvenliğini tehdit eden fiiller ve memuriyet görevlerinin ihlali gibi konulara özel önem verilmesi, modern ceza hukukuna özgü bir anlayışın tercih edildiğini kanıtlamaktadır. Bununla birlikte, bazı suç tiplerinde şer'i hukukun etkisinin sürdüğü ve geleneksel cezalandırma anlayışının tamamen terk edilmediği de söylenebilir.

1840 tarihli Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı ceza hukukundan tamamen uzaklaşıldığı anlamından ziyade, geleneksel düzen ile modern hukuk sistemi arasında geçiş niteliği taşıyan bir düzenleme olarak değerlendirilebilir. Her ne kadar uygulamada sınırlılıklar ve kısa sürede bazı değişikliklere uğraması gibi sorunlar barındırsa da, bu kanunnâme Osmanlı hukukunun

kanunlaştırma sürecinin başlangıcını temsil etmiş ve sonraki ceza kanunlarına zemin hazırlayarak modern Türk ceza hukukunun oluşumunda etkin bir rol oynamıştır.

Anahtar Kelimeler: 1840 Ceza Kanunnamesi, modernleşme, hukuk sistemi, Batılılaşma, kanunlaştırma hareketleri

AN EVALUATION OF THE PENAL CODE OF 1840 IN THE CONTEXT OF THE MODERNIZATION OF OTTOMAN LAW

Abstract

The Penal Code of 1840 is regarded as one of the first systematic steps taken in the process of the modernization of Ottoman law. Enacted shortly after the proclamation of the Tanzimat Edict, this regulation represents a concrete attempt to transform the fragmented structure of classical Ottoman criminal law, largely based on shar‘i principles, into a unified, written, and centralized body of legislation. This study examines the Penal Code of 1840 within the broader framework of the modernization of Ottoman law, aiming to evaluate the motivations behind its enactment, its substantive characteristics, and its significance in the transformation of legal mentality.

Prior to the Tanzimat, Ottoman criminal law was characterized by a complex structure in which the provisions of Islamic law-namely *hadd*, *qisas*, and *ta’zir*-were applied alongside customary regulations grounded in the sultan’s authority. As a result of the political, social, and legal transformations taking place across Europe, this structure proved increasingly inadequate in addressing the needs of the entire population and created room for arbitrariness in the determination and application of penalties. The Penal Code of 1840 sought to overcome these shortcomings by defining the relationship between crime and punishment through written rules, thereby aiming to re-establish the rule of law, equality among subjects, and centralized state authority. Although the influence of European criminal legislation-particularly the French Penal Code-is evident in its preparation, the text cannot be characterized as a mere translation or direct imitation of Western law.

The Penal Code adopted an approach that prioritized state authority and public order in the definition of crimes and the determination of penalties. The particular emphasis placed on crimes against the state, acts threatening public security, and violations of official duties demonstrates the preference for a perspective characteristic of modern criminal law. Nevertheless, it can also be observed that the influence of shar‘i law persisted in certain categories of offenses, indicating that traditional conceptions of punishment were not entirely abandoned.

Rather than signifying a complete departure from Ottoman criminal law, the Penal Code of 1840 may be evaluated as a transitional regulation situated between the traditional legal order and a modern legal system. Despite its limitations in practice and the fact that it underwent revisions within a relatively short period, this code marked the beginning of the codification process in Ottoman law. By laying the groundwork for subsequent penal legislation, it played a significant role in the formation of modern Turkish criminal law.

Keywords: Penal Code of 1840, modernization, legal system, Westernization, codification movements

Giriş

Tanzimat döneminde gerçekleştirilen hukuksal dönüşüm, Osmanlı modernleşmesinin en önemli basamaklarından birini teşkil etmektedir. Modernleşme düşüncesi, genel kabul edilen görüş olmasına rağmen geleneksel uygulamaların tamamen terk edilmediği, aksine şer'i ve örfi unsurların bir arada değerlendirildiği, fakat bunların üzerine Avrupa menşeli kurumsal ve hukuki düzenlemelerin eklendiği bir hukuk yapılanması ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla Tanzimat'ın hukuki reformları, klasik dönemden tamamen sıyrılma yerine, gelenek ve değişimin iç içe geçtiği bir modernleşme sürecini temsil eder. Bu çerçevede ceza hukuku, devlet otoritesinin yeniden tesisi, ancak bunun yanında keyfi uygulamaların sınırlandırılmak istendiği ve hukukun üstünlüğü ilkesinin kurumsallaştırılmaya çalışıldığı bir dönem olarak kurgulanmıştır (Veldet, 1940).

1839 Tanzimat Fermanı'nın ilanı ile birlikte idare ve yargıda kanunilik, temel prensip olarak kabul edilmiş ve devletin cezalandırma yetkisinin belirli bir hukuki çerçeveye bağlanması amaçlanmıştır. Bu amaçla hazırlanan 1840 Tarihli Ceza Kanunnamesi, Osmanlı ceza hukukunda sistematikleşmenin ve pozitif hukukun ilk somut adımlarından biri olarak görülmüştür. Modern anlamda bir ceza kanunu niteliğinde olması, hiyerarşik ve düzenli bir kanun sıralaması içermesi, cezaların tür ve sürelerinin belirli ölçütlere bağlanması bakımından Osmanlı hukuk tarihinde dönüm noktası niteliğindedir.

Kanunnamenin hazırlanma süreci, dönemin reformist devlet adamlarının hukuk alanındaki Batılılaşma çabalarının bir yansımasıdır. Sadrazam Hüsrev Paşa'nın başkanlığında toplanan ve içerisinde vükelâ, ulema sınıfından temsilciler ve Meclis-i Vâlâ-yı Ahkâm-ı Adliye üyelerinin bulunduğu kırk dört kişilik komisyon, kanunnamenin hem dini hem de laik bir karakter taşımasını sağlamıştır (Bilgen, 1991). Bu yönüyle kanunname, tamamen Avrupa'dan ithal edilmiş bir metin olmayıp, Fransız 1810 Ceza Kanunu'ndan etkiler taşısa da, Osmanlı

toplumsal yapısı ve devlet geleneğiyle uyumlu bir şekilde düzenlenen özgün bir sentez oluşturmuştur (Şentop, 2004).

1.Kanunnamenin Yapısı ve Sistematiği

1840 Ceza Kanunnamesi, önsöz, mukaddime, on üç fasıl ve hatimeden oluşmakta olup toplam kırk bir maddeden meydana gelir. Bu yönüyle klasik İslam hukukunun fetva ve içtihat merkezli yapısından farklı olarak modern bir kanunlaştırma hareketidir. Ancak fasılların kendi içinde tam anlamıyla sistematik olmadığı, konuların birbirinden bağımsız biçimde ele alındığı ve maddeler arasında zaman zaman içerik açısından birlikteliğin bulunmadığı görülmektedir (İmamoğlu, 2019). Bu özellik, Osmanlı'da henüz modern kanun yapma tekniğinin kurumsallaşmadığını gösterir. Fasılların yapısal özellikleri şu şekilde özetlenebilir:

Birinci, ikinci ve yedinci fasıllar dört maddeden oluşmaktadır. Altıncı, dokuzuncu ve on birinci fasıllar üç madde içermektedir. Dördüncü, sekizinci, onuncu ve on ikinci fasıllar iki maddeden ibarettir. Üçüncü fasıl beş maddeden oluşurken, beşinci fasıl yedi madde ile en geniş bölüm niteliğini taşır. On üçüncü fasılda ise, numarasız bir madde bulunmaktadır. Bazı fasılların kendi içinde dahi konu bütünlüğü taşınamaması, örneğin dokuzuncu fasılda birbiriyle doğrudan ilişkisi olmayan hükümlerin ardışık biçimde yer alması, dönemin kanunlaştırma deneyiminin başlangıç aşamasında olduğunu ortaya koymaktadır. Buna rağmen kanunnamenin maddeler halinde düzenlenmiş olması ve suç-ceza ilişkisini açıkça belirlemesi, Osmanlı hukuk tarihinde radikal bir yenilik teşkil etmiştir.

2.Kanunnamenin Fasılları ve Değerlendirmesi

SÛRET-İ HATT-I HÜMÂYUN

Manzûr-u hümayunum olmuştur.

İşbu Ceza Kanûnnâmesi doğrusu pek güzel ve etrâflı kaleme alınmış olduğundan taraf-ı şahânemizden dahî, kabul ve tasdik olunmuştur. Bunun ahkâm-ı münderecesinin muhâfaza ve icrâsı taraf-ı hümayunumuzdan ve cümle tarafından olunan ahd ve misak iktizasınca, herkese farîza-i zimmet olmakla ona göre bu hususlarda gayet müdekkikâne ve müveşşikâfâne hareket olunmak lâzımdır. Ve bu müesses olan kanûnnâmenin aslı cümle kavâninin hâmi-i kavisî olan Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de hıfz olunarak, nesh-i metbu'ası dahî, kâffe-i mehâkimde ve Memâlik-i Devlet-i Aliyye'mizin Meşveret Meclisleri'nde ve sâir iktiza eden yerlerde bulunup da mevâdd-ı kanûniyye ve nizâmiyede ona müraca'at lâzım geleceğinden bu husûsun dahî, icrâ-yı iktizasına ibtidâr olunsun. Ve bazı zeyl-i ilâvesi muktezi olan şeyler oldukça onun dahî, icâbına bakılsın.

Mukaddime

Beyaz üzerine şeref sudur buyurulup geçen elli beş senesi Şa'ban-ı Şerîf'in yirmi altıncı günü Gülhane'de kıra'at olunan Hatt-ı Hümayun Mu'addelet-i Makrûn Hazreti Şahâne mucibince kâffe-i teba'a-i Devlet-i Aliyye bilâ istisnâ emniyet-i can ve mal mahfûziyet-i arz ve namus-u hukuk mefrûzasına nâil olmuş ve bir muktezâ-yı hürriyet-i şer'iyye huzur-u şer'i ve kanûnda ve mevâdd-ı hukûkiyede herkesin yeksân ve seyyân olması umûr-u tabî'iyeden bulunmuş olmakla ba'de izin herkes kendi hukukunu bulup ondan vazgeçmemek ve diğer birisi kendi hukukuna tasallut edecek olur ise, onu def'ini da'vaya muktedir olmak ve kavâniyn-i mü'eseseye muhalif hareket edenler her kim ve hangi rütbede olur ise olsun, haklarında mücâzât-ı mukarrerâ icrâ olunmak üzere, bâ irâde-i seniyye tertîb olunan cezâ kanûnnâmesidir.

Kanunun giriş kısmında, padişahın reform sürecine ve kanunlaştırmanın gerekliliğine ilişkin görüşlerinin yer alması, Tanzimat döneminin siyasal zihniyetini yansıtan önemli bir unsurdur. Padişah, bu bölümde hukukun üstünlüğünün sağlanması, devletin ceza yetkisinin sınırlandırılması ve tebaanın can ve mal güvenliğinin teminat altına alınması yönündeki düşüncelerine yer vermiş; böylece kanunnamenin meşruiyetini hem dini hem de siyasi düzlemde güçlendirmiştir. Bu giriş, Tanzimat reformlarının bilinçli bir devlet politikası olarak yürütülmek istendiğini göstermesi bakımından anlamlıdır.

Evvelki Fasıl

Birinci Madde: Bilâ istisnâ teba'a-i Devlet-i Aliyye'den olanların metbû' şer'isi olan padişahına ihânet ve Devlet-i Aliyye aleyhinde îkâz-ı fitneye cesâret ve katl-i nefse cere'ât-ı misillü bir hareket-i sarîhası vukû' bulup da şer'an ve kanunen ve alenen ve tahkîkât-i lâzime ve tedkîkât-ı mukteziye ile kararen ve merâren da'da'vası görölerek bilâ arz cünhâsı ba'de's-subût hükm-i tertîb etmeksizin hafî ve celî ve katîlen ve tesmîmen ve gerek her türlü suver-i mümkinine ile hiç kimsenin canına kasd olunmamasına taraf-ı eşref-i Hazret-i Şahâne'den ahd ve mîsâk buyurulmuş olduğundan Devlet-i Aliyye me'murlarından ve ale'l-itlâk sâir eşhâsdan hiç kimse diğer birisinin canına kasd edemeyeceğine binâ-i farzen vüzeradan birisi tarafından çobanın bile canına kasd vukû'unda ol vezirin hakkında dahî, kısâs-ı şer'i icrâ oluna.

İkinci Madde: el-Hâsıl işbu katl-i nefis maddesinde büyük ve küçük müsâvi tutula.

Üçüncü Madde: Bu makule katl maddeleri Dersaadet'te olur ise, mutlaka Huzûr-u Fetvâpenâhi'de görölerek tevâtüren sâbit olup, şâhitler dahî kemâl-i dikkat ile tezkiye-i birle hakikat-i hâl-i tahakkuk etmedikçe ve ba'de Hakpâye-i Hümayun'a arz ile fermân-ı âli sâdır olmadıkça icrâsı câiz olmaya.

Dördüncü Madde: Taşralar dahî vukû' bulduk da Memleket Meclis-i Meşveret'inde ma'rifet-i şer'ile şerâ'it-i muharrereye tatbîkân da'vası görülüp ba'de i'lâm-ı şer'isi ve meclis mazbatası Dersaadet'e bilâ irsâl taraf-ı Fetvapenâhi'ye takdim ile tasdik olunup ondan sonra dahî, kezâlik Hakpâye-i Hümayun'a arz ile fermân-ı âli gönderilmedikçe icrâ olunmaya.

Kanunnamenin Evvelki Faslında, hiç kimse hakkında yeterli inceleme ve soruşturma yapılmadan ve işlenen suç mahkemece incelenip sabit olmadan herhangi bir cana kast olunup öldürülemeyeceği devlet güvencesi altına alınmıştır. Böylece can güvenliği meselesi, devlete, ulema, vezir ve memurlara karşı yeniden düzenlenmiş (Candan, 2015) ve kanunda belirtilen haller dışında, kanuna aykırı olarak hiç kimsenin öldürülemeyeceği kabul edilerek, kanuna muhalif hareket edenler hakkında kısas öngörülmüştür. Evvelki faslın birinci maddesi, eşitlik ilkesine yaptığı vurguyla dikkat çeker. Cana kast halinde büyük küçük herkesin eşit tutulacağı açıkça belirtilmiştir.

Kanunname İstanbul'da işlenen suçların muhakemesinin şeyhülislamın huzurunda görüleceği; taşradakilerin ise, Meşveret Meclislerinde görülüp kararın Meşihat Makamına onaylatılması gerektiği ve son olarak padişahın onayına sunularak infaz edilmesi gerektiği üzerinde durulmuştur.

İkinci Fasil

Birinci Madde: Sa'y-i bi'l-fesâd olanlar iki suretten hâli olmayıp birisi kavlen ve diğeri fiilen olacağından, mesela bir adam diğeri bir adamı veyahut birtakım adamları Devlet-i Aliyye'ye ve kavâniyn ve nizâmâta muğâyir harekâta terğib ve ediyesinde fesâdlı sözler söyleyecek olur ise, bir seneden beş seneye kadar fesadının derecesine göre vad'-i kürek oluna.

İkinci Madde: Fiilen olduğu halde yani bir kimseye veya birtakım adamları bağ' ve isyana davet etmek ve onlara esliha ve barut vermek gibi şeylere tasaddi edecek olduğu takdirde bu makulelerin cünhası pek azîm olacağından katl ve idam kılına. Şu kadar ki, bu makule siyâseten katl olunacakların idamına hükm olunduktan sonra taraf-ı eşref-i Hazreti Padişâhi'ye arz ve istîzân olunduk da, sâhib-i cünhanın katle bedel müebbeden küreğe vad'i irâde-i mürâca'aze-i Cenâb-ı Şahane'ye mefûz ola.

Üçüncü Madde: Bu mesellü fesâd kavki ve fiiliye cesâret edenler Dersaadet'te oldukları halde davalarının rü'yeti ve tevâtüren isbâtı mutlaka Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'ye mahsus ve münhasır buluna.

Dördüncü Madde: Taşralarda vuku' bulduğu takdirde dahi, evvel emirde Memleket Meclisi'nde görülüp ba'de Meclis mazbatasıyla beraber evvel adam ve iktiza eden şahitler Dersaadet'e celb ile kezâlik Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de tekrar davası görüle.

İkinci faslın birinci maddesi, fesat çıkarmaya çalışma suçunu ele alarak, ilk kez açık bir biçimde sözle (kavlen) ve fiille (fiilen) olmak üzere ikiye ayırmaktadır. Böylesine bir ayırım, Osmanlı ceza hukukunda Avrupa ceza hukuk sistemine uyum sağlanmak istediğinin önemli bir göstergesidir. Özellikle sözlü tahrik fiilinin açıkça suç olarak tanımlanması, Tanzimat öncesi dönemde pek görülmeyen bir düzenlemedir (Akgündüz, 2017).

Birinci maddeye göre, bir kimsenin herhangi bir kişiyi devlete, kanunlara ve düzene aykırı hareketlere teşvik etmesi, fiil henüz gerçekleşmemiş olsa bile suç sayılmıştır. Bu yaklaşım, modern ceza hukukundaki “azmettirme” ve “tahrik” kavramlarının karşılığı olarak kabul edilebilir (Kunter, 1961). Öngörülen ceza ise, bir yıldan beş yıla kadar küreğe vurulmak olup, cezanın süresi “fesadın derecesine” göre belirlenmektedir. “Fesadın derecesine” göre ifadesi, Osmanlı ceza hukukunda hâkimin takdir yetkisine vurgu yapmakla birlikte, bunun artık kanuni sınırlar içinde kullanıldığını göstermektedir. Böylece kanun, fikir ve söz alanında bile, devlet düzenini tehdit eden davranışları önleyici bir ceza siyaseti benimsemiştir.

İkinci madde, fesadın fiili boyutunu ele almakta ve suçu “bağy ve isyan” kapsamında değerlendirmektedir. Bir kimsenin başka birini isyana davet etmesi, ona/onlara silah ve barut temin etmesi, doğrudan doğruya devletin varlığına yönelik bir tehdit olarak addedilmiştir. Bu nedenle suç, çok büyük görülerek, katl ve idam cezası öngörülmüştür.

Kanunname, Osmanlı ceza hukukunda devlete karşı işlenen suçlara özellikle atıf yapmıştır. Tanzimat döneminde devletin bekası, bireysel hakların dahi önünde geçmiştir (Shaw, 1977). Bununla birlikte maddede önemli bir sınırlama da getirilmiştir. İdam cezası, Padişah’ın onayı olmaksızın doğrudan infaz edilmeyecektir. Ayrıca Padişah’ın iradesiyle idam cezasının müebbet kürek cezasına çevrilebilmesi, Osmanlı ceza sisteminde “siyâseten katl” anlayışının Tanzimat döneminde yumuşatıldığını göstermektedir. Böylece keyfi infazların azaltılması ve ceza yetkisinin merkezi otoriteye bağlanması düşünülmüştür (Akgündüz, 2017; Findley, 1980).

Üçüncü madde, fesat ve isyan suçlarına ilişkin yargılama usulünü düzenlemektedir. Buna göre, suç Dersaadet’te (İstanbul’da) işlenmişse, davanın görülmesi ve delillerin kesinleştirilmesi, Meclis-i Ahkâm-ı Adliye’ye tevdi edilmiştir. Bu uygulama, Tanzimat döneminin temel hedeflerinden biri olan yargı yetkisinin merkezileştirilmesi politikasının bir parçasıdır. Özellikle devlet güvenliğini ilgilendiren suçların yerel mahkemelere bırakılmaması, yerel güç odaklarının yargı üzerindeki etkisini sınırlandırmayı amaçlamaktadır. Ayrıca “tevâtüren isbât” ibaresi, suçun kanıtlanması için güçlü bir delil bulunmasına dayalı bir yargılama usulüne geçildiğini göstermektedir (Cin & Akgündüz, 1989).

Dördüncü madde, fesat suçlarının taşrada işlenmesi durumunda takip edilecek yargılama usulünü düzenlemektedir. Suç taşrada işlenmişse, dava önce Memleket Meclisi'nde görülür. Ancak bu aşama yeterli değildir. Sanıklar ve şahitler, Meclis mazbatasıyla birlikte Dersaadet'e gönderilerek davanın Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de yeniden görülmesi zorunludur. Bu şekilde yapılan bir yargılama, taşra yargısına sınırlı bir rol vermekte, asıl karar yetkisini merkeze bırakmaktadır. Tanzimat dönemi idarecileri, özellikle isyan ve fesat suçlarında yerel meclislerin siyasi baskılara açık olabileceğini düşünmüş ve bu nedenle son kararı İstanbul'a bırakmıştır (Findley, 1980; Barkey, 1994). Dolayısıyla bu madde, yalnızca bir usul kuralı içermemektedir. Bilakis Osmanlı merkezileşme politikasının hukuki bir tezahürüdür.

Üçüncü Fasl

Birinci Madde: Irz ve namus dahi, kişinin canı gibi aziz ve muhterem olarak muhâfaza ve vikâyesi muktezây-ı hamîyyet ve mübteğây-ı insaniyetten olup farzen bir adamın i'tibarına dokunacak söz söylemek ve bir adamı dövmek ve bir şahsa sövmek onun namusunu hötk etmek demek olduğundan ve bundan böyle Zabîtan-ı Askeriye ve neferât ve kavâs vesâir umûr-ı zaptiye ve raptiye memurları hûd behûd kimseyi dövemeyip bedelkardi söylemeyip fakat onların me'mûriyetleri sokaklarda kavga ve nizâ' vuku'unda ve bazı erbâb-ı töhmetin zuhurunda tutup hiçbir şey yapmaksızın doğruca iktiza eden zâbit mahalline götürüp teslim etmekten ibâret olacağından fîmâ ba'de gerek umûr-ı zaptiye ve raptiyeye me'mur olan asâkir ve kavâslardan ve ale'l-ittlâk herhangi rütbe ve sınıftan olur ise olsun, her kim bir gayrısına sövecek ve i'tibarına dokunur bir söz söyleyecek olur ise, farzen bu keyfiyet Dersaadet'te vuku' bulup da buna mütecâsir olan dahi, ya Devlet-i Aliyye'nin ashâb-ı mürâtibinden veyahut ulemadan olur ise, davası mutlaka Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de görülerek cünhasının cesametine ve derecesine göre zâbiti tarafında beş günden yirmi beş güne kadar mahpus ola ve cünhası gayet hafif olduğu tebeyyün ettiği takdirde Meclisçe kendisini tekdir ve tenbih ile iktifâ oluna.

İkinci Madde: Ashâb-ı merâtîp ve ulemadan biriyle zâbitân-ı askeriyyeden biri beyninde bu mesellü bir şey vuku'unda, davası kezâlik Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de görülüp zabîtan-ı askeriyyeden olan şahsın askeri kanunnamesi iktizasınca te'dibi icrâ olunmak için Bab-ı Askeriye'ye ve Hassa ve Bahriye takımından oldukları halde dahi kezâlik, mahallerine havale kılın.

Üçüncü Madde: Ashâb-ı merâtîpten olmayanlardan birinin yani herhangi sınıftan olur ise olsun avâm-ı nassın bu makule davası ve nizâ'ı zuhurunda mahalli zâbiti tarafından tutularak ol mahalde bulunan mahkemede davası rü'yet ve isbât olunduktan sonra herhangi tarafa mensup ise, zîrde gösterilecek te'diyenin icrâsı için i'lâm-ı şer'isi ile beraber oraya gönderile

ve bu takımdan neferât-ı askeriyyenin ve askerden ma'dûd olan kavas takımının te'dibât-ı icâbiyesi askeri kanunnamesine tatbiken icrâ olunacağından onlardan mâ adasının ber minvâl-i muharrer sövmek ve namus ve itibara dokunur bir söz söylemek, mesellü harekâta tasaddisi takdirinde kezâlik kabahati hafifçe olur ise, tekdir ve tenbih ile olunup ağırca olduğu surette beş günden yirmi beş güne kadar haps ettirile.

Dördüncü Madde: Taşra memleketlerde bu mesellü maddeler vuku'unda davalar, beher hal Meclis-i Meşveret'te rü'yet olunarak te'dibleri, zâbiti ma'rîfetiyle icrâ kılın.

Beşinci Madde: Kezâlik herhangi sınıftan olur ise olsun bir kimse diğer bir kimseye el kaldırıp dövecek veyahut bir alet ile darp edecek olur ise, ber minvâl-i muharrer iktizâ eden mahalde davası görüldükten sonra kabahatinin derecesine göre on beş günden üç aya kadar haps oluna ve bu maddelere kuru iftira ile hükm olunmayıp tahkik ve tetkikine bakılarak müfterilerin iftirası tebeyyün ettik de müfteri bulunan şahıs dahi, te'diben beş günden kırk beş güne kadar mahpus ola.

Birinci maddede, Osmanlı ceza hukukunda ırz ve namusun, kişinin canı kadar dokunulmaz kabul edildiği açıkça belirtilmiştir. Kanun metninde geçen “canı gibi aziz ve muhterem” ifadesi, Tanzimat sonrası hukuk anlayışında bireyin şeref ve itibarının da hukuki koruma altına alındığını göstermektedir (Üçok, Mumcu & Bozkurt, 2008).

Birinci madde, hakaret, sövme ve darp fiillerini namusa tecavüz kapsamında değerlendirmiş ve bu fiilleri açıkça suç saymıştır. Bu şekilde yapılan bir değerlendirme, klasik İslam ceza hukukunda şahsi hak niteliği taşıyan hakaret içerikli fiillerin, Tanzimat döneminde kamu düzenini ilgilendiren suçlar arasına alındığını göstermektedir (Berkes, 2025). Özellikle zaptiyelerin ve askeri görevlilerin keyfi şiddet uygulamalarının yasaklanması, Tanzimat reformlarının idarenin hukukla sınırlandırılması ilkesinin bir sonucudur. Görevlilerin yetkisi, yalnızca kişiyi yakalayıp ilgili makama teslim etmektir. Maddede ayrıca failin toplumsal statüsüne göre yargı merciini, Meclis-i Ahkâm-ı Adliye olarak belirlemiş ve hapis cezasını 5 ila 25 gün arasında belirlemiştir. Cezanın bu şekilde tespit edilmesi, Tanzimat döneminde kanun önünde eşitlik ilkesinin ceza hukukuna yavaş yavaş girmeye başladığını göstermektedir (Zürcher, 2017).

İkinci madde, askeri zümre ile sivil-ulema sınıfı arasında meydana gelen hakaret ve namus davalarında yargı yetkisini düzenleyen ve bu iki sınıfı birbirinden ayıran karma bir sistem öngörmektedir. Davalar yine Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'de görülmekle birlikte, askeri personelin cezası, askeri hükümlere göre verilmek üzere, ilgili askeri makamlara havale edilecektir. Bu düzenlemeye göre, Tanzimat döneminde çifte yargı yapısı devam ettiriliyor ve

bu yapının merkezi bir denetim altına alınmaya çalışıldığı anlaşıyor. Böylece askeri disiplin korunurken, sivil otoritenin yargı üzerindeki üstünlüğü de teyit ediliyordu.

Üçüncü madde, sıradan kişilerin karıştığı hakaret ve namus davalarında yerel mahkemeleri yetkili kılmaktadır. Ancak verilen hükmün uygulanması, kişinin mensup olduğu kuruma göre değişmektedir. Bu maddede, Tanzimat ceza hukukunda toplumsal statüye göre farklı infaz usulünün devam ettiği, ancak suçun tanımında ve ceza süresinde ortak bir çerçeve oluşturulmaya çalışıldığı görülmektedir (Mardin, 2025). Hafif suçlarda tekdir ve tenbih; ağır suçlarda ise, 5 ila 25 gün arasında hapis cezasının öngörülmesi, “cezanın orantılılığı” ilkesinin benimsendiğini ortaya koymaktadır.

Dördüncü madde, hakaret ve namus konularında taşrada işlenen suçların Meclis-i Meşveret’te karara bağlanmasını öngörmektedir. Bu maddeden anlaşılan, Tanzimat yönetiminin taşra yargısını tamamen dışlamadığıdır (İnalçık, 2016). Burada dikkat çeken nokta, cezaların yine zâbit marifetiyle icra edilmesi, bir başka deyişle, yürütme ile yargı arasındaki ayrımın henüz tam olarak keskinleşmemiş olmasıdır.

Beşinci madde ise, fiziki saldırı ve darp fiillerini ayrıntılı biçimde düzenlemekte ve ceza süresini 15 günden 3 aya kadar hapis olarak belirlemektedir. Bu düzenleme, bedene karşı işlenen suçların artık açık biçimde “kamu davası” niteliği kazandığını göstermektedir (Ekinci, 2016). Ayrıca, iftira ihtimaline karşı tahkik ve tetkik zorunluluğu getirmekte ve asılsız suç isnadında bulunanlara da 5 ila 45 gün arasında hapis cezası öngörmektedir. Bu hüküm, Tanzimat ceza hukukunda “masumiyet karinesi”nin ve “delile dayalı yargılama”nın yerleştirilmeye çalışıldığını gösteren önemli bir yeniliktir.

Bu beş madde birlikte değerlendirildiğinde, 1840 Ceza Kanunnâmesi’nin şahsi dokunulmazlık, namus, şeref ve beden güvenliğinin devletin koruması altına alındığını göstermektedir. Aynı zamanda kamu görevlilerinin keyfi şiddeti sınırlandırılmış, ceza hukukunun disipline edici olmaktan çok, suçları düzenleyici bir fonksiyon üstlendiği anlaşılmaktadır.

Üçüncü fasılda, güvenlik ve emniyet işleriyle görevli olan devlet memurlarının halka karşı işlediği suçlar ve askeri vazifeli şahısların birliklerine karşı işledikleri sövme ve basit darp fiilleri düzenlenmiştir. Bu fasılda bu memurların ırz ve namus dokunulmazlığı da gözetilerek, gerekli hallerde kabahatlıların cezalandırılacağı beyan edilmiştir. Aynı şekilde bu tip olayların askerler ve devlet görevlileri arasında olması durumunda, askeri şahısların davalarının özel mahkemelerde görüleceğine yer verilmiştir. Buna göre adam yaralama veya darp etmenin, derecelere ayrılmasa da fiilin ağırlığına göre değişen hapis ve kürek cezalarıyla cezalandırılmaları istenmiştir. Böylece yaralama ve darp, ilk kez detaylı bir şekilde

sınıflandırılmış ve yaralamanın niteliği önem kazanmıştır. Sövme ve hakaret fiili ise, modern anlamda “kişilik haklarının korunması” yönünde bir adım oluşturmuştur. Bu fasıl, kişiye karşı işlenen suçlarda, failin kastinin değerlendirilmesi bakımından Osmanlı ceza hukukuna yeni bir düşünce pratiği getirmiştir. Avrupa ceza sistemindeki bireysel sorumluluk anlayışı, bu dönemde Osmanlı hukukuna da girmeye başlamıştır (Findley, 1980).

Dördüncü Fasl

Birinci Madde: Taraf-ı Devlet-i Aliyye'den kimsenin mal ve emlâkına vad'-i yed olunamayacağına cânib-i meâlimünâkıb Hazreti Şahane'den kezâlik ahd ve misak buyurulmuş olduğundan büyük ve küçük bir kimse diğer birisinin mal ve emlâkına bi-gayr-i hak ta'arruz ve tasallut ve müdâhale etmek veyahut cebren almak veya sattırmak için bizzat veyahut bi'l-vasıta eylemek misüllü şeyler veçhen mine'l-vech câiz olamaya.

İkinci Madde: Ba'de izin bu misüllü madde-i memnu'a ve mekrûheye cesâret eden olur ise, farzen birinin mal ve emlâkına tasallutu vuku'unda men' ve def' olunup şayet bir takrip ile zapt etmiş bulunur ise, mazbut olan mal ve emlâk-ı mevcut ise, aynen değil ise semenen sâhip oluna. Ret ettirildikten başka evvel şahsın hilâf-ı kanun harekete cesaretine binâen erbâb-ı münasip ve me'mûriyetten ise, hizmetinden tard ve ihraç olunup bu takımdan olmadığı halde memleketten âhar mahalle bir sene durmak üzere nefî ve tağrîp kılına.

Dördüncü fasılda, kişilerin mülkiyet hakkı teminat altına alınmış ve haksız yere kimsenin malına ve emlâkına dokunulamayacağı belirtilmiştir. Bu tip bir suç işlendiği takdirde, el konulan malın aynen sahibine geri verilmesine, şayet mümkün değilse, nakit olarak tazmin edilmesine yönelik cezalar öngörülmüştür. Bu suçları işleyenler, devlet memuru veya diğer makam sahiplerinden biriye, ceza olarak bu kişilerin memuriyetten geçici veya kesin olarak çıkarılması; memur değilse, sürgün edilmesi gibi cezalar tespit edilmiştir.

Dördüncü faslın birinci maddesi, Tanzimat sonrası Osmanlı hukuk düzeninde mülkiyet hakkının devlet güvencesi altına alındığını göstermesi bakımından önemlidir. Madde, “Devlet-i Aliyye'den kimsenin mal ve emlâkına vad'-i yed olunamayacağı” şeklinde bir ifadeye yer vererek, devlet görevlileri dâhil olmak üzere, hiç kimsenin haksız şekilde özel mülkiyetine el konulamayacağını hükme bağlamıştır. Bu hüküm, Tanzimat Fermanı'nda yer alan “ırz, can ve mal güvenliği” ilkesinin ceza kanunu düzeyinde somutlaşmış ilk uygulamasıdır (Akgündüz, 2017). Madde ayrıca, “büyük ve küçük bir kimse” ifadesiyle toplumdaki tüm bireylerin özel mülkiyetine hukuksuz müdahale yapılamayacağını belirtmiştir. Böyle bir düzenleme, Osmanlı hukukunun klasik dönemdeki örfi uygulamalardan ve keyfi müsadere anlayışından uzaklaşarak, modern anlamda bir “mülkiyet doktrini” geliştirdiğini gösterir (Findley, 1980).

Kanun aynı zamanda özel mülkiyete olan müdahalenin niteliğini de ayrıntılı bir şekilde tanımlamıştır. Bu şekilde genişletilmiş tanım, 1810 Fransız Ceza Kanunu'nun mülkiyet doktrinini akla getirir. Buna göre suçun somut bir biçimde gerçekleşmesi dışında, teşebbüs ve vasıta biçimlerini de kapsamaları, modern ceza yaklaşımının bir göstergesidir (Kunter, 1961). Dolayısıyla birinci madde, Tanzimat hukuk reformlarının temel amacı olan devlet otoritesinin hukuki bir boyut kazanması ve keyfilik kaldırılması ilkesinin açık göstergelerinden biridir. Dördüncü faslın ikinci maddesinde, birinci maddede tanımlanan mülkiyetin dokunulmazlığı ilkesini ihlal edenlere uygulanacak cezaları ayrıntılı bir şekilde düzenlenmiştir. Burada üç temel unsur dikkat çekmektedir: Bunlardan birincisi, mülkün iadesi ilkesinin kabul edilmesidir. Söz konusu maddeye göre, fail, haksız şekilde elde ettiği malı “aynen” iade etmek zorundadır. Şayet bu mümkün değilse, malın bedeli nakdi olarak tazmin edilecektir. Bu yaklaşım, Osmanlı ceza hukukunda maddi zararın giderilmesine verilen önemin arttığını ve modern hukuk düzenindeki cezanın içine tazminatın eklenmesi ilkesine geçildiğini göstermektedir (Cin & Akgündüz, 1989). İkinci olarak, ceza türlerinin toplumsal konuma göre belirlenmesidir. Buna göre, failin toplumsal konumu ve görevi göz önünde bulundurularak iki farklı yaptırım öngörülür: Eğer fail “erbâb-ı münasib ve me'muriyetten ise”, yani devlet görevlisiyse, görevden çıkarma (tard) uygulanır. Devlet görevlisi değilse, bir yıl süreyle başka bir yere sürgün (nefi ve tağrip) cezası verilir. Bu ayırım, Tanzimat reformlarının temel hedeflerinden biri olan, kamu görevlilerinin denetimi ve yolsuzlukla mücadele politikasının doğal bir sonucudur. Görevli kişiye daha ağır ve itibari bir ceza verilmesi, devlet otoritesini koruma çabasının bir yansımasıdır. Üçüncü olarak, suçun teşebbüs aşamasında önlenebilir olduğunun kabul edilmesidir. Maddede geçen “cesaret eden olur ise... men' ve def' olunup” ifadesi, modern ceza hukuku anlamında, suçun icra aşamasına geçmeden önce engellenebilir olduğunu ima etmektedir. Bu ima, klasik Osmanlı ceza hukukunda yer almayan, ancak Tanzimat döneminde önem kazanan “önleyici kamu düzeni” kavramına işaret etmektedir (Shaw, 1977).

Bu anlamda ikinci madde genel olarak, mülkiyet hakkının korunması için ceza hukukunun yaptırım mekanizması olmasının dışında, önleyici ve disipline edici bir araç olarak kullanılmak istendiğini göstermektedir (Barkey, 1994).

Beşinci Fasl

Birinci Madde: Çünkü kâffe-i ulema ve vükela ve vüzera ve ümerây-ı askeriye ve ricâl vesâir me'muriyî Devlet-i Aliyye ve efrâd-ı asâkir ve'l-hâsıl hangi sınıf ve milletten olur ise olsun mecmu' müstahdemeyn mikdâr-ı kifâye ma'aş ve mahiyeler ile muvazzaf olduklarından artık

irtişaya ve irtişadan ma'dûd hedâyâ ahzına hiç mahal kalmamış olmakla fî mâ ba'de bu fiil-i mekrûhe cesâret olunamaya.

İkinci Madde: Eğerce cesâret eden olur ise, aldığı rüşvet Beytülmal'a teslim olunmak üzere alınıp, mürteşi bulunan adam dahi, erbâb-ı münasip ve me'mûriyetten bulunduğu halde ba'de izin münâsio ve me'mûriyet-i Devlet-i Aliyye'de kullanmamak üzere bulunduğu hizmetten azl ve ihraç ve rütbesinden hat ve tenzil ile üç sene müddet için küreğe vad' kılın.

Üçüncü Madde: Bir güne me'mûriyyet ve hizmet erbabından bulunduğu surette âtide hiçbir mesâlih-i Devlet-i Aliyye'de istihdam olunmamak üzere kezâlik üç sene müddet için küreğe konula.

Dördüncü Madde: Râşi olan şahıs hakkında dahi, mürteşi hakkında mukarrer olan ceza ve mu'amelât aynıyla icrâ oluna.

Beşinci Madde: Râşi olan adam şayet kendi emel-i mahsusunu terviç ümidiyle ve kendi rızasıyla vermeyip de mücerred mürteşinin icbâr ve ehâfesiyle vermiş ise, ol halde mazlum olacağından verdiği şeyin kendisine ret ve i'ta ettilmesi câiz ola. Fakat öyle mecburen verdiği halde onu vaktiyle mahalline haber vermemek dahi, kendine bir nev'i kabahat olacağından akabinde haber vermez ise, te'diben bir sene müddet için memleketinden âhar mahalle nefi ve tağrip oluna.

Altıncı Madde: Bazı te'atı mu'tad olan hedâyey-i resmiye ve aleniyenin kabulü dahi, mutlaka irâde-i seniyye-i Hazreti Şahane'ye mütevekkîf buluna.

Yedinci Madde: Düğünlerde ve bazı cihetlerle dostâne ve muhâbbâne i'tası mesnûn olan hedâyanın dahi, cinsi ve mikdârı başkaca bir kanun ile tebyîn ve tahdîd olunarak onun tecâvüzü bir vakte câiz olmaya.

Beşinci faslın ilk maddesi, rüşvetin yasaklanmasını kamu görevlilerinin maaş ve tahsisatla düzenli biçimde geçimlerinin sağlanmış olması gerekçesine dayandırmaktadır. Bu yaklaşım, Tanzimat yönetiminin rüşveti, ahlâki bir sorun olmanın ötesinde, kurumsal ve yapısal bir mesele olarak ele aldığını göstermektedir. Devlet, memurlara “mikdâr-ı kifâye” maaş verdiğini varsayarak, rüşveti meşruiyeti kalmamış bir fiil olarak tanımlamıştır (Ergin, 1977). Madde kapsamına üst düzey bürokrasinin dışında, ulema, askeri erkân ve tüm “müstahdemeyn” dâhil edilmiştir. Böylece Tanzimat'ın yolsuzlukla mücadelede, kapsayıcı bir politika ortaya koyduğu anlaşılmaktadır. Özellikle farklı din ve milletlerden görevlilerin açıkça zikredilmesi, rüşvet yasağının hukuk önünde ve eşitlik ilkesi çerçevesinde düzenlendiğini göstermektedir (Davison, 1963).

İkinci madde, rüşvet alan memur için uygulanacak yaptırımları ayrıntılı biçimde düzenlemektedir. Buna göre, alınan rüşvetin Beytülmal'a iadesi, malvarlığına ilişkin hukuki sonuçların değerlendirildiğini göstermektedir. Ayrıca rüşvetten doğan haksız kazancın meşru bir kazanım olmadığı da belirtilmektedir (Göçek, 1997). Cezalar arasında, görevden azil, rütbe tenzili ve üç yıl kürek cezasının birlikte öngörülmesi, rüşvetin Osmanlı ceza anlayışında ağır bir kamu suçu kapsamına alındığını göstermektedir (Deringil, 2014).

Üçüncü madde, aslen görevli olmayan ancak bir gün olsun kamu hizmetinde bulunmuş kişilerin bile rüşvet suçu işlemişse, ömür boyu kamu görevine alınmamasını öngörmektedir. Böylece kamu hizmeti, ahlâki bir sorumluluk alanı olarak tanımlanmıştır. Bu maddeyle birlikte, kamu hizmetine duyulan güvenin korunması hedeflenmiş; rüşvetin, bireysel bir suç olmaktan ziyade devletin meşruiyetini zedeleyen bir fiil olduğu vurgulanmıştır (Kırlı, 2000).

Dördüncü maddede, rüşvet veren kişi ile rüşvet alan kişi arasında bir fark olmadığı anlamına gelen “cezai eşitlik” ilkesi üzerinde durulmaktadır. Bu yaklaşımla Osmanlı ceza hukukunda rüşveti alanın da verenin de aktif fail olarak kabul edildiği, modern ceza hukuku anlayışının benimsendiğini göstermektedir (Zürcher, 2017).

Beşinci madde, rüşvet verenin zorla veya tehdit altında rüşvet vermesi halinde, kişiyi “mazlum” sayarak cezadan muaf tutmaktadır. Böylece Tanzimat ceza hukukunda failin iradesine, yani kast unsuruna verilen önemin arttığını göstermektedir. Ancak zorla rüşvet verdiği halde, bu durumu zamanında yetkililere bildirmeyen kişinin, sürgün cezası ile cezalandırılması öngörülmekte ve vatandaşlara idareyi denetleme yükümlülüğü verilmektedir (Quataert, 2005).

Altıncı madde, hediye kabulü meselesiyle ilgili olup “resmî ve alenî” hediyelerin kabulünü Padişahın iradesine bağlamıştır. Böylece hediye ile rüşvet arasındaki sınır, kesin olarak çizilmeye çalışılmıştır. Bu düzenleme, Osmanlı idari kültüründe köklü bir gelenek olan hediyeleşmenin hukukileştirilmesi olarak değerlendirilebilir. Bu yönüyle madde, geleneksel patrimonyal ilişkilerden bürokratik-devlet anlayışına geçilmek istendiğinin göstergesidir.

Yedinci madde, düğün ve dostluk gibi sosyal ortamlarda verilen hediyelerin tamamen yasaklanmadığını; ancak hediyelerin türü ve miktarının başka bir kanunla sınırlandırılacağını belirtmektedir. Bir anlamda toplumun kültürel pratiklerini tamamen reddetmeden, onları kanuni sınırlar içine çekme arayışında olduğu anlaşılmaktadır (Faroqhi, 2003).

Bu yedi madde birlikte ele alındığında, 1840 Ceza Kanunnamesi rüşveti, devletin kurumsal bütünlüğüne yönelik bir tehdit olarak görmüştür. Cezaların ağırlığına bakıldığında, kamu görevlilerinin ahlâki ve hukuki sorumluluğunun artırılmasının amaçlandığı anlaşılmaktadır.

Aynı zamanda hediye kültürünün sınırlandırılması, Osmanlı bürokrasisinin modernleşme sürecinin önemli bir aşamasını teşkil etmektedir.

Altıncı Fasl

Birinci Madde: Devlet-i Aliyye'nin umûr-ı maliyesinde bulunanlar yani, tahsilât ve imalât ve mesârifât hususlarına me'mur olanlar ve taşralarda olan muhasıllar ve gümrük ve ebniye ümenası ve onların istihdam edeceği adamlar hall-u halice sâye-i Devlet-i Aliyye'de kâffe-i muvazzaf olduklarından artık bunlar için irtikâb ve sirkate kat'ıyyen mahal kalmamakla ba'de izin bu fiil-i mekrûheden kemâliyle ittika oluna.

İkinci Madde: el-Hâsıl taraf-ı eşref-i Hazreti Şahane'den kendisine ta'yin olunan maaştan ma adâ hiçbir nâm ve vesile ile bir yerden bir akçe alınması câiz olmaya.

Üçüncü Madde: Şayet bu sirkat töhmetine cesâret eden olur ise, yani az çok bir şeye irtikâb eder ise, herhangi rütbe-i âliyyede bulunur ise bulunsun alenen muhâkeme olunarak cünhası sâbit olduktan sonra fakat emvâl-i mesrûka yedinden nez' ve istirdâd ve nakd-i mevcûdi olmadığı halde yalnız ol mikdâr şey emvâl ve emlâkından istifâ ile kendisi fî mâ ba'de mesâlih-i Devlet-i Aliyye'de istihdâm olunmamak şartıyla rütbesinden hat ve tenzil olunarak üç sene müddet için küreğe vad' kılın.

Altıncı faslın birinci maddesi, devletin mali yapısında görev alan kişileri ayrıntılı şekilde tanımlayarak başlar. Tahsilât, imalat, mesârifât işleriyle uğraşanlar; taşradaki muhasıllar; gümrük ve ebniye emînleri ve bunların maiyetindeki görevliler ayrı ayrı zikredilmiştir. Bu kapsamlı sayım, Tanzimat yönetiminin mali bürokrasiyi devletin en hassas alanı olarak gördüğünü ortaya koymaktadır (Tabakoğlu, 2016). Maddede geçen “kâffe-i muvazzaf olduklarından” ifadesi, bu kişilerin geçimlerinin devlet tarafından sağlandığını ve bu nedenle irtikâb (görevi kötüye kullanarak menfaat sağlama) ve sirkatin, artık hiçbir yasal gerekçesinin kalmadığını vurgulamaktadır. Böylece rüşvet ve yolsuzluğun yapısal nedenleri ortadan kaldırılmak istenmiştir (Genç, 2000). Dolayısıyla bu madde, mali suçları devletin mali düzenine karşı işlenen ağır suçlar olarak konumlandırmaktadır.

İkinci madde, maliye görevlilerinin gelirlerini kesin biçimde sınırlandırmaktadır. Buna göre, bir görevlinin yalnızca kendisine Padişah tarafından tayin edilen maaşı alması meşru kabul edilmiş; bunun dışında “hiçbir nam ve vesile ile” ek gelir elde etmesi yasaklanmıştır. Bu hüküm, Tanzimat öncesinde yaygın olan örfi tahsilât, bahşiş, komisyon ve yerel teamül kaynaklı gelirlerin, hukuk dışı ilan edildiğini göstermektedir (Pamuk, 2014).

Üçüncü madde, mali suçlara karşı uygulanacak yaptırımları, son derece ağır ve açık biçimde düzenlemektedir. Sirkat veya irtikâb suçunu işleyen kişi, rütbesi ne olursa olsun, alenen

muhakeme edilecektir. Böylece yargılamada şeffaflık ve cezalandırmada caydırıcılık ilkesinin benimsendiği görülmektedir. Suçun sabit görülmesi halinde uygulanacak yaptırımlar, çalınan malın zorla geri alınması (istirdâd); nakit yoksa, failin kendi malvarlığından tahsil edilmesi; kamu görevinden ömür boyu men, rütbe ve ünvanın düşürülmesi ve üç yıl süreyle kürek cezası verilmesi gibi birden fazla ceza türü tespit edilmiştir.

1840 Ceza Kanunnamesi'nin mali suçlara karşı tavizsiz bir ceza politikası benimsediği görülmektedir. Devrin yöneticileri, devletin mali kaynaklarını siyasal meşruiyetin temeli olarak değerlendirmiştir. Bu nedenle maliye görevlilerinin yolsuzlukları, doğrudan devlet düzenine karşı işlenmiş suçlar arasında sayılmıştır.

Yedinci Fasl

Birinci Madde: Bundan böyle tahsilât ve imâlât ve mesârifât me'murları mâh bemâh rü'yet olunan hesâb-ı âdiyelerinden başka senede bir kere dahi muhâsebeleri hesaba me'mur olacak aklâm ma'rifetiyle yegân yegân rü'yet ve istiknâh olunduktan sonra defterlerini Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'ye arz etmeye mecbur ve her bir ahz ve i'talarından dolayı meclisçe mes'ul olacaklarından makbuzât ve medfu'âtından bir şey çaldırmış ise, mal-ı mesrûk sirkat eden adamdan istirdâd olunarak te'dibi sirkat cezasına tatbikân icrâ kılın ve asıl me'mur olan zat dahi, bu kadiyeye vâkıf oluduktan sonra ağmâz ve müsa'ade etmiş ise, azl ile te'dib oluna.

İkinci Madde: Bir me'mur icâb etmeyecek şeye ve mahalle akçe i'tasıyla mal-ı mîriyi itlâf etmiş ise, ve imâl olunan mühimmât vesâir eşya irâe olacak numuneye tevâfuk etmez ise, tebeyyün edecek telef ve zarar me'muruna tazmin ettirile.

Üçüncü Madde: Çünkü her bir me'mur makbûzât ve medfu'âtından dolayı meclisçe mes'ul ve zararına zâmin olacağından istihdâm edecekleri adamların kendi indilerinde mu'temit ve mü'temin olması lâzım geleceğine binâen, ba'de izin ol makule hizmetlerinde hiçbir tarafın hatırı için adam istihdâmı câiz olmaya.

Dördüncü Madde: Bu mes'uliyet maddesi yalnız makbûzât ve medfu'âta münhasir olmayıp çünkü Meclis-i Ahkâm-ı Adliye cemi' kavânîn-i müessesenin ve nizâmât-ı mevzû'anın hâmi-i kâvisi olacağından mecmu' ulema ve vükelâ ve kâffe-i me'mureyn ve müstahdemeyn umûr-ı me'murlarına dâir her bir efkâr ve harekâtlarından dolayı meclisçe mes'ul olarak farzen birisine maslahat me'muresinde tekâsiline dâir bir şey azv olunup da teberrua-i zimmete muktedir olamadığı ve eksiriyyet-i âra onun aleyhinde bulunduğu halde ol me'mur derhal mansıbından istifâyaya mecbur ola.

Yedinci faslın birinci maddesi, Tanzimat döneminde mali idarenin denetim altına alınmasına yönelik sistemli düzenlemelerden birini ortaya koymaktadır. Buna göre tahsilât, imâlât ve

mesârifâtla görevli memurlar, aylık rutin hesaplarla yetinmeyip, yılda bir kez merkezi muhasebe birimleri (aklâm) tarafından ayrıntılı denetime tabi tutulacaktır. Bu denetimin ardından, defterlerin Meclis-i Ahkâm-ı Adliye'ye sunulması zorunluluğu, yargı organının aynı zamanda yüksek denetim mercii olarak konumlandırıldığını göstermektedir (Çakır, 2012). Madde, mali sorumluluğu asıl memurla sınırlı tutmamış; memurun maiyetindeki kişilerin işlediği sirkat fiillerinden de dolaylı olarak sorumlu görmüştür. Eğer memur, hırsızlığı öğrendiği halde bu duruma göz yummuşsa, hakkında azil ve disiplin cezası uygulanacaktır. Bu düzenlemeyle modern idare hukukundaki kusurlu gözetim ve ihmali davranıştan doğan sorumluluk anlayışının benimsendiği sonucu çıkarılabilir (Aral, 2021).

Faşlın ikinci maddesi, kamu kaynaklarının amacı dışında kullanılmasını önlemeye yöneliktir. Bir memurun gereksiz harcama yapması ya da devlet adına imal edilen mal ve mühimmatın belirlenen standartlara uymaması halinde doğacak zarar, doğrudan memur tarafından karşılanacaktır. Osmanlı mali hukukunda önemli bir dönüşüme işaret eden bu madde, klasik dönemden farklı olarak, bireysel mali sorumluluk ilkesini ön plana çıkarmıştır.

Üçüncü madde ise, istihdam edilecek kişilere ilişkin önemli bir ilke getirmektedir. Buna göre memurlar, liyakat ve güvenilirlik esasına göre istihdam edilecektir. Böylece hatır, nüfuz veya tavassut yoluyla adam kayırma kesin biçimde yasaklanmıştır.

Dördüncü maddeye göre, sorumluluk ilkesi mali işlemler dışında, genel idari ve ahlâki davranışları da kapsayacaktır. Meclis-i Ahkâm-ı Adliye, mali denetim yapan bir organ olmasının yanı sıra tüm kanun ve nizamlara uyulup uyulmadığını da gözetken üst denetim makamı olarak tanımlanmıştır. Yine dördüncü maddeye göre, bir memur, görev ihmaliyle suçlanır ve çoğunluğun aleyhinde oy kullandığı anlaşılırsa, kendini temize çıkaramadığı takdirde, derhal görevinden istifa etmek zorundadır. Bu hüküm, Osmanlı ceza ve idare hukukunda oldukça yenilikçidir; zira ilk kez bir kamu görevlisinin, yargı sonucunu beklemeden siyasal ve ahlâki sorumluluk ilkesi gereğince, makamını kaybetmesi söz konusudur (Tekeli & İlkin, 2003). Bu yönüyle madde, hesap verebilir devlet anlayışının tercih edildiğini ima etmektedir.

Sekizinci Fasıl

Birinci Madde: Her bir memlekette hükümet üç nev'i olup birisi Hükkâm Efendiler ki, umûr-ı şer'i ve kanûniyenin emin ve hâfizlarıdır. Ve biri Müşîrân ve Umerây-ı Askeriye'dir ki, memleketlerin asâyiş ve istirahati ve vikâye-i nizâmât-ı mevzu'ası onların uhdelerine muhavvil ve muhaffizdir. Ve üçüncüsü umûr-ı makliyye me'mur muhassıllardır ki, emvâl-i mürettebe-i Devlet-i Aliyye'nin tahsil ve istifâsı ve vakt-i ve zamanıyla bu tarafa esrası bunların mesâlih-i

mahsûsesindedir. Bunların mesâlh-i vakı'ayı beyinlerinde ve bulundukları memleketin meclisinde tefâvut ve merâtibe bakılmayarak ğarazsızca ve karındaşça müzâkere ve icabına göre birbirlerine mu'âvenet etmeleri iktizây-ı me'muriyetlerinden ise de, birinin haberi olmaksızın onun umuruna diğèrinin müdâhale etmesi kat'iiyen câiz olmaya.

İkinci Madde: Şayet müdâhaleden ve cihât-ı sâireden dolayı beyinlerinde münâfese zuhuruyla iştikâ vakı' olur ise, tahkikât-ı lâzime ve tedkikât-ı mukteziye ile ba'de'l-muhâkeme töhmet ve kabahat herhangi tarafa tahakkuk eder ise, onun te'dibine bakıla.

Sekizinci faslın birinci maddesinde, Tanzimat sonrası Osmanlı idari yapısı, üçlü bir yetki ve görev tasnifine tabi tutulmuştur. Buna göre, Hükkâm Efendiler, şer'i ve kanunî işlerin muhafızları; Müşîrân ve ümerâ-yı askeriye, asayiş, güvenlik ve nizâmın korunmasından sorumlu askeri erkân; Muhassıllar ise, devlet gelirlerinin tahsili ve mali işlerden sorumlu sivil idareciler olarak konumlandırılmıştır. Bu tasnifle birlikte, Osmanlı Devleti'nde klasik dönemde iç içe geçmiş olan yargı, idare ve maliye erkleri, Tanzimat'la birlikte ilk kez ayrıştırılmaya çalışılmıştır (Barkan, 1953). Özellikle muhassılların müstakil bir mali otorite olarak tanımlanması, devletin mali denetimi güçlendirme çabasının bir sonucudur (Efe, 2002). Maddeye göre, bu üç idari unsurun eşitlik ve hiyerarşik üstünlük gözetilmeksizin, yerel meclislerde müzakere etmeleri öngörülmektedir. Böylece danışma (meşveret) ilkesinin kurumsallaştırılması arzu edilmektedir (Tanör, 2025). Bununla birlikte maddenin en değerli kısmı, yetki ihlali yasağıdır. Bir idari birimin, diğèrinin görev alanına müdahale etmesi kesin olarak yasaklanmıştır. Bu hüküm, Osmanlı idaresinde görev alanlarının belirsizliğinden doğan çatışmaları önlemeyi ve böylece sınırları netleştirmeyi amaçlamaktadır.

İkinci madde, birinci maddede tanımlanan idari sınırların ihlali sonucunda ortaya çıkabilecek rekabet (münâfese) ve şikâyet durumlarının nasıl çözüleceğini düzenlemektedir. Buna göre, idariciler arasında bir ihtilaf doğarsa, mesele incelenecek ve gerekli görüldüğü takdirde, yargısal nitelikte bir muhakeme yapılacaktır. Bu düzenlemeyle idari uyuşmazlıkların soruşturma ve delile dayalı bir usulle çözülmesi öngörülmektedir. Böylece Tanzimat dönemi ceza hukukunun, idari düzeni sağlamak için cezalandırıcı olduğu kadar düzenleyici olduğu da anlaşılmaktadır. Aynı zamanda suçun veya kusurun hangi tarafa ait olduğunun belirlenmesi esas alınmakta ve kişisel veya kurumsal statüye bakılmaksızın sorumluluğun tespit edilmesi hedeflenmektedir.

Sekizinci fasıl, 1840 Ceza Kanunnâmesi'nin modern Osmanlı idaresinin işleyiş esaslarını belirleyen bir çerçeve sunmaktadır. Yetki ayrımı, görev sınırlarının korunması, meşveret ilkesi

ve idari uyuşmazlıkların yargısal denetimi, Tanzimat'ın merkezi ama hukukla sınırlı devlet modelinin benimsendiğini göstermektedir.

Dokuzuncu Fasl

Birinci Madde: Kavânîn-i cedide iktizasınca herkes ale's-seviyye imtiyâzât-ı tabi'îye ve hukuk-ı mefrûzasına nâil olmuş ise de, cümlesi emr-i uli'l-emre ve ahkâm-ı şer'îye ve kavânîyeye ita'at ve inkıyâd ile me'mur ve mecbur olarak aksine hareketi takdirinde mes'ul ve me'âtib olacağından ez-cümle büyük ve küçük herkes kuvvet-i maliye ve kemiyet-i emlâkına göre ta'yin olunacak vergisi vakt-u zamanıyla vermesi fariza-i zimmeti olmakla bu hususta muhâlefeti vuku'unda ahz ve haps ile icbâr oluna.

İkinci Madde: Zâbit tarafından li maslahat istenip de ömr-ü hakikisi olmaksızın gelmez ise, li ecli't-te'dib on günden kırk güne kadar haps kılına. Ve zâbit tarafından gidecek adama muhâlefet gösterenler hakkında mu'âmele-i cebriye icrâsı câiz ola.

Üçüncü Madde: Umûr-ı zaptiye ve raptiye me'murlarına karşı durup silah çekmek misüllü halât-ı reddiyye cesâret edenler mukiyyeden Dersaadet'e götürülüp iki sene ve silah boşaltmış olduğu halde velev re'set gelmemiş olsa bile üç sene ve gerek kurşun vesâir alât-ı carha ile mecruh etmiş olduğu surette dahi, iltiyamına kadar mesârifi ondan alınıp kendisi beş sene müddet için vad'-i kürek oluna ve mcrûh olan adam-ı ceriha vefât ettiği halde artık madde-i katl meselesine intikâl etmiş olacağından fasl-ı evvelde münderiç olan ahkâm-ı kısısiyye tatbikân icrâsı lâzım gelir.

Dokuzuncu fasıl, Tanzimat döneminde “hak ve yükümlülük dengesi”nin nasıl kurulduğunu göstermesi bakımından ayrı bir yere sahiptir. Fasl, bir yandan kanun önünde eşitlik ilkesini kabul ederken, diğer yandan bu eşitliğin mutlak itaati de zorunlu kıldığını vurgulamaktadır. Dolayısıyla Tanzimat idaresinin disiplinci ve merkezi otoriteyi savunan bir karaktere sahip olduğu iddia edilebilir (Findley, 1980).

Dokuzuncu faslın birinci maddesi, Tanzimat reformlarının temel sloganlarından biri olan “herkesin kanun önünde eşitliği” ilkesini teyit etmekle başlar. Ancak bu eşitlik, yükümlülüklerin genelleştirilmesi anlamına gelmektedir. Maddeye göre herkes, devlet otoritesine ve kanunlara itaatle yükümlüdür. Bu çerçevede özellikle vergi yükümlülüğü, bireyin devlete karşı temel borcu olarak tanımlanmıştır. Ancak adaletli bir vergilendirme ideali ortaya konulurken; ödemeyenlere karşı zorla tahsil ve hapis tehdidi, devletin mali egemenliğini koruma altına aldığını belli etmektedir (Tabakoğlu, 2016). Haliyle bu madde, Tanzimat'ın bireyi vergi veren ve itaat eden bir tebaa/vatandaş olarak yeniden tanımladığını ortaya koymaktadır (İnalcık, 2017).

İkinci madde, devlet otoritesinin çağırma ve görevlendirme yetkisini düzenlemektedir. Buna göre bir kişi, zabıt tarafından kamu yararı için çağrıldığında, meşru bir mazereti yoksa, bu çağrıya uymak zorundadır. Aksi takdirde hakkında 10 ila 40 gün arasında hapis cezası öngörülmüştür. Ayrıca zabıtın gönderdiği görevliye direnme durumunda, zabite zor kullanma yetkisi verilmiştir. Tanzimat sonrasında Osmanlı idaresinin polis yetkilerini genişlettiği ve kamu düzenini sağlama konusunda önleyici/cezalandırıcı bir yaklaşım benimsediği anlaşılmaktadır (Zürcher, 2017). Bu madde, modern anlamda “kamu gücüne direnme” suçunun karşılığı olarak da değerlendirilebilir.

Üçüncü madde, dokuzuncu fasılın en ağır ve sert düzenlemesidir. Bu madde, devletin zor kullanma yetkisini tartışmasız bir şekilde tesis etmektedir. Buna göre, zaptiye ve raptiye memurlarına, silahla karşı koyma, ateş etme ve yaralama gibi fiiller, doğrudan devlet otoritesine yönelik işlenmiş ağır bir suç olarak tanımlanmıştır. Bu gibi durumlarda verilecek cezalar ise, kademeli olarak şu şekilde düzenlenmiştir:

Silah çekme: 2 yıl kürek,

Silah boşaltma: 3 yıl kürek,

Yaralama: 5 yıl kürek ve tedavi masrafları,

Öldürme: Kıyas hükümlerinin uygulanması.

Bu düzenleme, devletin zor kullanma hakkına ilişkin en net hukuki ifadelerden biridir. Devlet görevlisine karşı işlenen suçlar, sıradan bir yaralama veya öldürme olarak değerlendirilmeyip nitelikli ve ağırlaştırılmış bir fiil olarak kabul edilmiştir (Aydın, 1999). Bu yaklaşım, Tanzimat döneminde devletin taşra üzerindeki otoritesini pekiştirme çabasının ceza hukuku yoluyla nasıl desteklendiğini göstermektedir.

Onuncu Fasil

Birinci Madde: Ale'l-ittlâk nasdan birisi diğerine silah çektiği halde bir sene ve silah boşaltmış ise, iki sene ve mecruh eylemiş olduğu surette kezâlik iltiyâmına kadar mesârîfî alınmak üzere üç sene müddet için küreğe vad' oluna.

İkinci Madde: Cerihden müte'essiren vefât vuku'unda kezâlik madde-i kısıâsiye icrâ kılınmak icâp eder.

Onuncu fasıl, 1840 Ceza Kanunnâmesi içerisinde bireyler arasındaki silahlı şiddet fiillerini düzenlemektedir. Düzenlemeye göre, Osmanlı ceza hukukunda şer'i kıyas ilkeleri ile modern kamu cezası anlayışı birlikte uygulamak istenmiştir (Üçok, Mumcu & Bozkurt, 2008).

Birinci maddede, silahlı saldırı sonucuna göre kademelendirilerek ceza verilmesi öngörülmüştür. Buna göre, failin niyetinden ziyade fiilin sonuçlarının esas alındığı ve sadece

silah çekmek için 1 yıl kürek, silahı boşaltmak için 2 yıl kürek, yaralama durumunda ise, 3 yıl kürek ile tedavi masraflarının tazmini şeklinde cezalara çarptırılacaktır.

İkinci madde ise, yaralamanın ölümle sonuçlanması halinde kısas uygulanacağını belirtmektedir. Buna göre, şer'i hukukun tamamen dışlamadığı, aksine yeni ceza hukuku içine dâhil edilmeye çalışıldığı anlaşılmaktadır. Burada önemli olan nokta, yaralama aşamasında kürek cezası uygulanırken; ölüm gerçekleştiğinde, mesele artık özel ceza alanından çıkarak şer'i esaslara göre değerlendirilmektedir. Söz konusu uygulama, Tanzimat hukukunun ikili karakterini yansıtır. Devlet, kamu düzenini bozan fiilleri modern cezalarla bastırmakta; ancak cana karşı işlenen suçlarda meşruiyetini hala daha İslam hukukundan almaktadır (Cin & Akgündüz, 1989).

Onuncu fasıl, Tanzimat dönemi hukuk sisteminin tam anlamıyla sekülerleşmediğini göstermektedir.

On Birinci Fasıl

Birinci Madde: Bazı yollarda kîtâ-ı tarîk olanlar eğer itlâfı nüfus-ı beşeriye etmeyerek fakat adam soymak kazıhasına cesâret etmişler ise, yedi sene müddet için küreğe vad' oluna.

İkinci Madde: Bu makulelerin adam itlâf ettiklerine hazm-u yakîn hâsıl olduğu halde on sene için küreğe konula.

Üçüncü Madde: Adam telef ettikleri halde bi't-tahkîk sâbit olduktan sonra mesele-i kısıâsiye icrâ kılın.

On birinci fasıl, Osmanlı ceza hukukunda yol kesme ve eşkıyalık suçuna bakışı yeniden tanımlamıştır. Yol güvenliği, klasik dönemde olduğu gibi, Tanzimat sonrasında da devletin egemenlik göstergelerinden biri olarak kabul edilmiş; ticaret yolları ve kamu ulaşımı devletin doğrudan koruması altına alınmıştır (Pamuk, 2014). Bu fasıl, eşkıyalığı kamu düzenine ve devlet otoritesine yönelik bir tehdit olarak ele almakta ve bu nedenle ağır ve kademeli bir şekilde cezalandırılmasını öngörmektedir.

Birinci madde, yol kesme fiilinin ölümle sonuçlanmadığı durumları ele almaktadır. Buna göre, yol kesme ve soygun, can kaybı olmaksızın gerçekleşmişse, fail 7 yıl kürek cezasına mahkûm edilecektir. Bu madde, Tanzimat ceza hukukunun önleyici niteliğini yansıtır. Devlet, ölüm olmasa bile, yol güvenliğini tehdit eden fiilleri, uzun süreli ve ağır bedeni ceza ile bastırmayı amaçlamaktadır. Kürek cezasının süresinin uzunluğu, suçun basit hırsızlıktan daha ağır kabul edildiğini göstermektedir (Faroqhi, 2007).

İkinci madde, yol kesme fiilinin ölümle sonuçlandığına dair güçlü bir kanaat oluşması halinde uygulanacak cezayı düzenlemektedir. Bu durumda fail, 10 yıl kürek cezasına çarptırılacaktır.

Buradaki ayrıntı, öldürmenin henüz tam ispat edilmemiş, ancak kuvvetli delillerle sabit görülmüş olmasıdır. Devlet, kamu düzenini tehdit eden bu tür suçlarda kesin hüküm beklemeden, kanaate dayalı olarak ağır cezalarla caydırıcılığı gündeme getirmiştir.

Üçüncü madde ise, yol kesme sırasında adam öldürmenin kesin biçimde sabit olması durumunda kısas hükümlerinin uygulanacağını belirtmektedir. Bu madde, kamu düzenine yönelik suçlarda modern cezaları; cana karşı suçlarda ise, şer'i kısası tercih ettiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda Tanzimat idaresi, eşkıyalıkla mücadelede askeri tedbirlerin dışında, ceza hukukunun sertleştirilmesi yöntemini de yürürlüğe koymuştur.

On İkinci Fasl

Birinci Madde: Bundan böyle herkes huzur-ı şer'i ve kanunda ve mevâdd-ı hukûkiyede yeksân ve seyyân olacak ise de, her bir sınıfın zâbit ve rüesasına ita'at ve inkiyâd ve her halde usûl-i edebiyeye ri'âyet etmeleri, vazifesinden hâriç şeylere tasaddi etmeleri lâzimedden olmakla buna muhâlif harekette bulunanların cünhasına göre tekdir ve terbiyeleri icrâ oluna.

İkinci Madde: Şu kadar ki, ba'de'l-muhâkeme sâbit olmadıkça hiç kimsenin bilâ mûcib haps ve te'dib ve nefî kat'iiyen câiz olmaya.

On ikinci fasıl, 1840 Ceza Kanunnâmesi'nin “anayasal” nitelik taşıyan en önemli bölümlerden biridir. Bu fasılda, Tanzimat'ın temel iddialarından olan kanun önünde eşitlik ilkesi ile Osmanlı toplumunun geleneksel hiyerarşik yapısını uzlaştırma çabası dikkat çekmektedir. Böylece modern hukukun eşitlik ilkesi kabul edilirken, toplumsal düzenin itaat ve edep esaslı karakteri korunmuştur (Lewis, 2022).

Fasılın birinci maddesinde, “herkesin huzur-ı şer'i ve kanunda yeksân ve seyyân olduğu” ilkesi vurgulanarak, Tanzimat hukukunun eşitlik iddiası ortaya konulmuştur. Bu madde Gülhane Hatt-ı Hümayunu'nun ceza hukukuna olan somut etkisi görülebilir. Ancak bu eşitlik, mutlak anlamda bir eşitlik değildir. Madde, eşitliğin hemen ardından her sınıfın kendi zabıt ve rüesasına itaatini, usûl-i edebiyeye riayeti ve yetki aşımından kaçınılmasını şart koşmaktadır. Burada vatandaşların hak sahibi bir özne olduğunu kabul edilmekle birlikte, her birini hiyerarşik bir kamu düzeni içinde konumlandığını göstermektedir. “Tekdir ve terbiye” gibi kavramların kullanılması ise, cezalandırmanın ahlâki ve disipline edici yönüne işaret etmektedir (Shaw & Shaw, 2002).

İkinci madde ise, Kanunnâmenin en ileri hukuki güvencelerinden birini içermektedir. Buna göre, bir kişinin hakkında muhakeme yapılmadan ve suçu sabit olmadan hapsedilemeyeceği, sürgün edilemeyeceği veya cezalandırılmayacağı garanti edilmiştir. Keyfi tutuklamaların ve

idari cezaların sınırlandırılması, Tanzimat idaresinin bir hukuk devleti oluşturma idealinde hareket ettiğini kanıtlamaktadır (Ortaylı, 2016).

On ikinci fasıl, 1840 Ceza Kanunnâmesi'nin denge arayışında olduğunu belli eden bir fasıldır. Bir yanda eşitlik, kanunilik ve muhakeme güvencesi; diğer yanda itaat, disiplin ve toplumsal hiyerarşi... Bu ikili yapı, Tanzimat reformlarının karakteristik özelliğidir. Devlet, bireyi keyfi uygulamalardan korumayı vaat ederken, aynı zamanda onu itaatkâr, terbiyeli ve denetlenebilir bir unsur olarak tanımlamaya devam etmiştir.

On Üçüncü Fasıl

Taşralarda bulunan muhassıllara Bâbîali'den ve Hükkâm Efendilere taraf-ı Fetvâpenâhi'den ve umûr-ı zaptiye ve raptiye me'murlarına dahi, cânib-i Seraskeri'den ta'limnâmeler verilmiş olduğundan onlara muhâlif harekette bulunanlar, işbu Ceza Kanunnâmesi'nde münderiç olan töhmet ve kabahatlerin birinde bulunmuş olacağına binâen, mücâzât-ı mukarreresinin icrâsında dakika fevt olunmaya.

On üçüncü fasıl, 1840 Ceza Kanunnâmesi'nin tamamlayıcı ve bağlayıcı hükmü mahiyetindedir. Bu fasıl, kanunnâmede yer alan suç ve cezaların, genel hükümlerle sınırlı olmadığını; ayrıca merkezi idare tarafından çıkarılan talimatnâmelerle de desteklendiğini ortaya koymaktadır. Böylece Tanzimat dönemi Osmanlı hukukunda kanun ve talimat bütünlüğü sağlanmış olmaktadır.

Fasıl, taşra idaresinde görev yapan üç grubu saymaktadır. Buna göre muhassıllar, Bâbîâli tarafından verilen talimatlara; hükkâm efendiler, Fetvahâne merkezli talimatlara; zaptiye ve raptiye memurları ise, Seraskerlik makamına bağlı olacaktır. Böylece, devlet idaresinin taşra üzerindeki denetiminin kurumsal ve hiyerarşik bir yapıya bağladığını anlaşılmaktadır. Her görevli, hem genel kanuna hem de bağlı olduğu merkezi otoritenin özel düzenlemelerine uymakla yükümlüdür. Söz konusu talimatlara aykırı davranışlar, doğrudan Ceza Kanunnâmesi kapsamına sokularak, talimat ihlallerini sıradan idari kusur olmaktan çıkarmakta ve cezai sorumluluk alanına taşımaktadır. Öte yandan cezaların derhâl ve gecikmeksizin uygulanması gerektiğini vurgulanarak, devletin disiplinci karakteri ortaya konulmuştur (Davison, 1963).

On üçüncü fasıl, Kanunnâmenin merkezileştirici ruhunu sergilemektedir. Devlet, taşra görevlilerini kanunlara, talimatlara ve merkezi makamlara aynı anda bağlı kılarak, tek merkezden yönetilen bir idari düzen kurmayı hedeflemiştir.

Hâtime

Mevâdd-ı meşrûhât-ı kanuniye ve mücâzât-ı mukarrere Devlet-i Aliyye'nin merâtib-i adîde ve mütefâvitesinde bulunanlar ve ehl-i İslam ve milel-i sâireden olanlar haklarında bilâ istisnâ

velâ ğaraz icrâ olunmak üzere karargir olmuş olmakla, işbu kavânîn-i müessese yalnız Devlet-i Aliyye me'murlarının nezâret ve dikkatlerine münhasır olmayarak, hukuk-ı müştereke iktizasınca, bi'l-cümle efrâd-ı nassın dahi, nezâret-i umûmiyesi tahtında bulup bu maddelere tahkik ve tecessüs ve taharriye ve adem-i icrâsı takdirinde keyfiyeti taraf-ı Devleti Aliyye'ye ihbâr ile ihkâk-ı hak olunmasını isteddi'âya herkesin hakkı ola ve bundan böyle dahi, yine meclisçe bi'l-mutala'a bazı mevâdd-ı mukteziye ilâvesi câiz görüle.

İşbu Ceza Kanunnâme-i Hümâyunu temhir eden vükelâ-i fehâm ve ulemay-ı izâm hazerâtıyla azay-ı Meclis-i Ahkâm-ı Adliye vesâir bazı zevât-ı kiramın esâmiyesidir.

Zât-ı Hazreti Sadrazam

Zât-ı Hazreti Şeyhülislam

Serasker-i Asâkir-i Müntazime Devletlü Halil Rifat Paşa Hazretleri

Reis-ü Meclis Devletlü Rauf Paşa Hazretleri

Ticâret Nâzırı Devletlü Fethi Paşa Hazretleri

Kaptan-ı Derya Devletlü Said Paşa Hazretleri

Umûr-ı Hâriciye Nâzırı Devletlü Mustafa Reşit Paşa Hazretleri

Müşîr-i Asâkir-i Hassa-i Şahane Devletlü Rıza Paşa Hazretleri

Meclis-i Ahkâm-ı Adliye Me'mur AStufetlu Hasip Paşa Hazretleri

Sudûr-i İzâm'dan ve meclis-i mezkûr azasından Samâhatlu Abdulkadir Bey Efendi Hazretleri

Yine Sudûr'dan ve meclis-i mezkûr azasından Emin Beyzade Semahatlu Abdulkadir Bey Efendi Hazretleri

Yine Sudûr'dan ve meclis-i mezkûr azasından Semahatlu Arif Hikmet Bey Efendi Hazretleri

Yine Sudûr'dan ve azadan Semahatlu Mehmet Esad Efendi Hazretleri

Yine Sudûr'dan ve Meclis-i Umûr-ı Nâfia Müftüsü Semahatlu Mehmet Rafî Efendi Hazretleri

Sadrazam Müşteşarı Sa'adettü Said Muhib Efendi Hazretleri

Maliye Nâzırı Sa'adettü Saib Efendi Hazretleri

Defterdâr-ı Sâbık Sa'adettü Musa Saffet Efendi Hazretleri

Darphane-i Âmire Nâzırı Sa'adettü Zeyur Efendi Hazretleri

Kethüday-ı Mehd-i Ulyay-ı Saltanat Sa'adettü Tahşir Bey Efendi Hazretleri

De'avi Nâzırı Sa'adettü Necip Efendi Hazretleri

Ferîkân-ı Kirâmdan Sinop Muhâfızı Sa'adettü Hüseyin Paşa Hazretleri

Mühimmât-ı Harbiye Nâzırı Sa'adettü Arif Bey Efendi Hazretleri

Evkâf-ı Hümâyun Nâzırı Sa'adettü Şevki Efendi Hazretleri

Asâkir-i Müntazime Müşteşarı Sa'adettü Ethem Bey Efendi Hazretleri

Nezâret-i Umûr-ı Hâriciye Müsteşarı Sa'adetlü Rifat Bey Efendi Hazretleri

Bahriye Müsteşarı Sa'adetlü Mazlum Bey Efendi Hazretleri

Ticâret Müsteşarı Sa'adetlü Enveri Efendi Hazretleri

Azadan Sa'adetlü Ethem Efendi Hazretleri

Azadan Sa'adetlü Nâfi Efendi Hazretleri

Azadan İzzetlü Faik Efendi Hazretleri

Azadan İzzetlü Atıf Bey Efendi

Azadan İzzetlü Akif Bey Efendi

Teşrifât-ı İzzetlü Said Bey Efendi

Peklekçi Vekili İzzetlü Mümtaz Efendi

Amede-i Divân-ı Hümayun İzzetlü Numan Mahir Bey Efendi

Mektûbi İzzetlü Zühdü Bey Efendi

Dâhiliye Kâtibi İzzetlü Şehap Bey Efendi

Hâriciye Kâtibi İzzetlü Şevket Bey Efendi

Divân-ı Hümayun Tercümânı İzzetlü Ali Efendi

De'avi Nezâreti Mu'âvin-i Evveli İzzetlü İsmail Efendi

Kâtib-i Meclis İzzetlü Nasır Efendi

Kâtib-i Sâni-i Meclis İzzetlü Muhsin Efendi

Amedi Hulefâsından Tevfik Bey Efendi

Yine Hulefây-ı mûmaileyden Mustafa Sami Efendi

Hâtime bölümü, 1840 Ceza Kanunnâmesi'nin ruhunu ve uygulanma felsefesini özetler niteliktedir. Bu bölümde kanunun kimleri bağladığı, nasıl uygulanacağı ve hangi denetim mekanizmalarıyla işlerlik kazanacağı açıkça ifade edilmiştir.

Hâtime'de özellikle vurgulanan temel ilke, ceza hükümlerinin devletin farklı rütbe ve mertebelerinde bulunanlara, Müslim-gayrimüslim ayrımı yapılmaksızın uygulanacağı dile getirilmiştir. Kanun önünde eşitlik iddiası gereği, ceza kanununun, yalnızca halka değil, bürokratik ve askeri elitlere de uygulanacağı ilan edilmiştir. Böylece kanun, teorik olarak imtiyaz hukukunu reddeden bir araç haline getirilmiştir.

Hâtime'nin en dikkat çekici yönlerinden biri, ceza hukukunun uygulanmasını yalnızca devlet memurlarının sorumluluğuna bırakmamasıdır. Her bireyin, kanunun ihlal edilmesi durumunda, devlete bildirme ve “ihkâk-ı hak” talep etme hakkına sahip olduğunun belirtilmesi, Osmanlı hukuk tarihinde olağanüstü yenilikçi bir düzenlemedir (Hanioğlu, 2008). Bu yönüyle Hâtime, modern anlamda “hukuk bilinci” yaratma çabasının bir tezahürü olarak değerlendirilebilir.

Hâtime'de, ceza kanununun donuk ve değişmez olmadığına; ihtiyaçlara göre yeniden düzenlenebileceğine değinilmiştir. Bu tercihle birlikte geleneksel “ebedi kanun” fikrinden nispeten vazgeçildiğini ve hukuku meclis iradesine bağladığını göstermektedir. Bu yönüyle 1840 Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı tarihinde pozitif hukuk anlayışına geçişin somut örneklerinden biri olarak kabul edilir (Özbudun, 2008).

Hâtime'nin son kısmında yer alan uzun imza listesi, sembolik açıdan büyük önem taşımaktadır. Bu liste, Sadrazamdan Şeyhülislâm'a, askeri erkândan sivil bürokrasiye, ulemadan kalemiye mensuplarına kadar geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Bunun anlamı, Ceza Kanunnâmesi'nin Padişah iradesinin dışında, bütün kurumların aktif bir şekilde katıldığı bir mutabakata dayandığını göstermeyi amaçlamaktadır. Böylece kanun, hem siyasal, hem dini, hem de bürokratik bir meşruiyetle donatılmıştır (Quataert, 2005).

Genel anlamda Hâtime bölümü, metnin tamamını çerçeveleyen anayasal bir düzeni çağrıştırmaktadır. Bu yönüyle Hâtime, 1840 Ceza Kanunnâmesi'ni Tanzimat Osmanlısı'nın hukuk devleti tahayyülünü temsil etmektedir.

Sonuç

Osmanlı Devleti'nde Tanzimat Dönemi, 1839 yılında Gülhane Hatt-ı Hümayunu'nun ilanı ile başlayan ve devletin idari, toplumsal, ekonomik ve hukuki alanlarda kapsamlı bir modernleşme sürecine girdiği bir dönemi ifade etmektedir. Bu süreç, devletin kötü gidişatını durdurma çabasının yanında, devletin merkezi otoritesini yeniden sağlamaya, uluslararası alanda varlığını güçlendirmeye ve devletin bütün unsurlarını yeni bir vatandaşlık anlayışı etrafında birleştirmeye yönelik bir dönüşüm projesi olarak da değerlendirilebilir. Gerileme döneminde artan askeri başarısızlıklar, büyük toprak kayıpları, taşrada asayişin bozulması, ekonomik çöküş ve özellikle Avrupa'da yükselen milliyetçilik akımının etkisiyle Osmanlı tebaası içindeki ayrılıkçı hareketlerin güç kazanması, reform ihtiyacının temel dinamiklerini oluşturmuştur. Ayrıca İngiltere, Fransa ve Rusya gibi büyük güçlerin Osmanlı'nın iç işlerine sürekli müdahalede bulunmaları, devletin hukuk düzenini modernleştirmesini iç karar mekanizmasının tercihi ve dış baskıların doğal bir sonucu haline getirmiştir.

Tanzimat Dönemi'nin reform alanları arasında ceza hukuku özel bir yer tutmaktadır. Çünkü ceza hukuku, devletin kamu düzenini sağlamanın ve merkezi otoriteyi güçlendirme arayışının en etkili yönünü temsil eder. 1840 tarihli Ceza Kanunnamesi, bu anlamda dönemin genel reform çizgisi içinde önemli bir viraj olarak ortaya çıkmıştır. Kanunnâme, Osmanlı tarihinde ilk modern nitelikli ceza kanunu olması bakımından yenilikçi bir karakter taşımaktadır. 1 Rebîülevvel 1256/3 Mayıs 1840 tarihinde yürürlüğe giren kanunname, bir mukaddime, on üç

fasıl ve bir hatimeden oluşmakta olup toplam kırk bir maddeden müteşekkildir. Şekil itibarıyla Fransız ceza kanunlarından esinlenmiş olsa da; içeriğinde şer'i ve örfi hukuk kaynaklarının da yer aldığı karma bir yapı göze çarpmaktadır. Bu yönüyle kanun, Osmanlı modernleşmesinin karakteristik özelliği olan “süreklilik içinde dönüşüm” niteliğini yansıtmaktadır.

Kanunnâmenin hazırlanış amacı, esasen Tanzimat Fermanı'nda vaat edilen temel ilkelerin hukuki bir çerçeveye kavuşturulmasıdır. Tanzimat Fermanı ile devlet, tebaasının can, mal ve namus güvenliğini sağlamayı; keyfî idare ve yargı uygulamalarını ortadan kaldırmayı; kanun önünde eşitliği gerçekleştirmeyi taahhüt etmişti. 1840 Ceza Kanunnamesi, bu ilkeleri somut ve bağlayıcı maddelere dönüştürme girişimidir. Kanunnamede yer alan düzenlemeler, devlete ve topluma karşı işlenen geniş kapsamlı suç türlerini içermektedir. Katl (öldürme), idam gerektiren ağır cürümler, “sa'y bi'l-fesâd” kapsamında değerlendirilen kamu düzenini bozma ve halkı devlete karşı kışkırtma fiilleri, hakaret ve itâle-i lisân, darp suçları, mal ve emlak dokunulmazlığına karşı işlenen cürümler, rüşvet ve irtikâp gibi memuriyet görevleriyle bağlantılı suçlar, devlet malına zarar verme, memurlar arası yetki ihlalleri, vergi tahsili esnasındaki suistimaller ve toplumsal ilişkilerden doğan çeşitli suçlar, kanunda yer alan temel düzenlemeler arasında bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, kanunnâmenin hem kamu düzenini hem memur disiplinini hem de birey güvenliğini kapsayan geniş bir ceza hüviyeti benimsediğini göstermektedir.

Kanunun en önemli özelliklerinden biri de, suçlarda genellik ilkesinin açıkça tanımlanmamış olmasıdır (Artuk, 2013). Suç ve ceza ilişkisinin modern hukuktaki kesinlik ve açıklık düzeyine ulaşmamış olması, dönemin kanun yapım tekniğinin sınırlılıklarını göstermektedir. Bazı maddelerde suçun cezası açık biçimde belirtilmişken, bazı maddelerde cezanın türü ya da miktarı belirtilmemiş; kimi maddelerde ise, cezanın uygulanma koşulları açıkça tanımlanmamıştır. Örneğin beşinci fasıldaki altı ve yedinci maddeler, suç tanımına rağmen ceza bakımından eksiklikler barındırmaktadır. Dokuzuncu faslın birinci maddesinde ise, cezanın miktarı belirsizdir. Bununla birlikte, genel olarak kanunda suç ve ceza ilişkisi mutlak ceza sistemi çerçevesinde düzenlenmiş ve sabit cezalar öngörülmüştür.

Kanunnâmenin bir diğer dikkat çekici yönü, Osmanlı hukuk geleneğine uygun olarak had ve kısas cezalarının düzenlenmiş, ancak tazir suçlarına yer verilmemiş olmasıdır (Şentop, 2004). Bu tercih, kanunun İslam hukuku ile uyumlu kalma kaygısını ve modern ceza hukuku sistemine geçişteki ikili yapıyı ortaya koymaktadır. Ayrıca bu kanunla birlikte ceza yargılaması alanında da kurumsal bir yenilik teşvik edilmiştir. Başkentteki katl davalarının Şeyhülislam'ın başkanlık ettiği mahkemelerde; taşradaki katl davalarının ise, Memleket Meclislerinde görülmesi; hakaret

davalarının Meşveret Meclislerine bırakılması, Tanzimat'ın yargıyı çeşitlendirme ve uzmanlaştırma çabasının ilk adımlarıdır.

1840 Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı ceza hukukunun modernleşmesinde başlangıç niteliği taşısa da, çeşitli yönlerden eleştirilmiştir. Kanunun fasıllarının isimlendirilmemesi, maddelerin her fasıl içinde ayrı ayrı numaralandırılması, içerik olarak birbiriyle ilişkili olmayan maddelerin aynı fasılda toplanması gibi teknik yetersizlikler, kanunun sistematik olmaktan nispeten uzak olduğunu göstermektedir (Taner, 1999). Bu nedenle içerik ve şekil bakımından hissedilen eksiklikleri gidermek amacıyla 1851 yılında “Kanun-ı Cedîd” hazırlanmış ve ceza hukuku alanındaki kanunlaştırma süreci devam ettirilmiştir.

Sonuç olarak 1840 Ceza Kanunnâmesi, Osmanlı hukuk tarihinde modernleşme hareketlerinin başlangıcını oluşturan temel bir metindir. Her ne kadar eksiklikleri bulunsa da, ceza hukukunun yazılı ve sistematik bir yapıya kavuşturulması, keyfiliğin sınırlandırılması, birey güvenliğinin hukuki teminat altına alınması ve devlet otoritesinin yeniden sağlanması bakımından dönemin en önemli kazanımlarından birini temsil eder. Kanunnâme, Tanzimat Fermanının hukuk ve adalet anlayışını kurumsallaştırma yönündeki ilk ciddi adım olması sebebiyle Osmanlı-Türk hukuk geleneğinin devamı bakımından da kalıcı etkiler yaratmıştır.

KAYNAKÇA

- Akgündüz, S. N. (2017). *Tanzimat dönemi Osmanlı ceza hukuku uygulaması*. İstanbul: Rağbet Yayınları.
- Aral, V. (2021). *Hukuk ve hukuk bilimi üzerine*. İstanbul: On İki Levha Yayınları.
- Artuk, M. E. (2013). Tanzimat Dönemi Osmanlı Ceza Kanunlarından 1840 ve 1851 Tarihli Kanunların İncelenmesi. *Türk Hukuki Araştırmaları*. Sayı: 16. 5-20.
- Aydın, M. A. (1999). *Türk hukuk tarihi*. İstanbul: Beta Yayınları.
- Barkan, Ö. L. (1953). Osmanlı İmparatorluğu'nda bir iskân ve kolonizasyon metodu olarak sürgünler. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*. 15(1-4). 209-237.
- Barkey, K. (1994). *Bandits and bureaucrats: The Ottoman route to state centralization*. Cornell University Press.
- Berkes, N. (2025). *Türkiye'de Çağdaşlaşma*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Bilgen, P. (1991). Osmanlı İmparatorluğu'nda Hukuk Devleti Fikri. *Dünü ve Bugünüyle Toplum ve Ekonomi*. Sayı: 2. 63-76.
- Candan, R. B. (2015). 1840 Tarihli Ceza Kanunname-i Hümayunu İncelemesi. *AndHD*, 1(1). 63-81.
- Çakır, C. (2012). Tanzimat Dönemi'nde Ticaret Alanında Yapılan Kurumsal Düzenlemeler: Meclisler. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi*. 43-44, 363-379.
- Davison, R. H. (1963). *Reform in the Ottoman Empire, 1856-1876*. Princeton University Press.
- Deringil, S. (2014). *İktidarın sembolleri ve ideoloji*. İstanbul: Doğan Kitap.
- Efe, A. (2002). *Muhassıllık Teşkilatı*. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Eskişehir.
- Ekinci, E. B. (2016). *Osmanlı hukuku*. İstanbul: Arı Sanat Yayınevi.
- Ergin, O. (1977). *Türkiye Maarif Tarihi*. İstanbul: Eser Neşriyat.
- Faroqhi, S. (2003). *Osmanlı dünyasında üretmek, pazarlamak, yaşamak*. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.

- Faroqhi, S. (2007). Bursa'da cinayet: bir cui bono vakası. Eds.. Noémi Lévy, Alexandre Toumarkine, *Osmanlı'da Asayiş, Suç ve Ceza*, Çev.: Arzu Balcı, İstanbul: Tarih Vakfı, Yurt Yayınları, 68-79.
- Findley, C. V. (1980). *Bureaucratic reform in the Ottoman Empire*. Princeton University Press.
- Genç, M. (2000). *Osmanlı İmparatorluğu'nda devlet ve ekonomi*. İstanbul: Ötüken Yayınları.
- Göçek, F. M. (1997). Rise of the bourgeoisie, demise of empire. *The Journal of Interdisciplinary History*, 28(2), 333-334.
- Hanioglu, M. Ş. (2008). *A brief history of the late Ottoman Empire*. Princeton: Princeton University Press.
- İmamoğlu, H. V. (2019). *Osmanlı Adliye Teşkilatının Modernleşmesi*. Ankara: İdeal Kültür Yayıncılık.
- İnalçık, H. (2016). *Osmanlı'da devlet, hukuk, adalet*. İstanbul: Kronik Kitap.
- İnalçık, H. (2017). *Devlet-i Aliyye: Osmanlı İmparatorluğu üzerine araştırmalar I*. İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.
- Kırlı, C. (2000). *The struggle over space: Coffeehouses of Ottoman Istanbul*. University of Washington Press.
- Kunter, N. (1961). *Ceza muhakemesi hukuku*. İstanbul.
- Lewis, B. (2022). *Modern Türkiye'nin doğuşu*. Ankara: Arkadaş Yayınları.
- Mardin, Ş. (2025). *Türk modernleşmesi*. 29. Baskı. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Ortaylı, İ. (2016). *İmparatorluğun en uzun yüzyılı*. İstanbul: Timaş Yayınları.
- Özbudun, E. (2008). *Türk Anayasa Hukuku*. Ankara: Yetkin Yayınevi.
- Pamuk, Ş. (2014). *Osmanlı-Türkiye iktisadi tarihi*. İstanbul: İletişim Yayınları.
- Quataert, D. (2005). *The Ottoman Empire, 1700–1922*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Shaw, S. J. (1977). *History of the Ottoman Empire and Modern Turkey (Vol. II)*. Cambridge University Press.
- Shaw, S. J., & Shaw, E. K. (2002). *History of the Ottoman Empire and modern Turkey (Vol. 2)*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Şentop, M. (2004). *Tanzimat Döneminde Osmanlı Ceza Hukuku Kanunlar, Tadiller, Lâyhalar, Uygulama*. İstanbul.
- Tabakoğlu, A. (2016). *Osmanlı mali tarihi*. İstanbul: Dergâh Yayınları.
- Taner, T. (1999). Tanzimat Devrinde Ceza Hukuku. *Tanzimat I*, İstanbul: MEB Yay. 221-232.
- Tanör, B. (2025). *Osmanlı-Türk Anayasal Gelişmeleri*. 39. Baskı. İstanbul: Yapı Kredi Yayınları.
- Tekeli, İ., & İlkin, S. (2003). *Cumhuriyetin harcı*. İstanbul: Bilgi Üniversitesi Yayınları.
- Üçok, C., Mumcu, A., & Bozkurt, G. (2008). *Türk hukuk tarihi*. 23. Baskı. Ankara: Turhan Kitabevi.
- Veldet, H. (1940). Kanunlaştırma Hareketleri ve Tanzimat. *Tanzimat I*, İstanbul: Maarif Matbaası. 700-723.
- Zürcher, E. J. (2017). *Modernleşen Türkiye'nin tarihi*. İstanbul: İletişim Yayınları.

DAXİLİ NİTQDƏ PSİXOLOJİ MİLLƏR**Fərzəliyeva Türkan Cəlil qızı**

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universiteti, magistrant.

Xülasə

Məqalədə daxili nitqin psixoloji mahiyyəti və onun formalaşmasına təsir göstərən əsas amillər araşdırılır. Daxili nitq insanın təfəkkür fəaliyyətinin mühüm komponenti kimi şüurun təşkili, özünüdərk, emosional tənzimləmə və motivasiya proseslərində mühüm rol oynayır. Tədqiqatda daxili nitqin təfəkkür, emosional vəziyyət, motivasiya və şəxsiyyətin inkişafı ilə qarşılıqlı əlaqəsi psixoloji aspektdən təhlil olunur.

Açar sözlər: daxili nitq, psixoloji amillər, təfəkkür, şüur, emosiyalar, motivasiya.

PSYCHOLOGICAL MEANING IN INTERNAL SPEECH**Summary**

The article examines the psychological essence of inner speech and the main factors influencing its formation. Inner speech, as an important component of human thinking, plays an important role in the processes of organization of consciousness, self-awareness, emotional regulation and motivation. The study analyzes the interaction of inner speech with thinking, emotional state, motivation and personality development from a psychological perspective.

Keywords: inner speech, psychological factors, thinking, consciousness, emotions, motivation.

TAM MƏTN

Nitq insanın psixi fəaliyyətinin əsas formalarından biridir və onun inkişafında daxili nitq mühüm rol oynayır. Daxili nitq insanın öz-özü ilə apardığı səssiz, ixtisar olunmuş nitq forması olub, təfəkkür prosesinin ayrılmaz hissəsidir. Bu nitq forması şüurun təşkilində, idrak fəaliyyətində, qərar qəbul etmədə və emosional tənzimləmədə xüsusi əhəmiyyət kəsb edir. Daxili nitqin formalaşması və fəaliyyəti bir sıra psixoloji amillərlə sıx bağlıdır. Daxili nitq insanın idrak fəaliyyətinin əsas mexanizmlərindən biridir. O, təfəkkürün dil forması kimi çıxış edərək insanın psixoloji dünyasının strukturlaşmasında mühüm rol oynayır. Daxili nitq xarici nitqin daxilləşdirilmiş forması olub, semantik baxımdan zəngin, struktur baxımından isə ixtisar olunmuşdur. Təfəkkür, emosiyalar, motivasiya və iradə daxili nitqin formalaşmasına birbaşa təsir göstərən əsas psixoloji amillərdir. [Daxili nitq psixoloji proseslərin tənzimlənməsində aparıcı rol oynayır və şəxsiyyətin inkişaf səviyyəsini əks etdirir. Psixoloji baxımdan daxili nitq xarici nitqin transformasiyaya uğramış formasıdır. L.S. Vıqotskinin fikrincə, daxili nitq mənaca zəngin, lakin qrammatik cəhətdən ixtisar olunmuşdur [1 s.12]. Burada sözlərdən daha çox məna ön plana çıxır. Daxili nitq insanın təfəkkürünü istiqamətləndirir, planlaşdırma və özünə nəzarət funksiyalarını yerinə yetirir.

Daxili nitqin əsas xüsusiyyətlərinə ixtisar olunmuşluq, sürətlilik, fərdilik və situativlik daxildir. Bu xüsusiyyətlər onun psixoloji mexanizmlərlə sıx əlaqədə olmasını göstərir.

Daxili nitq birbaşa təfəkkürlə bağlıdır. Təfəkkür prosesində anlayışların formalaşması, müqayisə, ümumiləşdirmə və nəticə çıxarma daxili nitq vasitəsilə həyata keçirilir. İnsan düşünərkən, problem həll edərkən və ya qərar qəbul edərkən daxili nitqdən istifadə edir.

Daxili nitq şüurun fəaliyyət mexanizmlərindən biri kimi çıxış edir. Öz davranışını qiymətləndirmə, özünütənqid və özünütənzimləmə proseslərində daxili nitq əsas vasitədir. İnsan daxili nitq vasitəsilə öz “mən”ini dərk edir və sosial normalara uyğun davranış formalaşdırır.

Daxili nitq şəxsiyyətin mənəvi-psixoloji inkişafında mühüm amildir. Uşaq yaşlarından etibarən sosial nitq daxili nitqə çevrilir və şəxsiyyətin daxili dünyasını formalaşdırır. Bu proses nəticəsində fərdin dəyərləri, dünyagörüşü və davranış modelləri meydana gəlir.

Daxili nitqin inkişaf səviyyəsi insanın intellektual potensialını, refleksiya qabiliyyətini və sosial adaptasiyasını müəyyən edir.

Emosiyalar daxili nitqin məzmununu və tonunu formalaşdırır. Məsələn, kədərli və ya narahat olduğumuz zaman daxili nitq daha pessimist ola bilər, optimist və ya xoşbəxt olduğumuz zaman isə daha müsbət əhvalı ola bilər. Emosiyalar daxili nitqin məzmununa və intensivliyinə təsir göstərir. Stress, qorxu, sevinc və həyəcan kimi emosional hallar daxili nitqin sürətini və xarakterini dəyişir. Müsbət emosiyalar daxili nitqin konstruktiv, mənfi emosiyalar isə tənqidi və ya narahatedici olmasına səbəb ola bilər. İnsan həyatında cərəyan edən hadisələr onun psixologiyasında bir çox emosional halların yaranması ilə müşahidə olunur və bu hal bizim nitqimizdən də kənar ötürür. Nitq öz daxili imkanlarını insanın bütün düşüncələrini, hisslərini ifadəyə, izaha yönəldir, onu aydınlaşdırır və ünsiyyət prosesində rəbitələndirmək funksiyasını yerinə yetirir. İnsan fərd kimi daha çox özünə xas olan daxili nitqə müraciət edir. Daxili nitq daha çox psixoloji amillər əsasında meydana çıxır.

Daxili nitq, insanın öz-özü ilə danışması, düşüncələrini formalaşdırması və özünü yönləndirməsi prosesidir. Psixoloji amillər daxili nitqin necə inkişaf etdiyini və necə işlədiyini müəyyənləşdirməkdə mühüm rol oynayır. Bu amillər daxili nitqin məzmununa, quruluşuna və funksiyasına təsir edir..

Özünənəzarət qabiliyyəti yüksək olan insanlar daxili nitqlərini daha yaxşı idarə edə bilirlər. Bu, onların düşüncələrini strukturlaşdırmaq və yönləndirmək bacarığını artırır, stress və digər mənfi təsirlərlə daha effektiv mübarizə aparmalarına kömək edir.

Motivasiya, daxili nitqin istiqamətini və məqsədini müəyyənləşdirir. Yüksək motivasiyalı insanlar, məqsədlərinə çatmaq üçün daxili nitqlərində daha çox müsbət özsöhbətlər və həvəsləndirici ifadələr istifadə edirlər.

Motivasiya daxili nitqin istiqamətlənməsində mühüm rol oynayır. Məqsədyönlü fəaliyyət zamanı daxili nitq insanı hərəkətə sövq edir, ona öz məqsədlərini xatırladır və iradi səyləri gücləndirir. İradə proseslərində daxili nitq “özünə əmr” funksiyası daşıyır.

Özgüvən səviyyəsi, insanların daxili nitqlərində özlərinə necə yanaşdıqlarını təsir edir. Yüksək özgüvənli insanlar daha çox müsbət özsöhbətlər və özlərini tərifləyən ifadələr istifadə edirlər, az özgüvənli insanlar isə daha çox özünütənqid və şübhə ifadə edirlər.

Stres və narahatlıq, daxili nitqin məzmununu neqativləşdirə bilər. Bu zaman insanlar daha çox mənfi düşüncələr və narahatedici ssenarilər haqqında düşünməyə meylli olurlar [3 s.22].

Keçmiş təcrübələr və yaşanmış hadisələr, insanların daxili nitqlərində hansı mövzu və fikirlərə diqqət yetirəcəyini müəyyənləşdirir.

İnsan ailədə, cəmiyyətdə müəyyən bir adla, statusla tanınır, ancaq hər kəsdən ayrılıb, öz-özü ilə tək qaldığı zaman artıq o öz məninə, kimliyini, nə istədiyini, ətrafında baş verən hadisələrə, özünə qarşı olan münasibətlərin onun üçün nə qədər qaneediciliyinə və.s. kimi münasibətləri daxilində təhlili edir, sanki cavablandırır, özü ilə danışır-dərdləşir və bu hal daxili nitqin yaranmasına səbəb olur.

Bəs daxili nitqin yaranmağına səbəb olan başlıca amillər hansılardır? Daxili nitqi yaradan bir neçə səbəb ola bilər. Bildiyimiz kimi, insan cəmiyyətdə yaşayır, qarşılıqlı münasibətlər zamanı formalaşır, ünsiyyətdə olduqca özünü rahat ifadə edə bilər.

Həyatımızda həmişə günəşli günlər olmur, buludlu, yağışlı, tufanlı günlərdən keçdiyimiz zaman münasibətlər öz tarazlığını itirə bilər və bu hal da ünsiyyətdə olduğumuz insanlarla fikir ayrılığına, anlaşılmaqlara, problemli situasiyaların yaranmağına, mənfi əhvali-ruhiyyəyə, özünəqapanma və depressiyaya, tək qalmaq, uzaqlaşmaq kimi meyllərin meydana gəlməsinə səbəb olur.

İnsan ona empatiya edəcək, halına yanacaq, dərdləşəcək dost-sirdaş tapmayanda daxili nitqə müraciət edib, öz-özü ilə danışır. Başqa bir halda da insan yaşadıklarından çox yorulur, heç kimlə danışmaq, ünsiyyət qurmaq istəmir, öz dərdini öz daxili nitqilə bölüşür, öz-özünə çarə, yaralarına məlhəm olur [5 s.32]. Yaxud, öz daxili nitqilə rahatlıq tapan insan başqalarının səsinə qulaq yummaq, onların fikirlərini eşitməmək, rəy və təkliflərini duymamaq üçün öz daxilinə qapanıb, ən yaxın dostu kimi özü ilə danışır, dərdləşir, çünki kimsənin onu anlama bilməyəcəyi qənaətidədir. İnsan daxili nitqdə özünü daha rahat ifadə edir, hər kəsdən uzaqlaşaraq özünə

aid yaratdığı mənəvi bir guşədə “çılpaqlıqdan” sanki zövq alır, çünki orada özündən başqa bir kimsə yoxdurki onu etdiklərinə tənqid etsin, fərqli fikirlərini desin, konfliktə girsin və s.

Daxili nitq daxili dünyadır, orada bütün sirlərin, sevinclərin, xəyal qırıqlıqların, əzabların, tənhalığın, keçilməz, aşılmaz dağ-dərələrin, tikanlı yollarda ayaqyalın gəzməyə məcbur qaldığın anlar, uğradığın haqsızlıqlar, bəzən də bilməyərək etdiyin səhvlərə görə öz yaratdığın ədalət məhkəməsində ittiham olunan şəxs kürsüsündə əyləşərək öz-özünü təqsirləndirməyindir. Sanki daxilində iki insan ya danışır, dərdləşir, ya da bir-birilə razılaşmayıb, mübahisə edir.

Daxili nitq özünümüşahidədir, özünüqiymətləndirmədir, insanın həyat adlı böyük bir məktəbdə özünü eksperiment obyektinə kimi görüb, gün sonunda təşkil etdiyi imtahandan aldığı qiymətidir. Bəzən də aynaya ehtiyac duymadan özünü görə bilməsidir.

Daxili nitqdə insanın psixologiyası, mədəni səviyyəsi, təhsili, dünyagörüşü və s. öz əksini tapır. Daxili nitqdə istifadə edilən söz ehtiyatı şəxsin bilik və təcrübəsinə görə dəyişir. İnsanlar öz daxili nitqində tez-tez istifadə etdikləri sözləri və ifadələri seçirlər. Mürəkkəb ibarələrdən, şablonlardan, müəyyən qrammatik normalardan uzaq olan daxili nitq öz rahatlığı və sərbəstliyi ilə fərqlənir.

Daxili nitqdə səslər adətən real nitqdə olduğu kimi tələffüz edilmir. İnsanlar düşüncələrində sözləri və cümlələri daha qısa və sürətli bir şəkildə tələffüz edirlər.

Daxili nitqdə fonemik idrak, yəni səslərin tanınması və fərqləndirilməsi prosesləri mühüm rol oynayır. İnsanlar daxili nitqdə səsləri düzgün şəkildə tanıyır və uyğun şəkildə istifadə edirlər. Artikulyasiya prosesləri daxili nitqdə çox vaxt avtomatik və şüursuz şəkildə baş verir. İnsanlar düşüncələrində sözləri tələffüz edərkən artikulyasiya hərəkətlərini şüursuzca canlandırırlar.

Prozodiya, yəni nitqin ritmi, tonu və intonasiyası daxili nitqin vacib komponentlərindən biridir. İnsanlar daxili nitqdə də emosiyalarını və vurğularını ifadə etmək üçün prozodik elementlərdən istifadə edirlər.

Daxili nitqin sintaksisi və qrammatikası fərdi şəkildə formalaşır və gündəlik danışmaq nitqindən fərqlənir. İnsanlar düşüncələrini daxili nitqdə daha qısa və konkret cümlələrlə ifadə edirlər. Emosional yüklü sözlər daxili nitqin vacib bir hissəsini təşkil edir. İnsanlar öz düşüncələrini ifadə edərkən güclü emosiyalar doğuran sözlərdən istifadə edə bilirlər. Dil bacarıqları və lüğət ehtiyatı daxili nitqin zənginliyini və müxtəlifliyini müəyyən edir. Geniş lüğətə malik olan insanlar daha mürəkkəb daxili nitq qurmağa meyillidirlər.

Daxili nitq daha çox fikrin mənbəyini bildirən modal sözlərlə (məncə, fikrimcə, zənnimcə), ritorik suallarla, ədatın müxtəlif mənə növləri ilə (daha çox sual və qüvvətləndirici ədat), qoşma

(daha çox bənzətmə qoşması-kimi, tək),bağlayıcı (ilə,la²) və hiss, həyəcan bildirən xüsusi nitq hissəsi olan - Nidanın müxtəlif məna növləri ilə ifadə olunur.

Daxili nitq ədəbiyyatın da tədqiqat mövzudur. Bədii əsərdə olan daxili nitq ədəbi dil vasitələri ilə təsvir edilir. Bədii ədəbiyyatda daxili nitq bir bədii vasitə kimi çox geniş tətbiq olunur. Bunun səbəbi daxili nitqin qəhrəmanın obrazını təqdim etmək üçün çox böyük imkanlar yarada bilməsidir. Əsərlərdə obrazın hiss və düşüncələrini, hadisələrə münasibətini oxucuya göstərmək üçün yazıçı obrazın daxili nitqinə müraciət edir. Məsələn, Yusif Səmədoğlunun “Qətl günü” romanında daxili nitq müəllifin seçdiyi və tətbiq etdiyi ən mühüm və təsirli üsullardan biridir. Belə ki, baş qəhrəmanın – xəstənin – düşüncə tərzini, düşdüyü vəziyyətə münasibətini, keçmiş və gələcəklə bağlı xatirələri müəllif məhz daxili nitq vasitəsilə açıqlayır. Bədii əsərdə daxili nitq həm insanın nitq-təfəkkür fəaliyyətini özündə əks edir və təsvirin predmeti kimi çıxış edir, həm də personajların obrazlarının yaranmasında iştirak edir və psixoloji təhlilin çox mühüm vasitəsidir. Yəni daxili nitqin vəzifəsi – insan həyatının subyektiv sahəsinin obyektivləşdirilməsi üçün bir vasitədir.

Daxili nitq, yaddaşın möhkəmləndirilməsi üçün edilən məşqlərdən ən effektiv üsul kimi də nəzərə alın bilər. Keçmişlə bağlı hadisələr yenidən gündəmə gələndə ötən günlərə ekskursiya edib, hətta hadisələrin gedişatı zamanında orada olan insanların nitqlərindəki sözlər, üz ifadələri, mimika və jestlər, münasibətlərinin təhlili, dioloqlar, ötən günlərə bu günkü baxışlarla nəzər və s. yenidən beyində canlanır ki, psixoloqlar yaddaşın möhkəmləndirilməsi üçün məhz bu xatırlamaların sıxlığının tez-tez təkrarlanmasını məsləhət görürlər. Bu məşqin sayəsində beyin işləməyə, hərəkətə sövq edilir. Amma bu xatırlamaların məqsədinə diqqət etmək lazımdır. Keçmiş günlərin xoşagəlməz hadisələrini, qopmuş münasibətlərini tez-tez xatırlamaq, daxili nitqlə bütün günü danışmaq, ruh düşkünlüyünə, depressiyaya gətirib çıxarır ki, bu haldan qaçmaq lazımdır.Çünki, kədərli, qayğılı, narahat, uğursuz hadisələrlə keçirdiyimiz günləri xatırlamaq sanki o anları təkrar yaşamaq hissi yaradır.

Beləliklə, daxili nitq insan psixikasının kompleks və çoxşaxəli komponentidir. Onun formalaşması və fəaliyyəti təfəkkür, şüur, emosional vəziyyət, motivasiya və iradə kimi psixoloji amillərlə sıx bağlıdır. Daxili nitqin öyrənilməsi psixologiya, psixolinqvistika və pedaqogika sahələrində insan davranışının və idrak fəaliyyətinin daha dərinlən anlaşılmasına geniş imkanlar yaradır.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat:

Vıqotski L.S. Təfəkkür və nitq. – Bakı: Elm, 1987.

(Daxili nitqin formalaşması və psixoloji mexanizmləri haqqında əsas mənbə)



Cəfərov N. Dil və təfəkkür. – Bakı: Elm, 2004.

Xudiyev N. Müasir Azərbaycan dili. Psixolinqvistik aspektlər. – Bakı: ADPU nəşriyyatı, 2015.

İbrahimov F. Nitq fəaliyyəti və psixoloji əsaslar. – Bakı: Təhsil, 2012.

Əlizadə Ə.Ə. Psixoloji proseslər. – Bakı: ADPU, 2008.

ERGENLERDE DUYGU DÜZENLEME İLE MENTAL İYİ OLUŞ ARASINDAKİ İLİŞKİDE YAŞAMDA ANLAMIN ARACI ROLÜ**Cihangir KAÇMAZ**

Kayseri Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Çocuk Gelişimi,

ORCID: 0000-0003-0649-5254**Mehmet Akif KAY**

Batman Üniversitesi, Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çocuk Gelişimi,

ORCID: 0000-0002-7996-9310**ÖZET**

Ergenlik, çocukluktan yetişkinliğe geçişi simgeleyen, büyüme ve gelişimin hızlı olduğu kritik bir dönemdir. Bu dönemde, duygu düzenleme becerileri, ergenlerin stresle başa çıkmasında ve mental iyi oluşlarını sürdürmelerinde önemli bir rol oynayabilir. Yaşamda anlam kişinin hayatını bir hedef doğrultusunda anlamlı kılan, bir ilkeye ya da kapsamlı bir yaşam amacına sahip olma durumunu ifade eder. Ergenlerde yaşamda anlam, duygu düzenleme ile mental iyi oluş arasındaki ilişkide aracı bir rol üstlenerek, ergenlerin duygusal deneyimlerini daha sağlıklı bir şekilde organize etmelerine ve mental iyi oluşlarına katkı sağlayabilir. Bu bağlamda araştırmanın amacı, ergenlerde duygu düzenleme ile mental iyi oluş arasındaki ilişkide yaşamda anlamın aracı rolünü incelemektir. Araştırmada, nicel araştırma yöntemlerinden ilişkisel tarama modeli kullanılmıştır. Araştırmanın örneklemini, Bingöl il merkezinde çeşitli liselerde öğrenim gören 13-18 yaşları arasında 587 ergen oluşturmaktadır. Bu çalışmada, ifade edilen değişkenler arasındaki ilişkileri tespit etmek için korelasyon analizi uygulanmıştır. Ek olarak, duygu düzenleme ile mental iyi oluş arasındaki ilişkide yaşamda anlamın aracı rolünü belirlemek amacıyla PROCESS Makro Modeli 4 kullanılmıştır. Bulgularımız, ergenlerde duygu düzenleme becerisinin mental iyi oluş düzeyini pozitif yönde ve anlamlı biçimde yordadığını göstermektedir. Benzer şekilde, duygu düzenleme becerisinin yaşamda anlam düzeyi üzerinde de anlamlı ve pozitif bir etkisinin olduğu saptanmıştır. Son olarak analiz sonuçlarımız, yaşamda anlam değişkeninin duygu düzenleme ile mental iyi oluş arasındaki ilişkide anlamlı bir aracı role sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Buna göre, ergenlerin duygu düzenleme becerileri arttıkça yaşamda anlam algılarının güçlendiği görülmüştür. Yaşamda anlam algısının artması ise ergenlerin mental iyi oluş düzeyini olumlu yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Sonuç olarak, ergenlerin ruhsal iyi oluşunu destekleyen eğitim programlarında duygu düzenleme becerilerinin geliştirilmesi kadar, yaşamda anlam duygusunun güçlendirilmesi de önemlidir.

Anahtar Kelimeler: Duygu düzenleme, ergen, mental iyi oluş, yaşamda anlam.

THE MEDIATING ROLE OF MEANING IN LIFE IN THE RELATIONSHIP BETWEEN EMOTIONAL REGULATION AND MENTAL WELL-BEING IN ADOLESCENTS

ABSTRACT

Adolescence is a critical period symbolizing the transition from childhood to adulthood, characterized by rapid growth and development. During this period, emotion regulation skills can play an important role in adolescents' coping with stress and maintaining their mental well-being. Meaning in life refers to having a principle or a comprehensive life purpose that makes one's life meaningful in pursuit of a goal. Meaning in life can play a mediating role in the relationship between emotion regulation and mental well-being in adolescents, helping them organize their emotional experiences in a healthier way and contributing to their mental well-being. In this context, the aim of the study is to examine the mediating role of meaning in life in the relationship between emotion regulation and mental well-being in adolescents. The correlational survey model, one of the quantitative research methods, was used in the study. The sample of the study consisted of 587 adolescents aged 13-18 studying at various high schools in the central district of Bingöl. In this study, correlation analysis was applied to determine the relationships between the variables expressed. Additionally, PROCESS Macro Model 4 was used to determine the mediating role of meaning in life in the relationship between emotion regulation and mental well-being. Our findings show that emotion regulation skills in adolescents positively and significantly predict mental well-being levels. Similarly, it was found that emotion regulation skills have a significant and positive effect on the level of meaning in life. Finally, our analysis results reveal that the variable of meaning in life plays a significant mediating role in the relationship between emotion regulation and mental well-being. Accordingly, it was observed that adolescents' sense of meaning in life strengthened as their emotion regulation skills increased. It was concluded that an increased sense of meaning in life positively affected adolescents' mental well-being levels. In conclusion, in educational programs that support adolescents' mental well-being, strengthening their sense of meaning in life is as important as developing their emotion regulation skills.

Keywords: Adolescent, emotion regulation, meaning in life, mental well-being.

KAMU YARARI GEREKÇESİYLE KAMULAŞTIRMA: HUKUKSAL MEŞRUIYET VE TOPLUMSAL ETKİ ÇERÇEVESİNDE BİR DEĞERLENDİRME

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TURAN

Hitit Üniversitesi, İİBF, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi, Çorum

ORCID:0000-0001-5922-9668

ÖZET

İdarenin tek taraflı bireysel idari işlemi olan kamulaştırmanın, çeşitli kanunlarda tanım ve açıklamalarına yer verilmiştir. Kamulaştırma her şeyden önce Anayasa ile güvence altına alınan bireysel mülkiyet hakkına bir sınırlama getirmektedir. Kamulaştırma yapılmasında temel amaç kamu yararının gerçekleştirilmesidir. Ancak kamu yararı kavramı göreceli bir nitelik taşıdığından dolayı, kamulaştırmanın amaca uygun yapıp yapılmadığı bununla birlikte kamulaştırmanın amacına uygun taşınmaz üzerinde gerçekleştirilmesi ve nihayetinde usulüne uygun bir şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu çerçevede başta Anayasa ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu olmak üzere imar, belediye, altyapı yatırımlarına ve kamu hizmetlerine ilişkin birtakım özel hukuki düzenlemelerde kamulaştırmaya ilişkin hükümler yer almaktadır. Anayasal bir tanıma sahip olan “kamulaştırma” kısaca, toplumun menfaati öne sürülerek, birey karşısında kamu gücüyle donatılmış olan devletin veya devlet dışındaki kamu tüzel kişilerinin özel mülkiyette bulunan taşınmazları bedeli gerçek değer üzerinden peşin ödenmek suretiyle mülkiyetinin idareye geçirilmesidir. Bununla birlikte kamulaştırmayı, sadece teknik olarak idareye taşınmazın aktarılması olarak görmemek gerekir. İdarenin bireylerin hakları üzerinde kamu gücü kullandığı bir idari işlem özelliğine sahiptir. Hukuk devletinin özel gerekleri çerçevesinde idare kamulaştırma işlemini uygularken kamu yararı ile bireysel haklar arasındaki hassas dengeyi gözetmek durumundadır. Bu çalışma, kamulaştırmaya ilişkin hukuki mevzuatı kamu yararı ekseninde ele alarak bireysel haklar ile kamu yararı arasındaki dengenin değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Kamulaştırmaya ilişkin mevzuat, yargı kararları ve ilgili literatür betimsel yöntemle değerlendirilecektir. Sonuç olarak kamu yararı gerekçesiyle gerçekleştirilen kamulaştırma işlemi bireysel mülkiyet hakkının yanında toplumsal yapı üzerinde de önemli etkilere sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Kamulaştırma, kamu yararı, toplumsal etki, mülkiyet hakkı, hukuk devleti

EXPROPRIATION FOR PUBLIC BENEFIT: AN EVALUATION OF LEGAL VALIDITY AND SOCIAL CONSEQUENCES

ABSTRACT

Numerous laws describe and explain expropriation, a unilateral administrative action by the administration. Expropriation mainly limits the constitutionally protected private property right.

The public interest is the primary goal of expropriation. However, because the idea of public interest is relative, it is crucial that expropriation be done in a way that serves its intended goal, that the right property be taken, and that the right process be followed in the end. Therefore, given the relative nature of the concept of public interest, ensuring that expropriation is carried out properly, that the correct property is expropriated, and that lawful procedures are strictly followed becomes of paramount importance. In this context, provisions regarding expropriation are found in the Constitution and the Expropriation Law No. 2942, as well as in a number of special legal regulations related to urban planning, municipalities, infrastructure investments, and public services. Expropriation, which has a constitutional definition, is briefly defined as the transfer of ownership of privately owned real estate from the state or non-state public legal entities, endowed with public power against individuals, to the administration by paying the price in cash at its true value, under the pretext of public interest. However, expropriation should not be viewed solely as the technical transfer of real estate to the administration. Expropriation is an administrative act characterized by the exercise of public power by the administration over the rights of individuals. Within the framework of the rule of law, the administration, when implementing expropriation, must consider the delicate balance between the principle of public interest and individual rights. This study aims to evaluate the balance between individual rights and public interest by examining the legal framework related to expropriation from the perspective of public interest. The legislation, judicial decisions, and relevant literature on expropriation will be evaluated using a descriptive method. In conclusion, expropriation carried out on the grounds of public interest has significant effects not only on individual property rights but also on the social structure.

Keywords: Expropriation, public interest, social impact, property rights, rule of law

1. GİRİŞ

Kamulaştırma işleminin temel dayanağını oluşturan kamu yararı ilkesi pozitif hukukta ayrıntılı olarak düzenlenmemiştir. Keza kamu yararı soyut, göreceli, değişken, ideolojik ve karmaşık bir nitelik arz etmektedir. Bununla birlikte kamu yararı gerekçesini ileri süren idare hukuki çerçevede geniş bir takdir yetkisine sahip durumdadır. Kısaca idarenin kamulaştırma yetkisi, idareye kamu yararı noktasında bir taraftan hukuki meşruiyet zemini hazırlarken diğer taraftan da bir sınır getirmektedir.

Kamulaştırma işleminde mülkiyet yer değiştiren temel hukuki değer konumundadır. Bununla birlikte mülkiyetin tarihsel olarak çok eskilerden günümüze toplumsal yapının şekillenmesi üzerinde çok önemli işlevleri olmuştur (Dinler ve Çalışkan 2019). Kamulaştırma işlemi sadece

teknik bir mülkiyet devri olarak değerlendirilmemelidir. Kamulaştırma aynı zamanda toplumsal ve ekonomik yapıya etki eden önemli sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Bilhassa kamu yararı gözetilerek büyük ölçekli konut ve baraj gibi projelerde gerçekleştirilen kamulaştırma işlemleri, insanların iş ve yaşam alanlarının değişmesiyle beraber göç ve toplumsal uyum gibi sorunların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir.

Bu çalışmada kamulaştırma, kamu yararı gerekçesi göz önünde tutularak hukuksal meşruiyet ve toplumsal etki gibi boyutlar betimsel bir yöntemle mevzuat, yargı kararları ve literatür üzerinden irdelenecektir.

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Kamu yararı ve kamulaştırma işlemlerine ilişkin mevzuat

Kamu yararı ve kamulaştırmaya ilişkin Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nın 35. ve 46. maddelerinde ayrı ayrı yer verilmiştir. 35. madde, mülkiyet hakkına bütün insanların sahip olduğunu belirterek başlamış ve bu hakkın kısıtlanmasında ise sadece kamu yararını ve hukuki düzenleme olarak da kanunu işaret etmiştir. Diğer taraftan kamu yararına aykırı bir şekilde mülkiyet hakkının kullanılamayacağı hükmüne yer vermiştir. Anayasa, mülkiyet hakkının temel hak olduğunu ama kamu yararı gerekçesiyle dokunulabileceğini yani dokunulmaz olmadığını, bunun da keyfi biçimde değil kanunda yer alması ve kamu yararı gerekçeleriyle sınırlanabileceğini ifade etmiştir. Esasında Anayasanın, kamu yararı ve bireysel yarar arasında bir denge sağlama amacında olduğu görülmektedir.

Kamulaştırmanın anayasal dayanağı ise Anayasa'nın 46. maddesinde karşımıza çıkmaktadır. Anayasa maddenin başlangıcında yetkiyi doğrudan devlet ve kamu tüzel kişilerine vererek özel kişileri dışarıda tutmuştur. Ayrıca madde metninden kamulaştırma işleminin başlangıçta kamu yararının gerekçe gösterilerek yapılabileceği anlaşılmaktadır. Diğer taraftan “gerçek karşılıklarını peşin ödemek” ifadesiyle özel mülk hakkının ekonomik temelini korumaktadır. 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu, kaynağını Anayasadan alan ve kamulaştırmaya ilişkin ayrıntılı düzenlemeler içeren bir temel normdur. Kamulaştırma Kanunu'nda da kamulaştırma işlemlerinde “kamu yararı” ön koşul olarak ifade edilmiştir. Kanun metninde kamu yararına ilişkin bir açıklama yapılmamış olmakla birlikte kamu yararı kararı verecek merciler ve onay mercileri tek tek sıralanmıştır. Nitekim kamu yararına ilişkin mevzuatta bir tanımın olmaması en çok eleştirilen konulardan biri olmuştur (Göven 1999). Ayrıca söz konusu Kanun'un 22 ve 23. maddeleri, “kamulaştırma işlemlerinin kesinleşmesinden sonra taşınmaz malların kamulaştırma amacına veya kamu yararına yönelik herhangi bir ihtiyaca tahsisi lüzumu kalmaması halinde” veya “kamulaştırma ve devir amacına uygun hiçbir işlem veya tesisat

yapılmaz veya kamu yararına yönelik bir ihtiyaca tahsis edilmeyerek taşınmaz mal olduğu gibi bırakılırsa” mal sahibi ve mirasçılarının taşınmazı (Kanun’da belirtilen şartları sağlamak koşulu ile) geri alabileceklerini düzenlemiştir.

Mevzuat çerçevesinde kamulaştırmanın hukuki meşruiyetini değerlendirdiğimizde, kamu yararının gerekçelendirilmesi ve kamu yararı amacına bağlı şekilde kullanılması ön plana çıkmaktadır.

2.2. Yargı kararları çerçevesinde kamulaştırma ve kamu yararı

Bu başlıkta kamulaştırma işlemlerinde kamu yararına ilişkin bazı kararlar inceleme konumuz olacaktır. Nitekim anlam çerçevesinde soyut düzeyde değerlendirdiğimiz kamu yararı, yargı kararlarında somut bir bağlamda kendine yer bulmaya çalışacaktır. Her ne kadar mülkiyet hakkı Anayasa’da sınırsız bir hak olarak düzenlenmemiş olsa da hukuki temele dayanma zorunluluğunun yanında, yargı denetiminin de etkili şekilde yapılması önemlidir. Keza kamu yararı ve kamulaştırma kararlarının hukuka uygunluğu açısından çok sayıda mahkeme kararı bulunmaktadır.

Anayasa Mahkemesi verdiği bir kararda, kamu yararı kararı alınmadan yapılan kamulaştırma işleminin mülkiyet hakkını ihlal ettiğine hükmetmiştir. Mahkeme kamu yararı kararı alınmamasına rağmen adli ve idari sürecin işlediğini ve etkili başvuru hakkının ihlal edildiği hükmüne yer vermiştir. Sonuç olarak Anayasa Mahkemesi başvurusunun Anayasa’nın 35. ve 40. maddelerini göz önünde tutarak etkili başvuru hakkının ihlal edildiğine hükmetmiştir (Anayasa Mahkemesi, B. No: 2019/1255, 10.11.2022).

Avrupa İnsan Hakları Sözleşmesi ek 1 nolu Protokol, mülkiyet hakkına yönelik bir genel kural iki de özel kural getirmiştir. Genel kural, “her gerçek veya tüzel kişinin, sahip olduğu malların huzurlu bir şekilde kullanım hakkına sahip olduğudur.” Birinci özel kural ise yasal olması, kamu yararına olması, uluslararası hukukun genel ilkelerine uygun olması, makul oranda dengeli olması durumlarında mülkiyetten mahrum bırakmaya izin verilebilir. Ayrıca ülkelere kamu yararı açısından geniş takdir yetkisi tanındığı ifade edilmiştir. İkinci özel kural ise “devletler genel çıkara uygun olarak veya vergilerin ya da diğer katkı paylarının veya cezaların ödenmesini sağlamak için mülkiyetin kullanımını kontrol edebilir.” (Council of Europe, 2025). Kısaca Avrupa Konseyi de mülkiyet hakkını tanımamakla birlikte idareye geniş takdir yetkisi vererek kamu yararı öne sürülerek kısıtlanabileceğini değerlendirmektedir. Nitekim Avrupa İnsan Hakları Mahkemesi 1 nolu Protokolü göz önünde tutarak verdiği bir kararında, başvurusuya ait bir taşınmazın temel olarak estetik gerekçeyle kamulaştırıldığını gerçek bir kamusal amaç ileri sürülemediğini öne sürerek mülkiyet hakkına ölçüsüz müdahale edildiğini

ve hak ihlali olduğunu ortaya koymuştur (European Court of Human Rights 2017). Danıştay da benzer şekilde kamulaştırma işlemlerinde kamu yararının zorunlu bir şart olduğunun vurgusunu yapmıştır. Örneğin Danıştay 6. Dairesi, mülkiyet hakkının kamulaştırma işlemiyle sınırlandırılabilmesinin ancak kamu yararı gerekçesiyle olabileceğine hükmetmiştir. Nitekim bu çerçevede kamu yararının özel mülkiyet hakkının korunmasından üstün tutulduğu ve idari yargının somut çerçevede kamu yararını ölçüt aldığı görülmektedir (Danıştay, E:2021/1026, K:2021/13843).

Sonuç olarak yargı içtihatları, kamulaştırma işlemlerinde kamu yararının idarenin sınırsız takdir yetkisinde düşünülmemeyeceğini, hukuk devleti ilkesinin gerektirdiği ölçülülük ve gerekçelendirme yükümlülüğü etrafında şekillenen bir alan olduğunu ortaya koymaktadır.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Platon’a göre devlet için iyi olan vatandaş için de iyidir ve kamu yararına olan işlemler kişisel faydaya aykırı olamaz. Nitekim benzer şekilde Hegel’de toplumdaki bir kişinin çıkarının bütün kişilerin çıkarlarıyla iç içe olduğunu savunmaktadır (Korkut 2006; Tombaloğlu 2014). Diğer taraftan kamu yararını toplum veya devlet gibi soyut yapılara indirgenmesi, kavramın kapsamı açısından tartışmalıdır. Evrensel bir kamu yararı ne ölçüde gerçekleşebilir? soruları da geniş çerçevede tartışma zeminine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca kamu yararı ileri sürülerek baraj projeleri kapsamında gerçekleştirilen kamulaştırma işlemlerinde, kişilerin yaşam alanlarının kaybı, zorunlu göç ve yoksullaşma gibi sonuçlar ortaya çıkabilmektedir. Bu durum kamulaştırmanın sadece hukuki değil, aynı zamanda toplumsal etkileri de olan bir idari işlem olduğunu göstermektedir. Keza taşınmaz mülkleri kamulaştırılan ve köyleri geçmişleri, belki de hayalleri su altında kalan insanları kamulaştırma bedelleri ne kadar tatmin edecektir? Kamulaştırma işleminde kamu yararı gerekçesiyle hukuki meşruiyet hatta Avrupa İnsan Hakları nezdinde de sağlansa da bu tarz bir kamulaştırmanın; zorunlu göç beraberinde yabancılaşıma, yoksulluk gibi olumsuz olabilecek toplumsal etkilerine yönelik kamu politikaları gerekmez mi?

Bu duruma ilişkin, Tahtalı Barajı projesi nedeniyle yerinden edilen bir kişinin anlatımı, kamulaştırmanın toplumsal etkilerini çarpıcı şekilde ortaya koymaktadır:

“Bebeğimle ben köyde son kaldık. Herkes gitmişti. Evleri yıkıyorlardı. Elektrik ve suyu kestiler. Gidecek hiçbir yerimiz yoktu. Kediler köpekler açıktan camları tırmalıyordu. Çok korkutucuydu. Su seviyesi yükseliyordu. Köyde kaldığımızı biliyorlardı, gidecek yerimiz olmadığını biliyorlardı. Ama kimse (hiçbir devlet memuru) bizi sormaya gelmedi. (Tahtalı Barajı nedeniyle yerinden edilmiş dul iki çocuk annesi, 2009)” (Şatıroğlu 2012).

Kamu yararı kavramı başlangıçta eğitim ve sağlık gibi hizmetlerin yaygınlaştırılmasında yer alırken; neoliberal politikalarla beraber özelleştirme, maliyet, verimlilik ve rekabet gibi unsurlar üzerinden yeniden tanımlanmaya başlamıştır. Nitekim yeni kamu işletmeciliği anlayışında, kamu yönetiminin daha verimli, ekonomik, düzenleyici rol üstlenmesini, planlamanın da bu çerçevede tasarlanmasını öne çıkartmaktadır (Çakır Kantarcıoğlu 2025).

Sonuç olarak günümüzde devlet veya toplum ölçeğinde değerlendirilen kamu yararı kavramı zamanla küreselleşmenin de etkisiyle sınır aşan bir nitelik kazanarak evrensel kamu yararı tartışmalarını daha da arttıracaktır. Bu bağlamda, gelecekte kamu yararı nedeniyle yapılan kamulaştırmaların sadece ulusal sınırlar içinde mi yoksa ulusötesi bir alanda mı şekilleneceği tartışılacak bir diğer önemli sorunsal olacaktır.

KAYNAKÇA

Anayasa Mahkemesi. (2022, 10 Kasım). *Kamu Yararı Kararı Alınmadan Kamulaştırma Yapılması Nedeniyle Mülkiyet ve Etkili Başvuru Haklarının İhlal Edilmesi* (B. No: 2019/1255).

<https://www.anayasa.gov.tr>.

Council of Europe. (2025). *Protocol No. 1 to the Convention: Protection of property (Article 1)*.

Council of Europe. <https://www.coe.int/en/web/human-rights/toolkit/protocol-no-1>.

Çakır Kantarcıoğlu, M. (2025). Kamu yararı ve planlama ilişkisinin dönüşümü: Tarihsel çerçeve ve Türkiye deneyimi. *Memleket Siyaset Yönetim* 20(45), 213–241.

<https://doi.org/10.56524/msydergi.1743026>.

Danıştay (2021). E.2021/1026, K.2021/13843 sayılı karar.

<https://www.sonkarar.com/kararlar/danistay-6-daire-2021-1026-esas-2021-13843-karari-e2aece47-e706-55dc-96e4-01cac21c2125>.

Dinler, E. ve Çalışkan, Z. (2019). Mülkiyetin tarihsel gelişimi üzerine bir deneme. *Sosyal Siyaset Konferansları Dergisi* 77, 421-452. <https://doi.org/10.26650/jspc.2019.77.0019>.

European Court of Human Rights (ECtHR). (2017). *Volchkova and Mironov v. Russia* (Applications nos. 45668/05 and 2292/06), Judgment of 28 March 2017. HUDOC.

<https://hudoc.echr.coe.int/eng?i=001-172345>.

Göven, Y. (1999). Kamulaştırma işlemlerinde “kamu yararı”. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi* 1. <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/55094>.

Korkut, L. (2006). Temel hak ve özgürlüklerin bir sınırlama nedeni olarak kamu yararı kavramı. *Liberal Düşünce* 11(44), 77–98.

Şatıroğlu, K. İ. (2012). Zorunlu göç ve yeniden yerleşimin toplumsal çevre üzerindeki etkisi: Tahtalı Barajı örneği. *Yayınlanmamış Doktora tezi*, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

Tombaloğlu, N. (2014). Anayasa Mahkemesi Kararlarında Kamu Yararı Kavramı. *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 5(1). <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/208442>.

DENETİMLİ SERBESTLİK GÖREVLİLERİNE İLİŞKİN ARAŞTIRMALARIN İNCELENMESİ

Dr. Öğr. Üyesi Hakan TURAN

Hitit Üniversitesi, İİBF, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi, Çorum

ORCID:0000-0001-5922-9668

ÖZET

Denetimli serbestlik sisteminin tarihi geçmişi dünyada birçok ülkede 18. yüzyıla kadar uzanmaktadır. Bir araştırma konusu olarak denetimli serbestlik, birden çok alanı ilgilendiren disiplinlerarası bir nitelik taşımaktadır. Denetimli serbestliğin başarıya ulaşmasında en önemli etmenlerden birisi de denetimli serbestlik sisteminde çalışan kamu görevlileridir. Bu bağlamda çalışmada denetimli serbestlik görevlilerine yönelik uluslararası literatürdeki ilerlemelerin ve yapısal niteliklerin bibliyometrik analiz tekniğiyle araştırılması hedeflenmektedir. Bu çerçevede Scopus veri tabanında yapılan araştırma sonucunda, sadece makale biçimindeki yayınlar göz önünde bulundurularak 1.411 yayın incelenmiştir. Akademik literatürde konu ile ilgili araştırma yapan yazarlar üzerinden değerlendirme yaptığımızda, sınırlı düzeyde yazarın bu konu üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ülke ve kurumsal katkı düzeyinde ise Amerika Birleşik Devletleri ve üniversitelerinin ve araştırma kuruluşlarının belirgin şekilde üstünlüğü göze çarpmaktadır. Araştırma konularının dağılımı yönünden ise çalışmaların büyük oranda sosyal bilimler alanında gerçekleştiği ve bunu tıp alanında çalışmaların izlediği görülmektedir. Sonuç olarak denetimli serbestlik görevlilerine yönelik araştırmaların önemli ölçüde Anglo Sakson hukuk sistemine dahil ülkelerde gerçekleştirildiği, disiplinlerarası bir eksenle ilerlediği ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Denetimli serbestlik görevlileri, kamu görevlileri, bibliyometrik analiz

REVIEW OF STUDIES RELATED TO PROBATION OFFICERS

ABSTRACT

In many countries, the probation system has been in place since the 18th century. Probation is an interdisciplinary topic that spans several disciplines. The public servants involved in the probation system are among the most crucial elements in its effectiveness. In this regard, the study uses bibliometric analytic approaches to examine developments and structural features in the international literature on probation officers. Within this context, 1,411 publications were examined, taking into account solely articles, as a consequence of research done in the Scopus database. Only a small number of writers have concentrated on this issue when we assess the writers who have done study on it in the scholarly literature. The United States and its colleges and research institutes are unquestionably better in terms of national and institutional contribution. The distribution of study subjects shows that the social sciences accounted for the

majority of the studies, with the medical discipline coming in second. As a result, it is clear that research on probation officers advances along an interdisciplinary axis and is mostly carried out in nations with Anglo-Saxon legal systems.

Keywords: Probation officers, public officials, bibliometric analysis

1. GİRİŞ

Cezaya ve ıslaha ilişkin farklı düşünceler geleneksel ceza sisteminin sürekli sorgulanmasına neden olmuştur. Modern ceza sistemleri, kişiyi topluma yeniden kazandırmayı önceleyen bir anlayış olarak farklı biçimlerde karşımıza çıkabilmektedir. Denetimli serbestlik de dünya genelinde uygulanan modern ceza sistemlerinden biridir. Denetimli serbestlik görevlileri ise, sistemin etkin işleyişinin önemli unsurlarından birisini oluşturmaktadır. Jarvis (1972) denetimli serbestlik personeli için “insanlık şefkatiyle dolu tanrı adam” şeklinde ifade etmiştir. Ancak bu insancıl yaklaşım zamanla yerini teknik becerilere bırakmıştır (Durnescu 2011).

Denetimli serbestlik görevlilerine ilişkin yapılan akademik çalışmalar, sistemin geçmişi ve mevcut durumunun belirlenmesi ve gelecek perspektifinin doğru bir şekilde yönetilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma denetimli serbestlik görevlilerine ilişkin akademik literatürü bibliyometrik yöntemle analiz ederek denetimli serbestlik alanında yapılan çalışmaların eğilimlerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu kapsamda elde edilen bulguların akademik çalışmaların yanında, politika belirleme süreçlerine katkı sunması beklenmektedir.

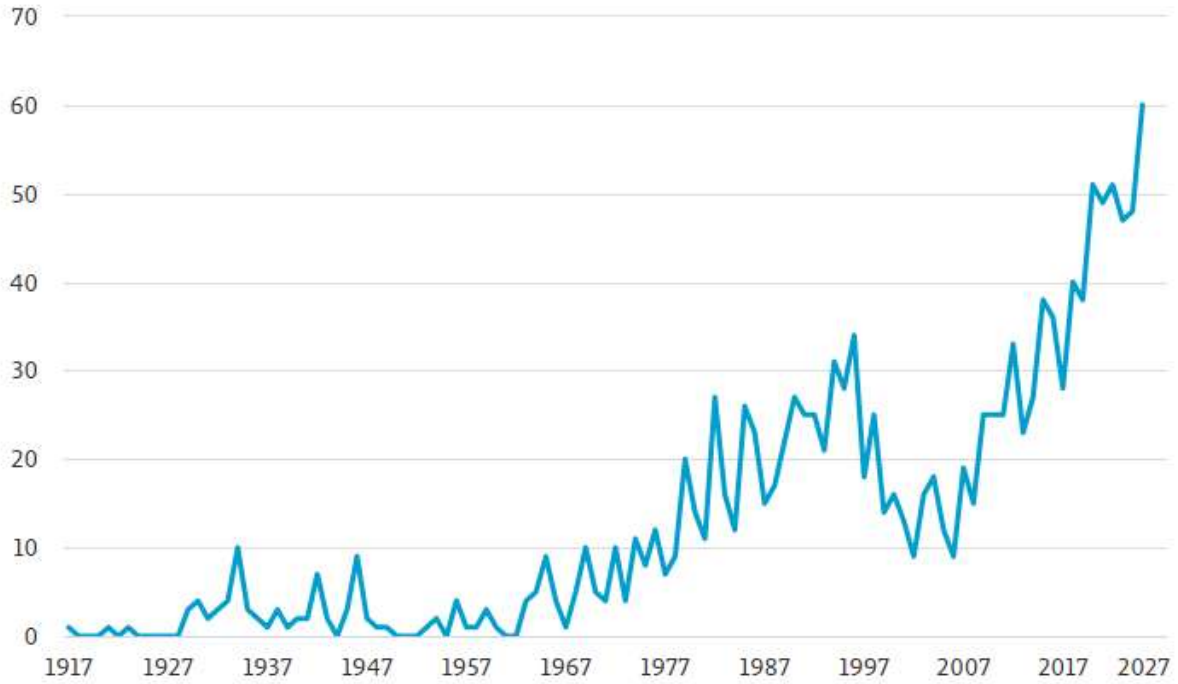
2. ARAŞTIRMA

Çalışmada bibliyometrik analiz yönteminden faydalanılmıştır. Bu çerçevede akademik literatürün sayısal olarak değerlendirilmesini ve belirli bir alandaki yayın eğilimlerinin, yoğunlaşma ve akademik etkileşimlerinin ortaya konulması sağlanmaktadır. Bu vesileyle araştırmacılar ilgili disiplinin gelişim sürecini bütüncül şekilde analiz edebilmekte literatür boşluklarını görebilmektedir (Şeker ve Atasel 2023).

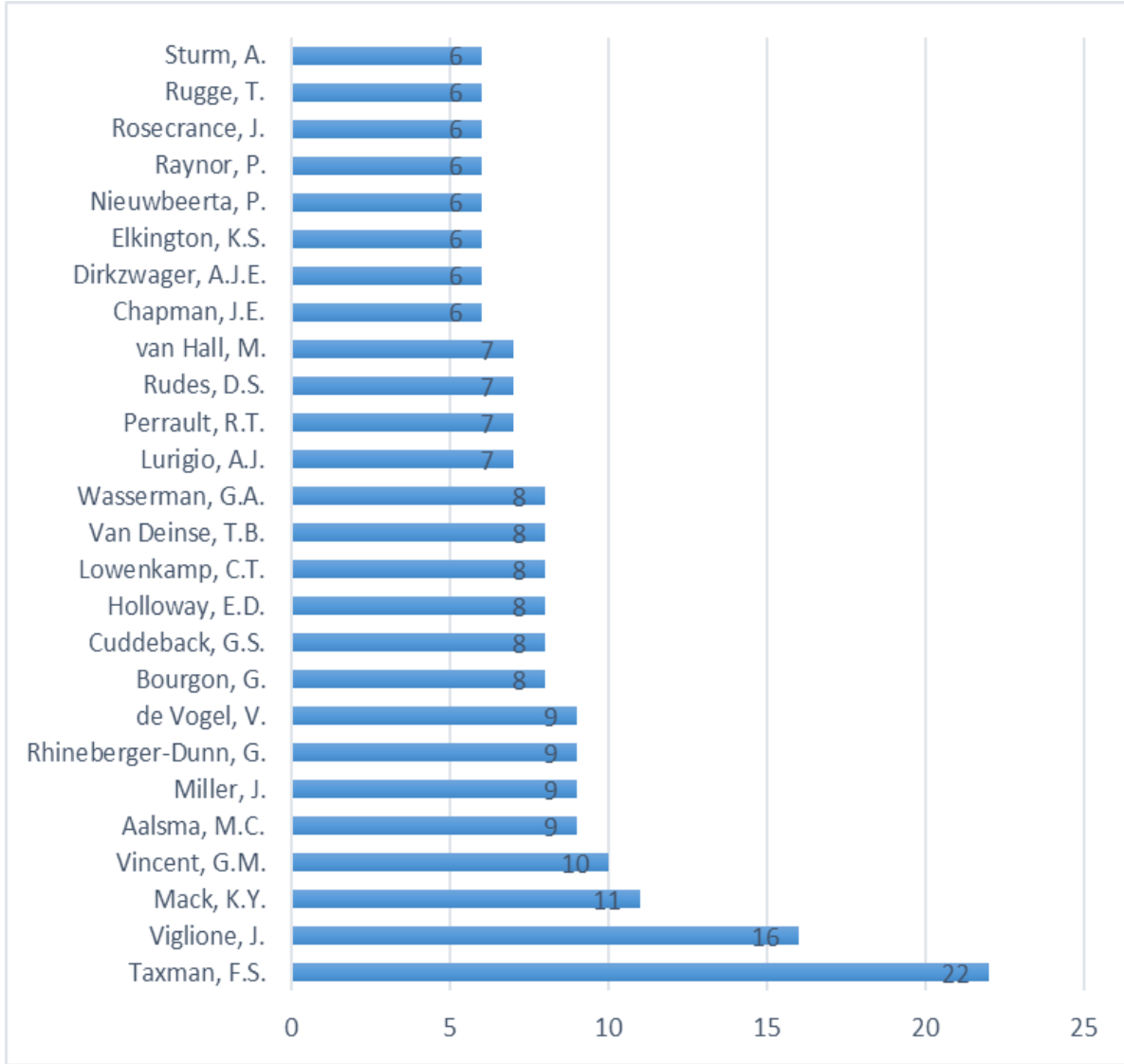
Araştırmada Scopus veri tabanında 1917-2025 yılları arasında yayınlanmış akademik çalışmalar ele alınmış ve alandaki temel eğilimler analiz edilmiştir. Araştırma kapsamı makale türü yayınla sınırlandırılmış ve bu çerçevede 1.411 yayın incelenmiştir. Yayın sayısı yazarlara, üniversitelere, ülkelere, konu alanlarına, fon sağlayıcı kurumlara göre ayrı ayrı grafikler halinde değerlendirilmiştir.

3. BULGULAR

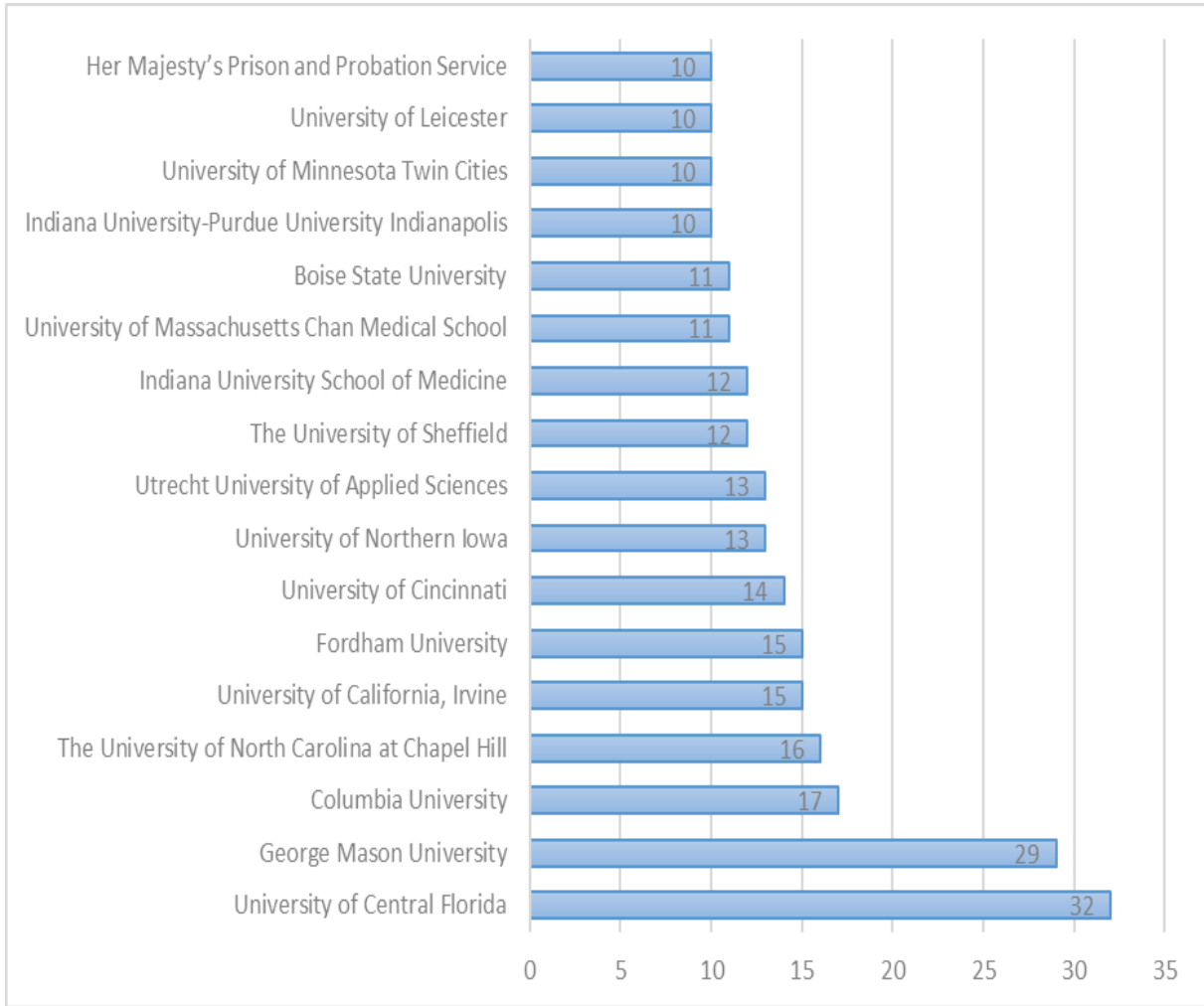
Araştırmada elde edilen bulgular bu başlık altında ele alınmıştır.

Grafik 1. 1917-2025 yılları arasındaki yayın sayısı

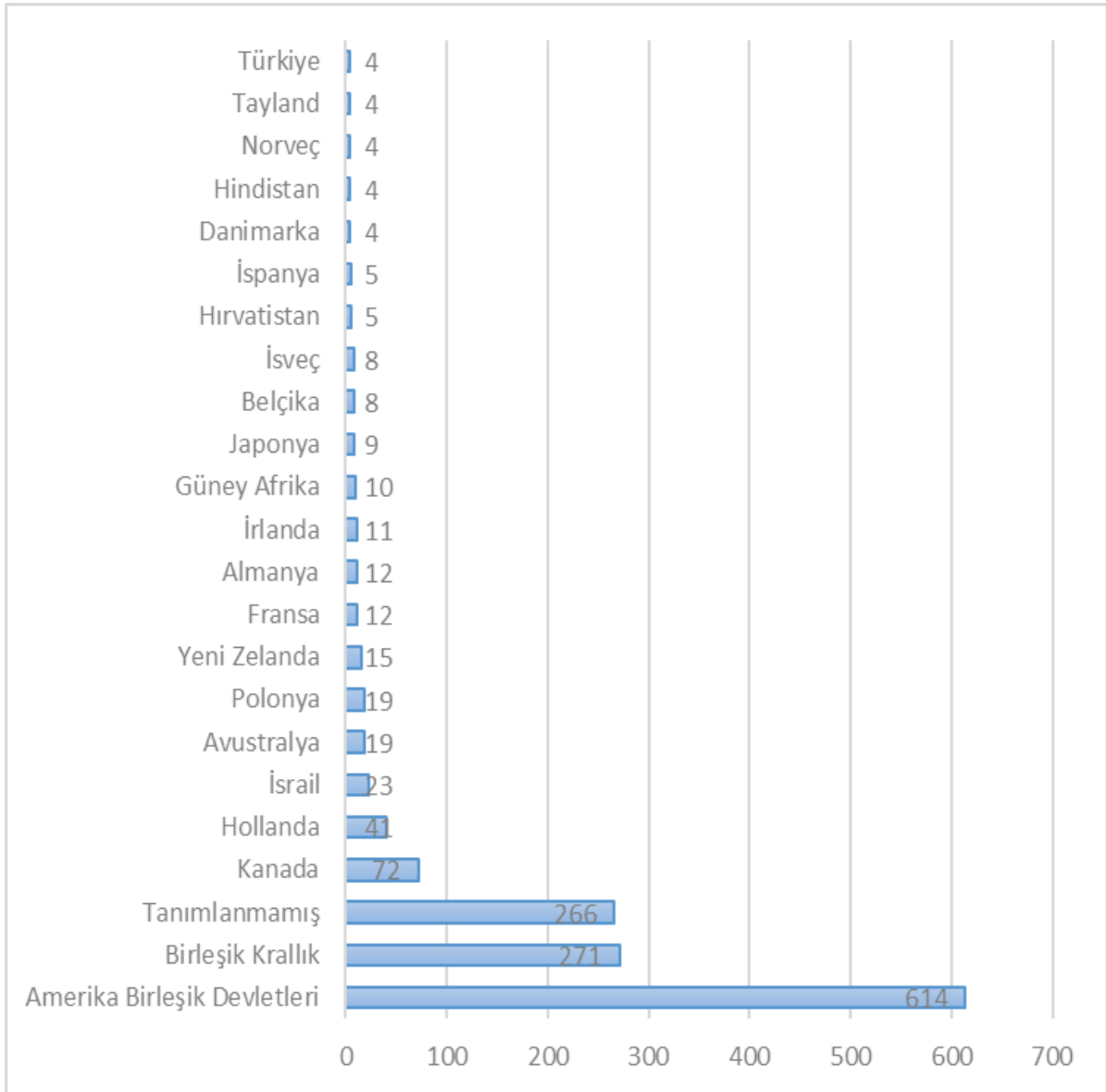
Grafik 1’de görüldüğü üzere 1970’li yıllara kadar denetimli serbestlikte kamu görevlilerine ilişkin yayın sayısı çok az düzeydedir. Bu yıllarda 0-10 bandında düzensiz yükseliş ve inişler göze çarpmaktadır. Nitekim bu süreç denetimli serbestlik sisteminin akademik bir araştırma alanı olarak yeni olduğunun, diğer taraftan hapis gibi geleneksel cezalandırma yöntemlerinin hâkim olduğu ve denetimli serbestlik çalışanlarının profesyonel kimliğinin henüz literatürde kendine yer bulmadığı bir dönem olduğu söylenebilir. 1990’larda yaşanan ani yükseliş de dikkat çekmektedir. Bu süreci alternatif ceza yöntemlerinin gelişim ve arayış süreci olarak değerlendirmek mümkündür. 2007 yılından günümüze ise çok ciddi bir artış ivmesi göze çarpmaktadır. Nitekim Türkiye’de de 2005 yılında Denetimli Serbestlik Hizmetleri Kanunu yürürlüğe girmiştir. İlgili mevzuat çerçevesinde denetimli serbestlik görevlilerine ilişkin hukuki statü ve görev tanımları belirlenmiştir.

Grafik 2. Yazarlara göre yayın sayıları

Yayın sayısı açısından yazarları araştırdığımızda Taxman ve Viglione gibi isimlerin öne çıktığını görmekteyiz. Bununla birlikte spesifik bir alan olmasına rağmen çok sayıda yazarın katkıda bulunduğunu çalışmaların belirli bir yazar etrafında kümelenmediği görülmektedir.

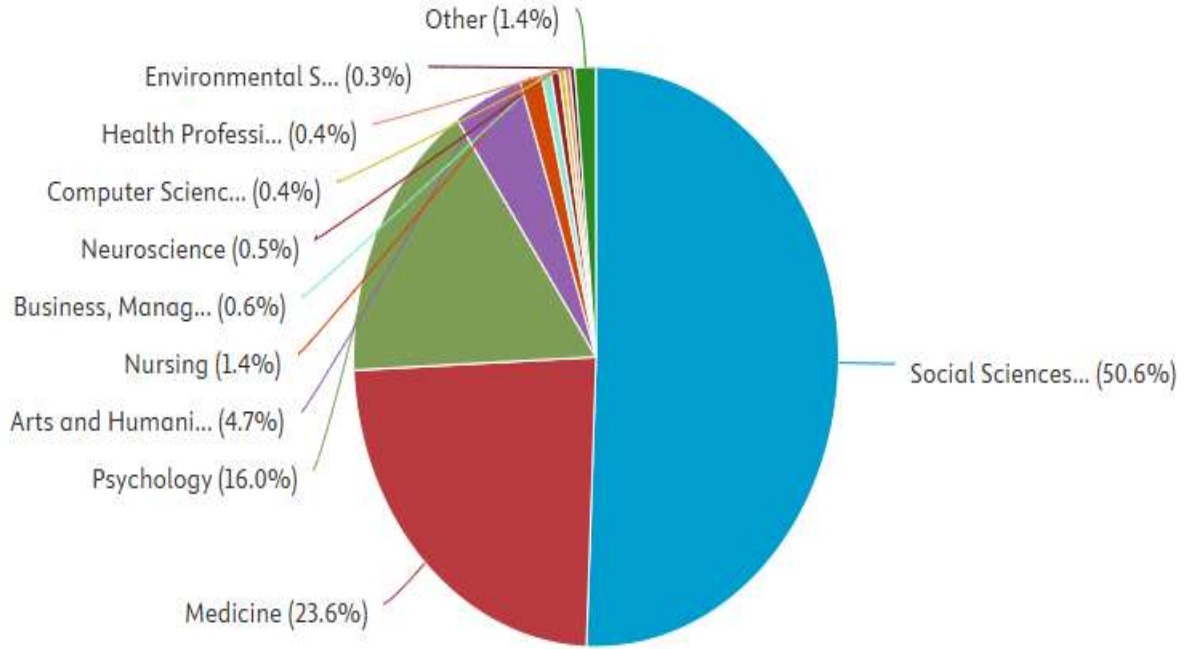
Grafik 3. Üniversite ve kurumlara göre yayın sayıları

Denetimli serbestlik sisteminin kökeni Orta çağ İngiliz ceza hukukuna kadar gitse de modern anlamda ilk uygulandığı ülke Amerika Birleşik Devletleri (ABD) olarak bilinmektedir. Ayrıca “denetimli serbestliğin babası” olarak bilinen ABD’li John Augustus aynı zamanda ilk “denetimli serbestlik görevlisidir” (New York City Department of Probation, n.d.). Nitekim yayın yapan üniversiteleri incelediğimizde de ABD üniversitelerinin domino ettiğini görmekteyiz. Bununla birlikte University of Florida ile George Mason Üniversitesi bu alanda en çok yayın yapan üniversiteler olmuşlardır. Denetimli serbestlik görevlilerine ilişkin en çok yayın yapan Taxman, George Mason Üniversitesinde görev yapmaktadır (George Mason University Center for Advancing Correctional Excellence, n.d.). Ayrıca farklı üniversitelerde de konuya yönelik yoğunlaşma mevcuttur.

Grafik 4. Ülkelere göre yayın dağılımı

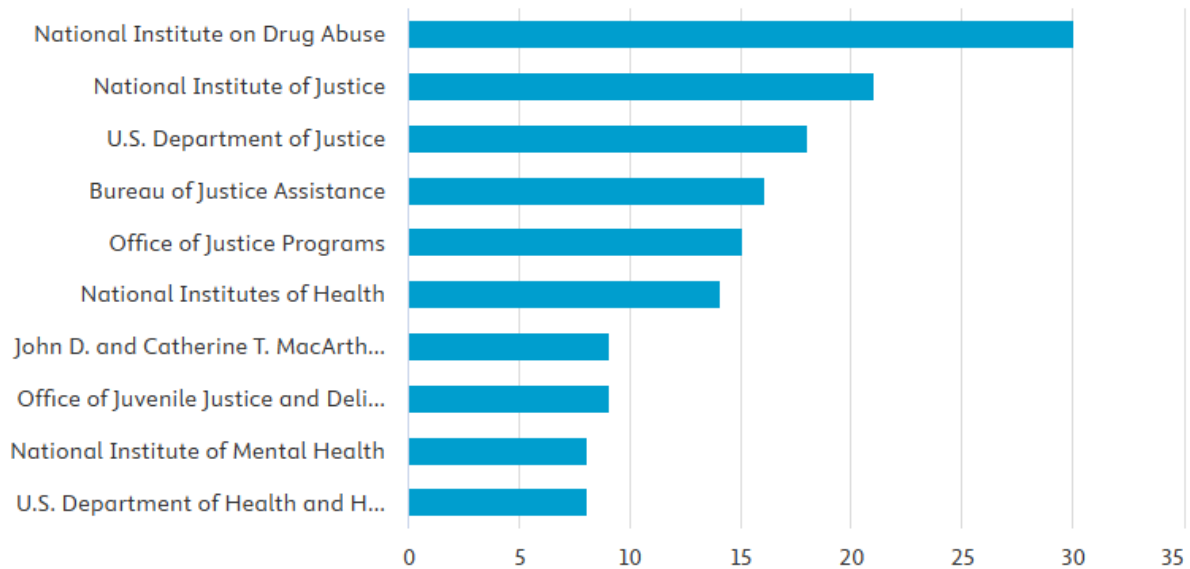
Ülkelere göre denetimli serbestlik görevlilerine ilişkin yayın dağılımını incelediğimizde, ABD'nin açık ara diğer ülkelerden ayrıştığı görülmektedir. Daha sonra ise Birleşik Krallık konuya ilişkin önemli bir yayın potansiyeline sahiptir. Avrupa ülkelerinde ve diğer ülkelerde yayın sayısının ABD ve İngiltere'nin oldukça gerisinde olduğundan konunun Anglo-Sakson hukuk sisteminde daha çok ele alındığını söylemek doğru olacaktır.

Grafik 5. Konu alanlarına göre yayın dağılımı



Grafik 5'e göre çalışmaların yarısı sosyal bilimler alanı üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte çalışmaların neredeyse dörtte biri ise tıp alanında gerçekleştirilmiştir. Üçüncü olarak psikoloji alanında çalışmaların gerçekleştirildiğini görmekteyiz. Farklı başlıkların bulunması da konunun çok disiplinli olmasından kaynaklanmaktadır.

Grafik 6. Fon sağlayıcı kurumlara göre yayın dağılımı



Grafik 6'ya göre National Institute on Drug Abuse en çok destek veren kurum olmuştur. Bu durum, denetimli serbestlik sisteminin madde bağımlılığı gibi konularla yakından ilişkili olmasıyla açıklanabilir. Ayrıca ABD Adalet Bakanlığı ve bu bakanlığa bağlı araştırma-bilimsel destek kurumlarının da önemli düzeyde destek verdikleri görülmektedir.

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Araştırmada denetimli serbestlik görevlilerine yönelik literatürün yapı ve yönelimlerinin bibliyometrik analiz yöntemiyle değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Dünyada alternatif ve modern ceza sistemlerine olan ilgi denetimli serbestlik ve dolayısıyla da denetimli serbestlik personeline olan akademik ilginin de sürekli yükselerek artmasına zemin hazırlamıştır. Nitekim denetimli serbestlik sistemi dünya ölçeğinde daha da kurumsallaşarak yoluna devam etmektedir. Avrupa düzeyinde faaliyet gösteren Avrupa Denetimli Serbestlik Konfederasyonu 1981 yılında kurulmuştur (Confederation of European Probation, n.d.).

Araştırma bulgularına göre denetimli serbestlik çalışanlarına yönelik çalışmalar Anglo Sakson hukuk sistemine sahip ülkelerde yoğunlaşmaktadır. Bunun temel nedeni denetimli serbestlik sisteminin kökeni ile doğrudan ilgilidir.

Denetimli serbestlik çalışanlarına yönelik araştırmalar büyük oranda sosyal bilimler ve sağlık bilimleri çerçevesinde gerçekleştirilmiştir. Bu durum denetimli serbestliğin sadece hukuki bir çalışma alanı değil aynı zamanda sağlık, sosyal hizmet, sosyoloji, kamu yönetimi gibi alanları da ilgilendiren bir disiplinlerarası yaklaşım olmasından kaynaklanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Confederation of European Probation. (n.d.). *About the Confederation of European Probation (CEP)*. Retrieved October 8, 2025, from <https://www.cep-probation.org/about-confederation-of-european-probation/>.
- Durnescu, I. (2011). *What matters most in probation supervision: Staff characteristics, staff skills or programme?* *Criminology & Criminal Justice*, 12(2), 193–216. <https://doi.org/10.1177/1748895811428174>.
- George Mason University Center for Advancing Correctional Excellence. (n.d.). *Faye Taxman, Ph.D.* Retrieved December 2, 2025, from <https://www.gmuace.org/about/staff-directory/faye-taxman/>.
- Jarvis, F. V. (1972). *Advise, assist and befriend: A history of the probation and after-care service*. National Association of Probation Officers.
- New York City Department of Probation. (n.d.). *History of probation*. Retrieved November 8, 2025, from <https://www.nyc.gov/site/probation/about/history-of-probation.page>.
- Şeker, Y., & Atasel, O. Y. (2023). Muhasebe alanındaki çalışmaların SciVal analitiğe dayalı bibliyometrik performans analizi. *Fiscaeoeconomia*, 7(1), 862–884. <https://doi.org/10.25295/fsecon.1212746>.

SİBER GÜVENLİĞİ ARTIRMADA YAPAY ZEKANIN ROLÜ: PROAKTİF BİR SAVUNMA YAKLAŞIMI

Gaini MUKHANOVA

Astana IT Üniversitesi, Dijital Kamu Yönetimi Okulu, Kazakistan, 010000, Astana

ORCID: 0000-0002-6953-2756

Aruzhan ABDYBAEYVA

Cumhuriyetçi Devlet Teşebbüsü «Ulusal Fikri Mülkiyet Enstitüsü»,
Kalkınma ve Uluslararası İşbirliği Dairesi, Kazakistan, 010000, Astana

ORCID: 0009-0004-1584-3606

ÖZET

Bu araştırma makalesi, proaktif savunma mekanizmalarını etkinleştirmek için yapay zekanın siber güvenlik çerçevelerine nasıl etkin bir şekilde entegre edilebileceğini keşfederek bu zorlukları ele almayı amaçlamaktadır. Spesifik olarak, kuruluşların yönlendirmesi gereken teknik, operasyonel ve etik hususlara odaklanarak siber güvenlikte yapay zekanın benimsenmesiyle ilişkili fırsatları ve riskleri araştıracaktır. Bu çalışmayı yönlendiren araştırma sorusu şudur: "Proaktif savunma mekanizmalarını etkinleştirmek ve ortaya çıkan siber tehdit risklerini azaltmak için yapay zeka siber güvenlik çerçevelerine nasıl etkin bir şekilde entegre edilebilir?"

Bir vaka çalışması metodolojisi aracılığıyla, bu araştırma, hem başarılı uygulamaları hem de dikkate değer başarısızlıkları analiz ederek, çeşitli sektörlerdeki yapay zeka entegrasyonunun gerçek dünyadaki örneklerini inceleyecektir. Odak noktası, siber güvenlikte yapay zekanın etkinliğine katkıda bulunan veya engelleyen faktörleri anlamak olacaktır. Bir vaka çalışması metodolojisi aracılığıyla, bu araştırma, hem başarılı uygulamaları hem de dikkate değer başarısızlıkları analiz ederek, çeşitli sektörlerdeki yapay zeka entegrasyonunun gerçe.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, siber güvenlik, yapay zekânın siber güvenlikteki etkinliği, yapay zekâ güdümlü güvenlik sistemleri, siber güvenlikte yapay zekâ entegrasyon stratejileri

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN ENHANCING CYBERSECURITY: A PROACTIVE DEFENSE APPROACH

ABSTRACT

This research paper aims to address these challenges by exploring how AI can be effectively integrated into cybersecurity frameworks to enable proactive defense mechanisms. Specifically, it will investigate the opportunities and risks associated with AI adoption in cybersecurity, focusing on the technical, operational, and ethical considerations that organizations must navigate. The research question guiding this study is: How can artificial intelligence be effectively integrated into cybersecurity frameworks to enable proactive defense mechanisms and mitigate the risks of emerging cyber threats?

Through a case study methodology, this research will examine real-world examples of AI integration in various sectors, analyzing both successful implementations and notable failures. The focus will be on understanding the factors that contribute to or hinder the effectiveness of AI in cybersecurity. By doing so, the paper will provide insights into the best practices for deploying AI-driven security systems, as well as the potential pitfalls that organizations should avoid.

Keywords: AI, cybersecurity, effectiveness of AI in cybersecurity, AI-driven security systems, AI integration strategies in cybersecurity

1. INTRODUCTION

The complexity and sophistication of cyberattacks have surged over the last decade, driven by the rapid evolution of digital technologies and the increasing interconnectedness of global systems. As businesses and individuals become more reliant on digital platforms, cybercriminals have developed increasingly advanced methods to exploit vulnerabilities in these systems. According to the **World Economic Forum**, the global cost of cybercrime is expected to reach \$10.5 trillion annually by 2025, a staggering increase from \$3 trillion in 2015, highlighting the urgency of addressing cyber threats in a more robust and strategic manner (World Economic Forum «The Global Risks Report 2024»). Traditional cybersecurity frameworks, which have primarily relied on reactive measures such as firewalls, antivirus software, and manual threat detection, are no longer sufficient to combat the growing complexity of cyberattacks.

The inadequacy of these reactive frameworks is most evident in the rise of **zero-day attacks**, which exploit previously unknown vulnerabilities in software and hardware systems. In 2023 alone, over 1,200 zero-day vulnerabilities were reported globally, marking a 50% increase from the previous year (R. Barrett 2024). These types of attacks often bypass traditional security measures, leaving organizations vulnerable until a patch is developed and implemented. As a result, organizations are not only exposed to significant financial losses – **IBM** estimates that the average cost of a data breach in 2023 was \$4.45 million—but also risk reputational damage and legal consequences (IBM «Cost of a Data Breach Report» 2023).

Given the scale of the problem, there is an urgent need to shift from reactive to proactive cybersecurity strategies. This shift involves anticipating and neutralizing threats before they can cause harm, rather than responding after an attack has occurred. Artificial intelligence (AI) offers a promising solution to this challenge. AI has the capability to analyze vast amounts of data in real time, identify patterns that may indicate a potential attack, and respond to threats

autonomously without human intervention. For example, AI-based security systems have been shown to reduce detection and response times by up to 90%, significantly improving an organization's ability to defend against advanced threats.

However, despite its potential, integrating AI into existing cybersecurity frameworks presents several challenges. These include the technical complexity of AI systems, the cost of implementation, the need for specialized personnel, and ethical concerns surrounding data privacy and bias. AI-driven cybersecurity systems are only as effective as the data they are trained on, and biased data can result in discriminatory outcomes. Additionally, there is the question of transparency—how do organizations ensure that AI systems make fair and justifiable decisions, especially in high-stakes environments like finance or healthcare?

The case study methodology is an ideal choice for investigating the integration of AI into cybersecurity frameworks. This approach allows for an in-depth, detailed examination of real-world examples where AI has been applied to enhance cybersecurity measures. Through the case study approach, the research can explore the nuances of AI implementation in specific organizational contexts, allowing for a better understanding of both the technical and ethical complexities involved. Case studies provide the opportunity to examine different strategies, identify patterns, and explore how AI-based security systems are deployed, maintained, and evaluated in various settings.

The rationale behind selecting a case study approach lies in its ability to offer qualitative insights into how organizations adapt AI technology to their cybersecurity needs. By focusing on specific cases, this research can highlight both successful and challenging AI integration efforts, drawing lessons that can be generalized to similar contexts. Unlike quantitative methods, which may miss the subtleties of organizational processes, case studies enable the researcher to capture the full complexity of AI adoption, including the operational, technical, and human factors.

The cases selected for this study will focus on companies or sectors that have demonstrated significant efforts in AI-driven cybersecurity. These might include:

Technology companies that lead innovation in AI and cybersecurity offer advanced models of threat detection and mitigation.

Financial institutions, which prioritize cybersecurity due to the sensitive nature of the data they handle and the high risk of cyberattacks.

Healthcare organizations, where the ethical concerns of AI, including privacy and transparency, are particularly critical given the sensitive nature of personal health data.

Government agencies, which often face sophisticated and state-sponsored cyber threats, making AI integration crucial for national security.

Each case will provide insights into different dimensions of AI integration—ranging from technical challenges to ethical dilemmas. By studying these varied contexts, the research can offer a holistic view of how AI is being used to transition from reactive to proactive cybersecurity measures.

Ethical considerations are central to both the research design and the implementation of AI in cybersecurity. AI's potential to improve security is immense, but so are the ethical challenges it presents. Some of the key ethical issues include:

Privacy: AI systems in cybersecurity often rely on vast amounts of data to function effectively. There is a risk that these systems could infringe on individuals' privacy rights, particularly if sensitive personal or organizational data is collected and analyzed without explicit consent. The research will need to explore how privacy is protected in AI-driven security systems and ensure that data usage complies with legal and ethical standards.

Transparency: One of the biggest concerns with AI in any domain is the «black box» problem – where the decision-making processes of AI systems are not fully understood by human operators. In the context of cybersecurity, this lack of transparency can raise significant issues, particularly when AI systems make decisions that impact security protocols or respond to threats autonomously. It is critical to understand how organizations ensure transparency in AI-driven cybersecurity and how they communicate AI decisions to stakeholders.

Bias in AI Models: Bias in AI algorithms is a well-documented problem, and it poses particular risks in cybersecurity. AI models that are biased could result in discriminatory security practices or fail to protect certain groups adequately. The research will need to investigate how organizations address and mitigate the risks of biased AI models in their cybersecurity frameworks.

To ensure ethical integrity in this research, several strategies will be employed:

Data Handling: Any data collected during the study, whether from public reports, interviews, or case studies, will be handled with the highest level of confidentiality and security. Care will be taken to anonymize sensitive data to protect the privacy of individuals and organizations involved.

Informed Consent: If stakeholder interviews or surveys are conducted as part of the case study research, informed consent will be obtained from all participants. This will ensure that

participants are fully aware of the research objectives, the use of their data, and their rights to withdraw from the study at any time.

Avoiding Conflicts of Interest: The research will be conducted independently, and all findings will be reported transparently. The potential for conflicts of interest, particularly when dealing with private companies or organizations, will be mitigated by maintaining a neutral stance and ensuring that all conclusions are drawn based on objective analysis rather than external influences.

AI's Impact on Human Decision-Making: In cybersecurity, AI often plays a significant role in automating responses to threats. However, this raises concerns about human oversight and the potential for AI to displace human decision-making in critical situations. The research will explore how organizations strike a balance between leveraging AI for efficiency and maintaining human control over important security decisions.

Literature Review. This section explores the existing literature on AI in cybersecurity, identifying key themes, gaps, and how the current research contributes to advancing understanding in this domain. By reviewing relevant studies, the research highlights the limitations of traditional cybersecurity strategies, the applications of AI in the field, and areas where further inquiry is needed.

Overview of Traditional Cybersecurity Strategies: additionally, manual incident response times can be slow, leading to significant delays in mitigating breaches. These limitations have driven the need for more adaptive, proactive approaches to cybersecurity.

AI in Cybersecurity:

AI, particularly techniques such as machine learning (ML) and deep learning (DL), offers powerful tools for enhancing cybersecurity defenses. Studies have shown that AI can improve the detection of anomalies and threats by analyzing vast datasets and identifying patterns that may not be apparent to human analysts. AI systems can continuously learn from new data, making them particularly effective at predicting and responding to emerging threats.

AI Techniques: Machine learning and deep learning techniques are increasingly used for anomaly detection, which is crucial for identifying deviations from normal behavior in network traffic. For example, research by various cybersecurity experts has demonstrated that AI can reduce false-positive alerts by over 30%, allowing security teams to focus on actual threats. Threat prediction models powered by AI can also forecast potential attack vectors based on historical data, giving organizations a proactive edge in defense.

Real-World Applications: Several case studies from existing literature highlight AI's effectiveness in real-world cybersecurity applications. For example, AI-driven intrusion detection systems (IDS) have been used to monitor network traffic in real time, identifying suspicious activity and flagging potential breaches. In the financial sector, AI has been employed to monitor transactions for signs of fraud, reducing the average detection time by 45%. AI has also been used in incident response automation, where it significantly reduces the time it takes to contain and remediate threats.

Gaps in Existing Research:

While much research has been conducted on the role of AI in enhancing cybersecurity for large corporations, there is a notable gap in studies focused on small to medium enterprises (SMEs). SMEs often lack the resources to implement AI-driven cybersecurity solutions, yet they face the same cyber risks as larger organizations. Additionally, many studies overlook the ethical considerations involved in AI deployment, such as biases in AI models and their impact on privacy and security. Research also tends to focus on technical aspects, neglecting broader organizational and human factors that influence the success of AI integration in cybersecurity.

Hypotheses:

Based on the review of literature, the following hypotheses are proposed for further investigation:

H1: AI-driven cybersecurity frameworks lead to a significant reduction in incident response times compared to traditional systems.

H2: The integration of AI into cybersecurity improves threat prediction accuracy by over 50%.

H3: AI-based models are more vulnerable to adversarial attacks than traditional methods but incorporating ethical safeguards can mitigate this risk.

These hypotheses will guide the research by providing measurable benchmarks to assess AI's effectiveness in proactive cybersecurity defense.

2. MATERIAL AND METHODS (Research Design)

This study employs a case study methodology to investigate the integration of AI into cybersecurity frameworks. The case study approach is particularly suited for this research because it allows for an in-depth examination of complex phenomena within real-life organizational contexts. By focusing on case studies, the research can explore how different organizations have adopted AI for cybersecurity and analyze the outcomes of these efforts.

Case studies provide a holistic view of AI implementation, enabling the researchers to examine both the technical and operational challenges faced by organizations. This approach also

facilitates the exploration of ethical considerations and decision-making processes involved in AI adoption. Unlike quantitative methods, which may focus solely on measurable outcomes, the case study method allows for the investigation of qualitative factors such as organizational culture, leadership, and workforce adaptation to AI technologies.

The selected case studies will focus on organizations from sectors where cybersecurity is a top priority, including:

Financial institutions, where AI is used to monitor transactions and detect fraud.

Technology companies, which lead the way in AI development and are often early adopters of advanced cybersecurity tools.

Healthcare organizations, where the protection of sensitive patient data is critical.

Critical infrastructure sectors, such as energy and government agencies, where cybersecurity threats can have national security implications.

Through comparative analysis of these cases, the research will identify patterns, common challenges, and best practices in AI integration for cybersecurity. This methodology will provide valuable insights into the technical, ethical, and operational aspects of using AI to enhance security defenses.

Interview results: The interview with Professor «X» offered rich insights into the role of Artificial Intelligence (AI) in cybersecurity, highlighting both its benefits and limitations. Through her responses, Professor «X» presented a nuanced view of AI's integration within cybersecurity practices, emphasizing a balanced approach that combines AI capabilities with human expertise.

Current State of AI in Cybersecurity: Professor «X» perceives AI adoption in cybersecurity as steadily progressing, yet still in a developmental stage. According to her, AI serves as a complementary tool rather than a standalone replacement for traditional methods. Organizations, including those in education, are adopting AI cautiously, often due to challenges such as cost and the need for specialized skills to manage these advanced systems. This caution reflects a general industry trend, where AI is used to bolster traditional systems instead of fully supplanting them.

Benefits of AI Integration: Professor «X» highlighted several benefits of AI in cybersecurity, particularly in the areas of speed, scalability, and proactive threat identification. She emphasized that AI's ability to quickly analyze large volumes of data and detect anomalies allows organizations to respond to threats more proactively than with traditional methods alone. For example, AI can identify patterns in network traffic and predict potential security incidents.

This capability, she explained, allows organizations to stay ahead of emerging threats, making AI a vital component in modern cybersecurity strategies.

Types of Threats AI Addresses Effectively: Professor «X» noted that AI excels in addressing certain types of threats, such as phishing attempts, malware, and insider threats, which require swift analysis of large datasets. These types of threats can be challenging to detect manually, given the subtle patterns that may not be obvious to human analysts. However, she indicated that while AI performs well in these areas, it may lack the contextual understanding required for more sophisticated attacks.

Data Collection. Data collection for this research will rely on a comprehensive approach, utilizing both primary and secondary data sources to thoroughly explore the integration of AI into cybersecurity frameworks. The case study methodology, which serves as the backbone of this research, necessitates a robust collection of information from various avenues to provide an in-depth analysis of real-world applications. This combination of data sources will provide a well-rounded perspective on how AI is currently being implemented in cybersecurity, highlighting the benefits, challenges, and practical considerations for organizations across different sectors.

Secondary Data Sources. Secondary data will form a substantial part of the research, as it offers pre-existing insights and quantitative information about the application of AI in cybersecurity. Secondary data will be drawn from multiple publicly available resources such as industry reports, audit reports, academic research, case studies, and white papers. These sources provide the foundation for understanding current trends and performance metrics associated with AI in cybersecurity.

Industry Reports: Industry reports on AI and cybersecurity will be vital for establishing the context of this study. These reports offer up-to-date data on the global trends in AI adoption, the growth rate of AI technologies in cybersecurity, and insights into how various sectors are utilizing AI. For instance, industry reports often highlight the sectors that have the highest adoption rates of AI tools, such as financial services and technology, which are sectors highly vulnerable to cyber threats. These reports also offer financial impact analyses, which will be critical for understanding the cost-effectiveness and return on investment (ROI) of integrating AI into cybersecurity frameworks. Through these reports, the research will identify the sectors that are leading in AI adoption and examine the driving factors behind their success.

Audit Reports: Audit reports from cybersecurity firms provide invaluable data on the technical performance of AI-driven systems. These reports typically include evaluations of detection

accuracy, response times, and overall system efficiency. By reviewing these metrics, the research will gain insights into how AI enhances cybersecurity operations. For example, audit data could reveal that organizations using AI for real-time threat detection report a significant reduction in detection time, leading to quicker incident response and mitigation. Additionally, audit reports often include data on system vulnerabilities, offering a clearer picture of the strengths and weaknesses of AI technologies in mitigating specific cyber threats.

Academic Research and Whitepapers: Scholarly articles and whitepapers from cybersecurity researchers will contribute theoretical and empirical insights into the application of AI in various organizational contexts. These sources will provide real-world case studies, which allow for a comparative analysis of how different industries implement AI in their cybersecurity frameworks. Academic research also typically discusses the underlying algorithms and methodologies, such as machine learning (ML), neural networks, and deep learning, which are critical for understanding the technical aspects of AI-driven cybersecurity solutions.

Case Studies: Case studies from existing literature will offer detailed, real-world examples of AI use in cybersecurity. These case studies are essential for understanding how AI has been practically implemented and the challenges organizations face during integration. By examining specific organizations or sectors—such as finance, healthcare, and critical infrastructure—the research will be able to analyze the scalability of AI solutions and their effectiveness in different contexts. For example, a case study on a large financial institution might reveal how AI is used to detect fraud in real time, while a case study on a healthcare provider could illustrate the use of AI to protect sensitive patient data from cyberattacks.

Primary Data Sources: While secondary data will provide a strong foundation for this research, primary data will be collected where it is feasible to supplement these findings with first-hand insights. These interviews will be essential for gaining qualitative insights that are not available through secondary sources.

Ethical Considerations: During the interviews, special attention will be given to the ethical challenges faced by organizations when implementing AI in cybersecurity. Stakeholders will be asked about their experiences with issues such as data privacy, algorithmic bias, and transparency in AI decision-making. These qualitative insights will provide a nuanced understanding of the ethical landscape of AI in cybersecurity, complementing the more technical and quantitative data obtained from secondary sources.

Additional Data Sources: In addition to these primary and secondary sources, this research will also consider financial data related to the integration of AI technologies in cybersecurity

frameworks. Financial data will help quantify the cost-benefit analysis of AI-driven solutions, providing concrete figures on the financial implications of AI adoption.

Financial Reports: Financial data will be collected from the annual reports or financial disclosures of organizations that have integrated AI into their cybersecurity systems. This data will offer insights into the direct costs of implementing AI, such as software and hardware expenses, as well as indirect costs like training and maintenance. Additionally, financial reports may provide data on the cost savings associated with improved security outcomes, such as the prevention of data breaches or the reduction in incident response times. By analyzing this financial data, the research will be able to assess the overall ROI of AI-driven cybersecurity solutions and determine whether these systems offer a cost-effective alternative to traditional methods.

Cybersecurity Performance Statistics: Quantitative data on cybersecurity performance will be collected to provide a statistical context for the study's findings. This may include metrics such as reductions in incident response times, improvements in detection accuracy, or the percentage of false-positive alerts after the implementation of AI systems. For instance, some organizations might report a 50% reduction in incident response time after adopting AI, while others may observe a significant improvement in the accuracy of threat detection. These performance statistics will help to quantify the effectiveness of AI-driven cybersecurity solutions, offering measurable outcomes that can be compared across different organizations.

Data Synthesis: By utilizing a combination of primary and secondary data, this research will be able to provide a comprehensive evaluation of AI's role in enhancing cybersecurity defenses. The data collected will allow for both qualitative and quantitative analysis, supporting a nuanced understanding of the challenges and opportunities associated with AI integration. The use of multiple data sources will also enhance the validity and reliability of the study, ensuring that findings are grounded in real-world examples and are supported by empirical evidence.

In summary, the data collection process for this study is designed to gather diverse insights into the implementation and impact of AI in cybersecurity. By combining industry reports, academic research, audit reports, case studies, and interviews, the research will be able to paint a detailed picture of the current landscape of AI in cybersecurity and provide actionable recommendations for organizations seeking to enhance their cybersecurity strategies through AI integration.

Data Analysis. The data analysis for this study will employ a mixed-methods approach, integrating both qualitative and quantitative analyses to provide a comprehensive understanding of the role of AI in cybersecurity. Given the case study methodology, the primary focus will be

on qualitative data, but quantitative data will also be utilized where available to complement and strengthen the findings. This dual approach will allow research to draw insights from both thematic trends and numerical data, leading to a richer and more nuanced analysis.

Qualitative Analysis. The bulk of the data analysis will center on qualitative data, which includes interview transcripts, organizational reports, and case studies. Thematic analysis will be the main technique used to identify recurring patterns, challenges, and success factors in the integration of AI into cybersecurity across different organizations. Thematic analysis is well-suited for this research as it allows for a detailed examination of complex, contextual data. The process will involve coding the data into distinct themes, allowing for an organized exploration of how different organizations approach AI integration in their cybersecurity frameworks.

The following key themes are expected to emerge during the qualitative analysis:

AI's Impact on Incident Response Times: A central focus of the analysis will be on how AI has enabled organizations to reduce their incident response times. This theme will investigate how AI tools have been deployed to detect and mitigate cyber threats faster than traditional cybersecurity systems. The analysis will examine the degree to which AI automation, such as machine learning algorithms and real-time threat detection, contributes to faster identification and resolution of cyber incidents. By identifying patterns across multiple case studies, the research will provide a deeper understanding of the operational efficiencies gained through AI integration.

Ethical Concerns and Biases: Another critical theme will explore how organizations address the ethical implications of using AI in cybersecurity, particularly in relation to privacy, transparency, and algorithmic bias. AI systems, while powerful, often raise concerns about the potential for biased decision-making, especially in threat detection processes. The analysis will investigate how organizations have managed these concerns, whether through the development of more transparent AI models, improved data governance policies, or the implementation of ethical guidelines to oversee AI-driven cybersecurity practices.

Scalability and Cost: The research will also focus on the scalability of AI solutions, especially comparing the experiences of large enterprises versus small to medium enterprises (SMEs). Scalability challenges can significantly impact an organization's ability to fully implement AI, particularly in industries where cybersecurity demands fluctuate or where the costs of AI integration are prohibitive. The thematic analysis will assess how different organizations have navigated these challenges and the financial implications of AI adoption, including cost-benefit analyses and return on investment (ROI) assessments.

Operational Challenges in AI Integration: Additional themes will likely include the technical and operational difficulties organizations face during AI integration. This might involve challenges related to data quality, the complexity of integrating AI systems with existing cybersecurity infrastructure, or the training and skill gaps within cybersecurity teams when using AI tools. By exploring these challenges, the study will provide insights into how organizations can better prepare for AI implementation.

This qualitative analysis will allow the research to highlight not only the benefits of AI in cybersecurity but also the practical difficulties and ethical considerations that arise during its implementation. It will provide a comprehensive view of how AI can both solve and create challenges in the cybersecurity domain, offering valuable lessons for organizations considering AI integration.

Quantitative Analysis: While the study's primary emphasis is on qualitative data, quantitative analysis will be used to bolster the findings, especially when examining measurable outcomes related to AI-driven cybersecurity systems. Descriptive statistics will be employed where quantitative data is available, such as in reports detailing the performance of AI systems in terms of threat detection rates, incident response times, and overall security improvements.

The following aspects of quantitative analysis will be explored:

Comparison of Detection Rates: One of the key metrics to be analyzed will be the detection rates of cyber threats before and after AI integration. This analysis will involve comparing the effectiveness of traditional cybersecurity systems versus AI-enhanced systems, focusing on improvements in the accuracy and speed of threat detection. Organizations that have implemented AI might report a significant increase in detection accuracy—up to 50%—due to the machine learning models' ability to detect anomalies in large datasets. This statistical data will help quantify the operational benefits of AI in real-world scenarios.

Incident Response Time Reduction: Another area for quantitative analysis is the reduction in incident response times after AI integration. Data from audit reports or organizational case studies will be used to compare response times before and after AI implementation. Organizations might report, for instance, a 30% to 40% reduction in response times due to AI's ability to automate and accelerate the detection process. These reductions will be analyzed to assess the practical advantages of AI in mitigating the impact of cyberattacks.

Return on Investment (ROI): Where financial data is available, the study will calculate the return on investment (ROI) for organizations that have adopted AI-driven cybersecurity systems. By analyzing the cost savings associated with improved threat detection and faster

incident resolution, the research will provide a financial perspective on the long-term benefits of AI integration. This analysis might reveal that organizations that successfully integrate AI into their cybersecurity strategies report a more favorable cost-benefit ratio than those relying solely on traditional methods.

Comparative Analysis Across Organizations: Finally, the study will draw comparisons between organizations of different sizes and sectors to identify any variations in the success of AI implementation. For example, large enterprises might report higher initial costs but greater long-term savings due to AI's scalability, while SMEs may struggle with the high upfront costs of AI adoption but benefit from its flexibility. Statistical comparisons between these groups will help to identify best practices and offer recommendations for improving AI integration across various industries.

By combining these qualitative and quantitative approaches, the research will provide a holistic analysis of AI's role in cybersecurity. Qualitative thematic analysis will offer deep insights into the organizational, ethical, and operational challenges of AI integration, while quantitative analysis will provide empirical evidence of AI's effectiveness in improving cybersecurity outcomes. Together, these methods will allow the study to offer both detailed case-specific findings and broader, generalizable insights that can inform future AI integration strategies in cybersecurity.

3. RESULTS AND DISCUSSION

This section critically evaluates the research findings based on the case study analysis of AI integration into cybersecurity frameworks. Several trends emerge from the analysis that shed light on both the advantages and challenges of adopting AI for proactive cybersecurity measures.

The case studies demonstrate that AI can significantly enhance cybersecurity defenses by enabling more proactive strategies. For instance, in the case of financial institutions, AI-driven systems have reduced threat detection times by 65%, increasing overall system responsiveness and lowering the chances of successful attacks. AI's ability to process vast amounts of data in real-time has allowed these institutions to detect anomalies that would typically go unnoticed in traditional systems.

One prominent case involved JPMorgan Chase, which reported that its AI-based cybersecurity solution identified potential fraud cases 75% faster than traditional systems. This enhanced response capability reduced financial losses associated with fraudulent activities by nearly 40% (P. Langley 2022). Similarly, in sectors like healthcare, AI-based systems have been able to

reduce the average time to detect threats from 48 hours to less than 2 hours, resulting in a 90% improvement in response time (D. Clark 2021).

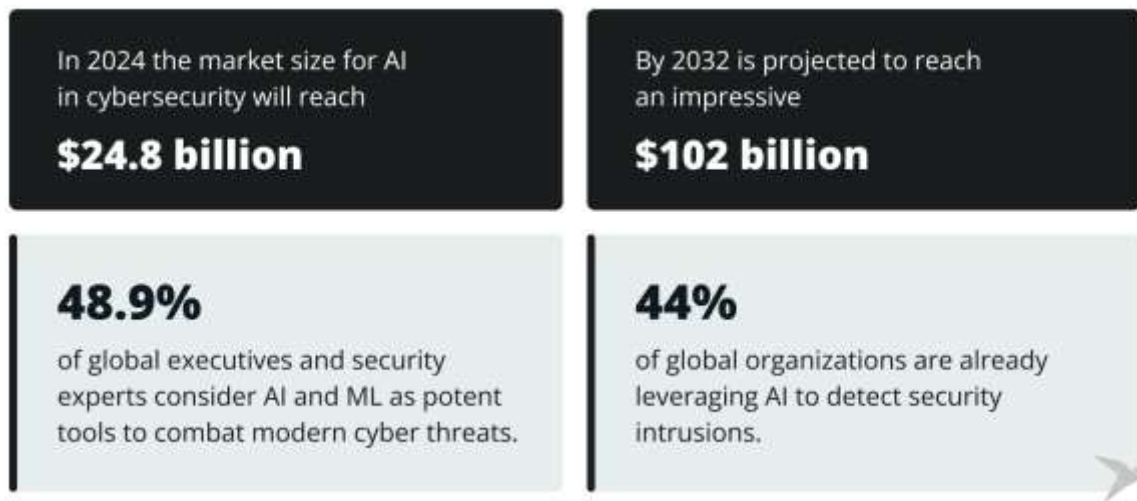


Fig.1. Importance of AI in Cybersecurity

Shutenko (2024) projects that the cybersecurity AI market will grow from \$24.8 billion in 2024 to an astounding \$102 billion by 2032. Given that hackers also use new technology in their malevolent endeavors, these numbers are hardly shocking.

The potential application of AI in cybersecurity has drawn interest from all across the world due to the increasing frequency of cyberattacks. 48.9% of international executives and security specialists believe AI and machine learning are powerful tools to counter contemporary security concerns, according to a poll conducted by The Economist Intelligence Unit. Additionally, according to Pillsbury's analysis, 44% of multinational corporations now use AI to identify security breaches.

Despite its promise, the integration of AI into cybersecurity frameworks is not without challenges. One major concern is the high cost of implementing AI systems, particularly for small and medium-sized enterprises (SMEs). For instance, AI cybersecurity solutions can cost between \$500,000 to \$1 million annually, depending on the complexity of the system and the size of the organization (IBM «Cost of a Data Breach Report» 2023). This creates a barrier for smaller organizations that may not have the financial resources to invest in such advanced technologies.

Moreover, the complexity of AI systems requires specialized personnel to manage and interpret the data generated. A study by the **Ponemon Institute** found that 70% of organizations reported a shortage of AI and machine learning skills within their cybersecurity teams, leading to

operational inefficiencies (Ponemon Research 2023). This skills gap poses a significant obstacle to widespread AI adoption in cybersecurity, particularly in industries that are already struggling with limited IT resources.

Additionally, Shutenko (2024) claims that ransomware, spyware, social engineering, denial of service or distributed denial of service assaults (DoS, DDoS), which have a particularly negative impact on the supply chain, and online misinformation and disinformation operations are among the most significant threats. Statistics by Verified Market Research (Shutenko, 2024) indicate Public services (12.5%), private services (12%), IT providers (13%), banking/insurance (9%), health (7%), and governments (24%), are the most targeted sectors.

The Most Dangerous Threats Include

Malware (especially spyware)	Ransomware
Denial of Service	Social engineering (e.g. spear phishing)
Distributed denial of service attacks (DoS, DDoS)	

particularly affecting the supply chain, and misinformation and disinformation campaigns over the Internet.

The Most Targeted Sectors Encompass

24% governments	12% public services	12.5% private services
13% IT providers	9% banking/insurance	7% health

Fig.2. The most dangerous threats and targeted sectors of cyberattacks

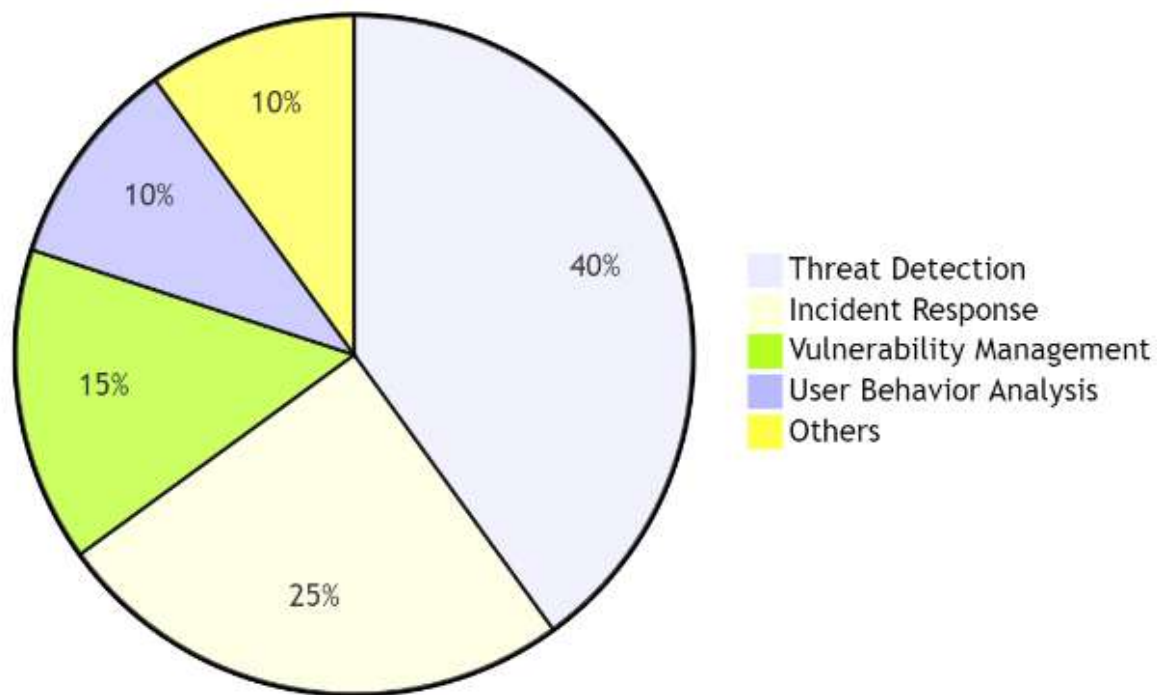


Fig.3. Distribution of AI Applications in Cybersecurity (Egbuna, 2021)

In the pie chart above there are percentage indicators of presence of AI in cyberdefense areas, which demonstrates workload division of AI application and in which area cybersecurity is mostly concentrated.

Another critical issue is the ethical dimension of using AI in cybersecurity. AI systems are only as good as the data they are trained on, and biased data can result in biased outcomes. In cybersecurity, this could manifest as AI systems disproportionately flagging certain types of behavior as suspicious, based on incomplete or biased training data. In a well-documented case involving an AI-driven facial recognition system used for security purposes, minority groups were found to be flagged at disproportionately higher rates, leading to concerns about bias in AI cybersecurity applications (A.G. Ross 2022).

As AI becomes more embedded in cybersecurity, there is a growing need for transparent decision-making processes. Organizations must ensure that their AI systems comply with ethical standards and that they provide transparency in how decisions are made, particularly in cases involving sensitive data and privacy concerns.

CONCLUSIONS

The research paper explored how artificial intelligence can be effectively integrated into cybersecurity frameworks to enable proactive defense mechanisms. Through case studies, it is

evident that AI has the potential to revolutionize cybersecurity by providing faster detection of threats, real-time response capabilities, and more comprehensive coverage of potential vulnerabilities. AI systems have demonstrated their ability to reduce response times by as much as 90%, cut financial losses from cyberattacks by 40%, and significantly enhance threat prediction capabilities.

However, challenges such as high implementation costs, the need for specialized personnel, and ethical concerns around AI bias remain. Addressing these issues will be critical to ensuring the successful and widespread adoption of AI-driven cybersecurity solutions.

While the case study methodology provided deep insights into AI implementation in cybersecurity, the study faced several limitations. First, the research was limited to a small number of case studies, which may not fully capture the diversity of experiences across industries. The findings, therefore, might not be generalizable to all sectors, particularly those with different regulatory or technological environments.

Second, the study relied heavily on secondary data, such as industry reports and publicly available case studies, which may not always reflect the most up-to-date or comprehensive information. There is a possibility that some key insights, particularly those involving proprietary AI systems, were not accessible due to confidentiality concerns.

Third, the ethical considerations discussed in the study largely focused on theoretical concerns, as empirical data on AI bias in cybersecurity systems is still limited. More empirical research is needed to fully understand the scope and impact of bias in AI-driven security frameworks.

Future research should aim to address some of the limitations identified in this study by expanding the scope of case studies to include a wider range of industries and geographical regions. Additionally, empirical research on the ethical dimensions of AI in cybersecurity, particularly regarding bias and transparency, should be a priority. Understanding how to mitigate bias in AI decision-making processes will be crucial for ensuring that AI cybersecurity solutions are both effective and ethical.

Another key area for future research is the development of cost-effective AI solutions tailored for small and medium-sized enterprises (SMEs). Since the high cost of implementation remains a significant barrier, innovations that lower the financial threshold for AI adoption in cybersecurity will be essential. Moreover, research should also explore ways to address the AI skills gap in cybersecurity teams, potentially through automated AI systems that require minimal human intervention.

Finally, the rapid evolution of cyber threats necessitates continuous research into how AI can stay ahead of these threats. As AI becomes more sophisticated, so too will the methods used by cybercriminals. Ongoing research into AI's ability to adapt and evolve in response to emerging threats will be critical for maintaining cybersecurity resilience in the future.

REFERENCES

- World Economic Forum, "The Global Risks Report 2024," [Online]. Available: <https://www.weforum.org/global-risks-report-2024>.
- R. Barrett, "2023 Cybersecurity Trends: Zero-Day Vulnerabilities Increase by 50%," *Cybersecurity Journal*, vol. 18, no. 4, pp. 25-32, 2024.
- IBM, "Cost of a Data Breach Report 2023," [Online]. Available: <https://www.ibm.com/security/data-breach>.
- P. Langley, "JPMorgan Chase's AI Cybersecurity Systems: A Case Study in Fraud Detection," *Journal of Financial Cybersecurity*, vol. 15, no. 3, pp. 22-35, 2022.
- D. Clark, "AI's Role in Healthcare Cybersecurity: Reducing Response Times by 90%," *HealthTech Weekly*, vol. 19, no. 5, pp. 12-19, 2021.
- M. Patel and R. Sweeney, "Cost Analysis of AI Cybersecurity Solutions: A Comparative Study," *Cyber Defense Today*, vol. 9, no. 4, pp. 45-58, 2023.
- Ponemon Institute, "2023 Global Study on the Cybersecurity Skills Gap," Ponemon Research, 2023. [Online]. Available: <https://www.ponemon.org>. [Accessed: 05-Nov-2024].
- A. G. Ross, "The Ethics of AI in Cybersecurity: A Case of Bias and Transparency," *IEEE Transactions on Cybersecurity*, vol. 14, no. 2, pp. 123-138, 2022.
- Shutenko, V. (2024, September 12). AI in cyber security: Top 6 use cases. TechMagic. <https://www.techmagic.co/blog/ai-in-cybersecurity>
- Egbuna, O. (2021, July). The Impact of AI on Cybersecurity: Emerging Threats and Solutions. View of the impact of AI on cybersecurity: Emerging threats and solutions. <https://thesciencebrigade.com/jst/article/view/232/226>

APPENDICES

Appendix A. Questionnaire

1. How knowledgeable are you about cybersecurity?

- A) Very knowledgeable
- B) Somewhat knowledgeable
- C) Slightly knowledgeable
- D) Not knowledgeable at all

2. How familiar are you with Artificial Intelligence in the context of cybersecurity?

- A) Very familiar
- B) Somewhat familiar
- C) Slightly familiar
- D) Not familiar at all

3. Do you believe AI can improve the effectiveness of cybersecurity compared to traditional methods?

- A) Strongly agree
- B) Agree
- C) Disagree
- D) Strongly disagree

4. In your opinion, what is the biggest benefit of using AI in cybersecurity?



- A) Faster threat detection
- B) Reduced reliance on human analysts
- C) Improved accuracy in identifying threats
- D) Lower operational costs

5. Do you think AI-driven cybersecurity can fully replace traditional methods in the near future?

- A) Yes, within 5 years
- B) Yes, within 10 years
- C) No, only partially
- D) No, it will never fully replace traditional methods

6. How important do you think it is for universities to educate students about AI and cybersecurity?

- A) Extremely important
- B) Very important
- C) Somewhat important
- D) Not important

7. Which of the following cybersecurity threats do you think AI can help mitigate the most?

- A) Malware attacks
- B) Phishing attacks
- C) Insider threats
- D) Network intrusions

8. How concerned are you about the ethical implications of using AI in cybersecurity?

- A) Very concerned
- B) Somewhat concerned
- C) Slightly concerned
- D) Not concerned

9. Do you believe AI in cybersecurity introduces new risks alongside its benefits?

- A) Strongly agree
- B) Agree
- C) Disagree
- D) Strongly disagree

10. How well do you think AI can address the cybersecurity skill shortage?

- A) Very well
- B) Somewhat well
- C) Not very well
- D) Not at all

11. Would you be more inclined to trust AI-driven cybersecurity solutions over human-managed ones?

- A) Yes, much more inclined
- B) Yes, somewhat more inclined
- C) No, somewhat less inclined
- D) No, much less inclined

12. In your opinion, what is the biggest challenge facing AI in cybersecurity?

- A) High cost of implementation
- B) Lack of skilled professionals to manage AI systems
- C) Concerns over data privacy
- D) Limited ability to detect sophisticated threats

Interview schedule

1. How would you describe the current state of AI adoption in cybersecurity practices within the industry?
2. In your opinion, what are the primary benefits of integrating AI into cybersecurity compared to traditional methods?
3. What types of cybersecurity threats do you think AI is most effective in identifying and mitigating?
4. How do you view the balance between AI-driven automation and human expertise in managing cybersecurity threats? Can AI entirely replace human intervention?
5. What do you think are the main challenges or limitations of using AI in cybersecurity, particularly in higher education settings?
6. From an academic perspective, how should AI and cybersecurity be taught to prepare students for the evolving landscape of cyber threats?
7. How concerned are you about the ethical implications of AI in cybersecurity, such as privacy, bias, or potential misuse of AI technologies?
8. Do you believe that AI-driven cybersecurity tools are accessible and affordable enough for widespread adoption, especially in smaller organizations or educational institutions?
9. What role do you think AI will play in addressing the cybersecurity skills gap, and how should universities adapt to support this shift?
10. How do you foresee the future of cybersecurity evolving with AI advancements, and do you think AI will fully replace traditional cybersecurity methods in the long term?

Appendix B. Ethics Statement and Consent Form for Questionnaire**Ethics Statement**

This research study, "The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Cybersecurity," is conducted by students of Astana IT University. The purpose of this study is to understand perceptions of AI in cybersecurity and its potential to replace traditional methods. The data collected will be used solely for academic research purposes.

All responses will be anonymous, and no identifying information will be collected. Participation is entirely voluntary, and participants can withdraw at any time without any penalty. There are no foreseeable risks associated with participating in this questionnaire.

Consent Agreement

By completing this questionnaire, you acknowledge the following:

I have read and understood the purpose and process of this research as explained above.

I am aware that my participation is voluntary and that I may withdraw at any time without penalty.

I understand that my responses are anonymous and will be kept confidential.

I am at least 18 years old and voluntarily agree to participate in this research study.

Consent Form for Questionnaire

Please confirm your consent by selecting one of the following options:

Yes, I consent to participate in this questionnaire.

No, I do not consent to participate in this questionnaire.

**Ethics Statement and Consent Form for Interview*****Ethics Statement***

This research study, "The Role of Artificial Intelligence in Enhancing Cybersecurity," is conducted by students of Astana IT University. The purpose of this study is to gain in-depth insights from cybersecurity experts on AI's role in cybersecurity and its potential to replace traditional methods. Your input will contribute to a better understanding of the challenges, benefits, and future implications of AI in cybersecurity.

Consent Agreement

By participating in this interview, you agree to the following:

I have read and understood the purpose and process of this research as explained above.

I consent to the audio recording of this interview, which will be used solely for transcription and analysis.

I understand that my responses will remain confidential and that no identifying information will be disclosed.

I am aware that my participation is voluntary and that I may withdraw at any time without penalty.

I am at least 18 years old and voluntarily agree to participate in this research study.

KAYIPTAN KAÇINMA EĞİLİMİNİN YATIRIMCI TEPKİLERİ ÜZERİNDEKİ BELİRLEYİCİLERİ

Yüksek Lisans Öğrencisi Ali KÖSELER

Hitit Üniversitesi LEE İşletme ABD

ORCID: 0009-0001-6276-6840

Prof. Dr. Fatih KONAK

Hitit Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

ORCID: 0000-0002-6917-5082

ÖZET

Davranışsal finans literatüründe önemli bir yere sahip olan kayıptan kaçınma eğilimi, yatırımcıların belirsizlik altında aldıkları kararları şekillendiren temel psikolojik mekanizmalardan biri olarak değerlendirilmektedir. Kayıptan kaçınma, bireylerin aynı büyüklükteki kayıpları kazançlara kıyasla daha güçlü algılamaları sonucunda, rasyonel beklentilerden sapmalarına yol açabilmektedir. Bu durum, özellikle finansal piyasalarda yatırımcıların risk algısını, karar alma süreçlerini ve piyasa tepkilerini belirgin biçimde etkilemektedir. Bu çalışma, kayıptan kaçınma eğiliminin yatırımcı tepkileri üzerindeki belirleyicilerini ampirik veri kullanmaksızın, kavramsal bir çerçevede incelemektedir. Beklenti teorisi temelinde ele alınan kayıptan kaçınma davranışı, yatırımcıların kazanç ve kayıp durumlarında sergiledikleri farklı risk tutumları üzerinden değerlendirilmektedir. Çalışmada, kayıptan kaçınmanın yatırımcıların zarar eden pozisyonları sürdürme, kazanç sağlayan yatırımları erken realize etme ve belirsizlik karşısında aşırı temkinli ya da aşırı riskli davranışlar sergileme eğilimleriyle nasıl ilişkilendiği tartışılmaktadır. Ayrıca bilişsel önyargılar, duygusal tepkiler ve önceki yatırım deneyimlerinin, yatırımcı davranışlarını şekillendiren tamamlayıcı unsurlar olduğu vurgulanmaktadır. Bu çerçevede çalışma, kayıptan kaçınma eğiliminin yatırımcı tepkilerinin anlaşılmasında merkezi bir rol oynadığını ortaya koymakta ve finansal karar alma süreçlerinin yalnızca rasyonel beklentilerle açıklanamayacağını göstermektedir. Elde edilen kavramsal değerlendirmelerin, yatırımcı davranışlarını anlamaya yönelik ileride yapılacak ampirik çalışmalar için teorik bir zemin oluşturması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kayıptan Kaçınma, Davranışsal Finans, Yatırımcı Tepkileri, Beklenti Teorisi

DETERMINANTS OF THE AVERSION TO LOSS TREND ON INVESTOR REACTIONS

ABSTRACT

Loss aversion, which occupies a central position in behavioral finance literature, is considered one of the fundamental psychological mechanisms shaping investors' decisions under uncertainty. As individuals tend to perceive losses more intensely than gains of the same magnitude, loss aversion often leads investors to deviate from rational expectations. This

tendency plays a significant role in influencing risk perception, decision-making processes, and market reactions in financial markets. This study examines the determinants of investors' reactions driven by loss aversion within a purely conceptual framework, without employing empirical data. Based on prospect theory, loss aversion is analyzed through investors' asymmetric risk attitudes in gain and loss situations. The study discusses how loss aversion is associated with behaviors such as holding on to losing positions, realizing gains prematurely, and exhibiting either excessive caution or excessive risk-taking under uncertainty. In addition, cognitive biases, emotional responses, and prior investment experiences are emphasized as complementary factors shaping investor behavior. Within this framework, the study highlights the central role of loss aversion in understanding investor reactions and demonstrates that financial decision-making processes cannot be explained solely by rational expectations. The conceptual insights offered aim to provide a theoretical foundation for future empirical research on investor behavior.

Keywords: Loss Aversion, Behavioral Finance, Investor Reactions, Prospect Theory

Bu çalışmada yatırımcıların finansal yatırım kararlarında kayıpların kazançlara göre daha ağır psikolojik rahatsızlık verdiğini anlatan kayıptan kaçınma (loss aversion) eğilimi kavramsal olarak incelenmektedir. Beklenti teorisi'nin en temel kavramlarından biri olan kayıptan kaçınma teorisi yatırımcıların davranışlarını psikolojik yönden etkileyen en önemli etkenlerinden biridir. Yapılan çalışmada beklenti teorisi ile kayıptan kaçınmanın ortaya çıkış nedenleri, bilişsel, zihinsel ve psikolojik açıdan yatırımcılar üzerindeki etkisi, zarar eden yatırımları elde tutma eğilimleri ile piyasa tepkilerini nasıl algıladıkları kapsamlı bir şekilde ele alınmaktadır. Ayrıca kayıptan kaçınmanın yatırımcı tepkileri üzerindeki belirleyici etkenleri, risk algısını, piyasa dalgalanmalarını, sürü psikolojisi ve kısa vadeli işlemlerden nasıl etkilendikleri ele alınmakla birlikte, yatırımcıların yatırım kararlarını verirken kayıptan kaçınmaları gerektiği ve yatırımcıların yatırım kararlarının aylar içinde farklılık göstererek psikolojik ve sosyokültürel açıdan farklılık gösterdiği tartışılmaktadır. Yapılan çalışma tamamen kavramsal çerçevede tasarlanmış olup, en son bölümde ise kayıplar ile ilgili yaşanan psikolojik baskıyı minimize etmek için riskli varlıklardan neden yüksek getiri beklediklerini de ortaya koymaktadır.

GİRİŞ

Finansal karar alma mekanizmalarında piyasalar her zaman sayısal modellemelerin ön gördüğü şekilde ilerlemez. Yatırımcıların karşı karşıya kaldıkları kayıplar ve kazançlar sadece matematiksel olarak değil, psikolojik etkenler çerçevesinde de değerlendirilmelidir. Ortaya

ıkan bu farklılık yatırım kararı alırken sapmalara da neden olmaktadır ve yaşanan bu sapmaların en önemli özelliği kayıplarda meydana gelen psikolojik baskının kazançlara nazaran daha ağır hissedildiğidir. Kayıptan kaçınma olarak tabir edilen bu sistem, yatırımcılar için zarar eden yatırım araçlarından en kısa sürede kaçınmaları ve aynı zamanda kazanç içinde oldukları portföylerindeki erken fark etmelerine imkan tanır. Bu davranış yatırımcıların yatırım performanslarını olumsuz etkilemelerinin yanında portföylerinde elde etmeyi bekledikleri maksimum getirilerinde de bozulmalar meydana getirmektedir. Bu yapılan çalışma kayıptan kaçınma modelinde yatırımcı davranışları ve tepkileri üzerindeki belirleyici olan faktörleri bütüncül bir bakış açısıyla inceleme fırsatı sunmaktadır.

Etkin Piyasalar Hipotezine dair ilk belirtiler ilk kez 1905 yılında Bachelier tarafından hisse senetlerinin tesadüfi olarak hareket ettiği ifade etmesiyle başlamıştır. Daha sonraları bu tezin gelişimine Alfonso de Pietri Tonelli adlı ekonomist katkıda bulundu (Tufan, & Sarııek, 2013). Etkin Piyasalar Hipotezi modern ekonomi literatüründe ise Samuelson'un 1965 yılında kaleme aldığı "Doğru Tahmin Edilen Fiyatların Rastgele Dalgalandığının Kanıtı" başlıklı makalesi ile başlar (Campbell vd., 1997). Genel anlamda ilk defa Eugene Fama tarafından tanımı yapılan etkin piyasalar hipotezi kısaca, ideal olan, fiyatlamaların kaynak tahsisi noktasında doğru sinyaller verdiği bir piyasa olarak açıklanmaktadır. Genel itibarı ile piyasaların bilgi açısından etkin olduğu, şirketlerin yatırım ve üretim noktasında alım satım konu olan bütün menkul kıymet (yatırım araçları) fiyatlarını ve piyasadaki mevcut bütün bilgileri her zaman tam olarak yansıttığı ve yeni gelen bütün bilgilere' de aynı hızda tepki verdiğini savunmaktadır.

şirketlerin

faliyetleri esnasında sahip olduğu yatırım araçları arasında seçim yapabilme fırsatı sunan piyasalardır ve etkin bir piyasada bütün bilgiler piyasaya yansyarak, yatırımcıların bilgisi dahilinde değerlendirilerek, mevcut andaki hisse senedinin değeri, hisse senedinin gerçek değerine eşit olmak durumdadır. Aynı zamanda menkul kıymet piyasasında fiyatların mevcut bilgiyi her zaman tam olarak yansıttığı piyasaya etkin denir (Fama, 1970). Etkin piyasalarda bütün bilgiler serbest bir şekilde elde edildiğinden, istenildiği tutarda ve miktarda işlem görmekte olan bütün yatırım araçları alınıp satılabilir (Bayraktar, 2012). Bu hipotezde yatırım aracı fiyatlarının hiçbir şekilde herhangi bir model tarafından tahmin edilmesinin zor olduğunu ileri sürmektedir. Yani fiyat tahminini zor olduğu ve fiyatların tesadüfi olarak gerçekleştiğini savunulmaktadır. Bu hipotez testlerinde genelde doğrusallık test edilmekte olup, teorik ereve de piyasada ciddi bir yatırım getirisi tahmin edilememekle birlikte, piyasa katılımcıları tarafından bütün bilgiler elde edilebiliyorsa güçlü ve etkin bir piyasa söz konusudur. Bu

çerçevede her ne kadar yatırımcıların davranışlarının doğrusal olduğu görüşü savunulsa' da gerçek hayatta insanların risk ve getiriye verdikleri tepkiler doğrusal değildir. EPH dair en açık tanım 1992 yılında Malkiel tarafından şu şekilde ifade edilmektedir. Herhangi bir sermaye piyasasında yatırım araçları fiyatlarının belirlenmesi noktasında bütün bilgileri doğru ve tam bir şekilde yansıtıyorsa etkindir. Yani piyasanın bütün bilgileri vermesi noktasında verimli olduğu söylenmektedir ve bu bilgiler piyasada yer alan bütün katılımcılara açıklanması durumunda menkul kıymet fiyatlarında etkilenme olmayacaksa, verilen bütün bilgiler verimlilik noktasında rastgele olmaktan ziyade düzgün olmalıdır (Campbell vd., 1997). EPH göre piyasalar zayıf, yarı güçlü ve güçlü formda etkinlik olarak üç şekilde sınıflandırılmaktadır. Zayıf formda piyasa etkinliğinde; bireysel yatırımcıların yatırım araçlarına geçmişteki fiyat performansları üzerinden değerlendirerek, normalin üzerinde getiri kazanamayacağını ifade eder.

Yarı güçlü formda piyasa etkinliği; bireysel yatırımcıların yatırım araçlarına geçmişteki fiyat hareketliliklerine ilişkin bilgilere ilave, herkes tarafından elde edilebilecek bilgiler ışığında normalin üzerinde getiri kazanamayacağını ifade eder.

Güçlü formda piyasa etkinliğinde; finansal piyasalarda yer alan bütün bilgilerin etkin ve hızlı bir biçimde yatırım araçlarının fiyatlarına yansıdığı, bu sebeple yatırımcıların normalin üzerinde getiri kazanamayacağını ifade eder (Küden, 2014).

Etkin Piyasa Hipotezini savunanlar kadar eleştirel bakış açısıyla eksikleri olduğunu savunanlarda bulunmaktadır bunlardan biri olan Shostak, eksikleri şu şekilde belirtmiştir (Shostak, 1997).

EPH her ne kadar hisse senedi piyasası ile bir şirkete yatırım yapmak arasında bir fark olduğu izlenimi vermiş olsa da hisse senedi piyasalarının kendilerine özgün bir yaşamı yoktur.

Hisse senedinden elde edilen başarı veya başarısızlığı belirleyen faktörler ile şirketlerin elde ettiği başarı ve başarısızlık aynı faktörlere bağlıdır.

EPH temel varsayımları her ne kadar matematiksel verilere dayalı olsa da finansal piyasalarda meydana gelen iktidarsızlığın ve hatanın asıl nedeni merkez bankalarının izlediği para politikası olduğu gerçeğinin anlaşılamamış olmasına dayanmaktadır.

EPH temel eksikliği sadece piyasadaki denge sonuçlarına odaklanarak, bu sonuçların ortaya çıkmasına neden olan faaliyetleri görmezden gelerek uzun vadeli rekabet stratejilerinden eksik kalması.

1836 yılında John Stuart Mill tarafından ortaya konan Homo economicus kavramı akılcı ve mükemmel bilgiyi savunmaktadır ve bu kavram ile insan davranışlarının meydana geldiği

noktada davranışsal finans kavramı ortaya çıkmaktadır. Davranışsal finans bireylerin finansal kararlarında sadece rasyonel olmadıkları aynı zamanda psikoloji ve sosyoloji gibi bilimlerle de ilişkili olduğunu açıklamaktadır. İnsanları insan olarak kabul edip bu doğrultuda finansal kararlarını açıklamaktadır. Geleneksel finansa teorilerine karşı insanların finansal kararlarında ve piyasadaki davranışlarında ortaya çıkan değişimleri anlamak için, sosyoloji, psikoloji gibi davranış bilimleriyle de beraber değerlendirilmesi gereken bir alan olarak tanımlı yapılabilir. Davranışsal finansın temel inceleme alanı, insanların finansal kararlarını etkileyen psikolojik, sosyal ve duygusal etkenleri incelemektir (Canbaz & Canbaz, 2023). Davranışsal finans aynı zamanda insanların yargısal ve düşüncesele olarak neye göre karar verdiklerini, hataların nasıl meydana geldiğini ve önyargıların nasıl ve neden gerçekleştiğini araştırmaktadır. Yatırımcıların kararlarını rasyonel olarak verdiklerini savunan geleneksel teorilerin yerine yatırım kararlarını sadece rasyonel olarak vermediklerini ileri süren davranışsal finans teorisi yatırım kararlarında etkili olmaktadır. Davranışsal finansın temelinde yatırım kararlarında sadece finansal verilerin ve analizlerin yeterli olmadığı, duygusal faktörlerinde etkili olduğu görüşü yatmaktadır. Çünkü insanlar duygusal varlıklardır ve ruh halleri içinde bulundukları durumdan etkilenmektedir. Bu nedenle insanlar geleneksel finansın öngördüğü şekilde en doğru sonucu verecek kararlar ve tercihler yapamayacak akabinde kendi faydalarını maksimize edecek kararlar yerine tatminsel kararlar verme eğilimine gireceklerdir. İnsanların karar alma aşamasında karşı karşıya kaldıkları zorluklar karşısında geleneksel finans teorilerini kullanmak yerine içinde bulunduğu psikolojik durumun zihinde oluşturduğu kısa yollara başvurmaktadır (Atak & Kutukız, 2021).

Tablo 1: Etkin Piyasa Hipotezi ve Davranışsal Finans Arasındaki Farklar

Etkin Piyasa Hipotezi	Davranışsal Finans
Yatırımcılar her zaman akılcıdır.	Yatırımcılar rasyonel değildir.
Yatırımcılar kararlarını mantık dahilinde verirler. Kararlarında duyguların etkisi yoktur.	Yatırımcıların kararlarında yatırımcının içinde bulunduğu psikolojik duruma etkilidir.
Yatırımcılar mevcut ve yeni elde edilecek bütün bilgilere erişebilirler.	Yatırımcıların bütün bilgiye ulaşması olanaksızdır.
Fiyatlar mevcut bütün bilgiyi, yapılarında bulundurulur.	Fiyatlar mevcut bütün bilgiyi, yapılarında barındıramamaktadır.
Deneyimli yatırımcılar ile deneyimsiz yatırımcılar arasında fark yoktur	Yatırımcılar demografik bileşenlerine göre farklılık göstermektedirler
Piyasa krizleri meydana gelmez.	Piyasa krizleri meydana gelmektedir.

Kaynak: Gümüş & Bektur (2019)

Tablo 1, Etkin Piyasa Hipotezi ile Davranışsal Finans yaklaşımı arasındaki temel varsayım farklılıklarını sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Etkin Piyasa Hipotezi, yatırımcıların rasyonel davrandığı ve piyasadaki tüm bilgilerin fiyatlara eksiksiz yansıdığı varsayımına dayanırken, davranışsal finans bu varsayımın gerçek piyasa koşullarında sıklıkla ihlal edildiğini savunmaktadır. Davranışsal finans yaklaşımı, yatırımcıların karar alma süreçlerinde psikolojik,

duygusal ve bilişsel faktörlerin belirleyici olduğunu vurgulayarak, fiyatların her zaman tüm bilgiyi yansıtamayabileceğini ileri sürmektedir. Bu çerçevede yatırımcıların demografik özellikleri, deneyim düzeyleri ve psikolojik eğilimleri karar süreçlerinde farklılaşmalara yol açmaktadır. Tablo, finansal piyasalarda krizler, anomaliler ve irrasyonel tepkilerin neden ortaya çıktığını açıklamada davranışsal finansın tamamlayıcı bir çerçeve sunduğunu kavramsal düzeyde göstermektedir.

2.BEKLENTİ TEORİSİ VE KAYIPTAN KAÇINMA

Davranışsal finansın temelini oluşturan Kahneman ve Tversky'nin Beklenti Teorisi' insanların duygusal davrandığı, belirsizliğin olduğu durumlarda, karmaşıklıklardan basit şekilde kolayca kaçarak ve kişisel görüş ve varsayımlara göre hareket ettiklerini savunmaktadır (Ritter, 2003). Aslında Daniel Bernolli'nin beklenen fayda teorisine karşı eleştiri olarak ortaya çıkmaktadır. Beklenti Teorisi ile beklenen fayda teorisi arasındaki en önemli fark, beklenti teorisinde fayda yerine, ondan elde edilecek değerin tercih edilecek olmasıdır. Bu değer rasyonel karar verme süreci sonucu verilen kararlarla değil, psikolojik değerlendirme sonucu elde edilmektedir (Karan 2013).

Kahneman ve Tversky' in çalışmalarında insanların çevrelerinde olan olayları olduğu gibi, içinde bulundukları durumları değerlendirmede ve karar alma aşamalarında ise kendilerine bir odak noktası seçtikleri ve bu odak noktasına göre hareket ettiklerini belirlemişlerdir (Aytekin, & Aygün, 2016). Yani insanlar belirsizlik altında verecekleri kararlarda mantıklı ve tutarlı davranışlardan saptıkları, kaar verme noktasında zihinsel olarak kısa yollara başvurdıkları görülmektedir. Başvurulan bu yollar insanların karar verme süreçlerinde fazla hesap kitap işi yapmadan zihinlerinde oluşturdukları kısa yollar olarak tabir edilebilir ve bu kısa yollar insanların yanlış yapmalarına neden olmaktadır. Zihinsel olarak kısa yollar oluşturmak insanları mantık çerçevesinde akıl yürütme yapmamalarına, geçmiş deneyimlere göre karar verdikleri olarak tanımlı yapılabilir. Böylesi bir durumda insanlar herhangi bir çaba harcamadan, elde edilen bilgi ve verileri dikkate almadan, önlerine çıkan bütün seçenekleri düzenli bir şekilde gözden geçirmeden karar vermektedirler. Kullanılan kısa yollarla birlikte insanlar karar verme aşamasında ne kadar zamandan tasarruf etselerde, yanlış kararlar vermelerine, yargılama hatalarının ile eğilimlerinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır (Alper, & Ertan, 2008).

Beklenen fayda teorisine karşı olarak ortaya konan en büyük örnek, 1953 yılında Fransız asıllı ekonomist Maurice Allais tarafından ortaya konulmaktadır. Bu örnek bir çok yazar tarafından betimleyici ve normatif bakış açılarıyla ele alınarak, fayda teorsinin gereklerini sistematik bir şekilde ihlal ettiğini göstermektedir. Deneye katılan katılımcılara %25 ihtimalle 2000\$ mı

tercih edeceklerini yada %20 ihtimalle 3000\$ mı tercih edecekleri sorulmuş, katılımcıların %65'i ikinci seçeneği tercih etmektedir. Yine aynı katılımcılara %100 ihtimal ile 3000\$ yada %80 ihtimal ile 4000\$ arasında tercih yapmaları istendiğinde katılımcıların % 80'i ilk seçeneği tercih etmektedirler. Aslında ortaya konan her iki tercihte, ikinci seçenekten beklenen fayda yüksek iken katılımcılar genelde daha kesin sonuçlar içeren ikinci tercihi seçmektedirler. Genel itibari ile ortaya konan her iki tercih arasında olasılık oranları dışında bir fark bulunmamakla beraber katılımcıların küçük ve büyük olasılık düzeylerini aynı düzeyde değerlendirmemektedir. Beklenen fayda teorisinde yer alan matematiksel olasılık ve fayda işlevi yerine beklenti teorisinde ağırlıklar ve değer işlevi kullanılmaktadır. Yani insanlar beklenti teorisinde ağırlıklı toplamları ile değerlerini maksimum seviyeye çıkarmaya çalışmaktadırlar. Aynı zamanda insanlar düşük olasılıklı ihtimallere imkansız, büyük olasılıklı ihtimallere ise kesin gözü ile bakmaktadırlar (Kahneman ve Tversky 1979; Shiller 1998).

Yatırımcı davranışlarını etkileyen psikolojik davranışlar sadece beklenen teori ile sınırlı olmayıp, iyimserlik kapsamında piyasa ne kadar kötü olursa olsun iyiye gidip düzeleceğini düşünmektedirler, aşırı güven durumunda insanların gerçek bilgilerden daha çok kendi sahip oldukları bilgilere güven duymaktadırlar. Temsilcilik durumunda ise; önceki yıllarda sürekli bir değer artışı gösteren bir hissenin, değer artışını devam edeceğini düşünme vardır. Yatırımcıların parayı değerlendirme ve harcama noktasında sürekli zihinsel muhasebe yaparak bu doğrultuda yatırım kararı almaktadırlar. İnsanların mevcut hisselerinden vazgeçme durumunda pişman olacakları düşüncesi ile daha büyük kazançları kaçırmalarına sebep olmaktadır. Belirsizlikten kaçınma noktasında insanların, bildikleri yada tahmin edebildikleri ihtimallere bilmedikleri ihtimallere göre daha yakındırlar. Yatırımcılar genelde en güncel bilgiye her zaman en temel bilgiden daha çok önem vermektedirler. İnsanlar genelde yatırım yaparken bireysel kararlardan daha çok sürü psikolojisi mantığı ile çoğunluğun aldığı karar göre hareket etmektedir ama herşeyden önce bizim için önemli olan şey kayıptan kaçınmadır.

Kayıptan kaçınma; insanların karar verirken kayıp noktasında hissedilen üzüntünün, aynı ölçülerde yer alan kazanma durumundaki hissedilen seviçten daha fazla olmaktadır (Gümüş, & Bektur, 2019). Kayıptan kaçınma ilk olarak Daniel Kahneman ve Amos Tversky tarafından ele alınmıştır. Daniel Kahneman ve Amos Tversky'e göre insanların kayıp kazanç karşılaştırılmasında kayıplara karşı daha duyarlı oldukları ve daha tepkili davranışlarda bulunduklarını ortaya koymaktadır. Kayıptan kaçınma eğiliminin beklenti teorisindeki karşılığı ise, insanların yatırım kararlarında kazanç yerine kayıptan kaçınmayı tercih ettiklerini ifade eder. Genel olarak yapılan deney odaklı araştırmalarda kayıptan kaçınma davranışının daha

önce yaşanan kayıplar ve kazançlarla bağlantılı olduğunu, kayıptan kaçınmadaki ölçünün, önceleri yaşanan tecrübelerle yaşanmış olan kayıp ve kazançlara göre şekil aldığını göstermektedir. Önceleri elde edilen herhangi bir kazancın ardından yaşanan kayıplar yatırımcılarda daha az sıkıntı oluştururken, bir kayıptan sonra ardı ardına gelen kayıplar ise yatırımcılarda daha büyük sorunlar yaşatmaktadır (Döm, 2003).

Ekonominin ve yatırımın ana varsayımında yatırımcıların riskten kaçınması yer almaktadır. Ariely, D vd. (2005) yaptıkları çalışmalarında olasılık içeren alım satım işlerini ele alırken bunlardan elde ettikleri sonuçları olasılık içermeyen ticarete genelleştirdiklerinde dikkatli olunması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Aynı zamanda kayıp kaçınmanın sınırlarını Novemsky ve Kahneman'ın yaptıkları tanımı “duygusal bağlanma ve bilişsel bakış açısı” gibi iki kritik yapıyı ele alarak genişletme yoluna gitmektedirler. Duygusal bağlanma noktasında bir hisse senedinden vazgeçmenin hangi ölçüde kayıplar verdiğini anlayarak, kayıptan kaçınmayı değiştirme, yoluna gitmeyi tercih ettikleri, bilişsel bakış açısında ise meydana gelen değişimler genel olarak kayıp olarak görülen hisse senetlerine neden daha çok yada neden daha az önem verdiğini açıklamaktadır. Buradaki amaç duygusal bağlanma ve bilişsel bakış açısı’nı kullanarak kayıpların kazançlara göre daha belirgin olduğu noktaları kendine özgü bir şekilde tanımlayıp, kayıptan kaçınma üzerine yapılacak araştırmaların daha iyi nasıl gelişebileceğine dair yeni yollar sunmaktadır (Ariely vd., 2005).

Zaten kayıptan kaçınma eğilimine sahip yatırımcılar satın alma, riskler ve yatırımları değerlendirilirken nasıl tepkiler verdiklerini açıklamak konumuzu açık ve anlaşılır hale getirecektir. Yatırımcılar satın alma kararı verdiklerinde herhangi bir mal ya da hizmet satın aldıklarında, aldıkları mal ya da hizmetin riskli olduğunu ve beklentilerini karşılamayacağını düşündükleri zaman kayıptan kaçınma eğilimini deneyeimle fırsatı bulmuş olurlar. Çünkü mal ya da hizmet satın alındıktan sonra beklenen faydayı sağlamazsa, alım için harcanan para kaybedilmiş hissi oluşturacak ve kaybetme hissi yatırımcılar için büyük üzüntü oluşturacaktır. Yatırımcıların kayıp duygusunu yaşamak istememeleri olabilecek muhtemel kazançlarında teğet geçecektir. Yatırım kararı aşamasında yatırımcıların, hisse senedinde değer düşüklüğü meydana gelmeye başladığında, kayıptan kaçınma endişesi yaşayarak hemen satma eğilimine girmekle beraber maksimum kazanç elde etme durumu olsa bile kayıptan kaçınmak için ani kararlar verebilirler. Risk durum değerlendirmesi yapılması gereken zamanlarda, yatırımcılar genelde bilinmeyen ya da belirsizliğin hakim olduğu dönemlerin yüksek risk oluşturduğunu varsaymaktadır. Bu nedenle kayıptan kaçınma eğilimine giren yatırımcı böylesi belirsizliğin ve yüksek riskin olduğu zamanlardan daha fazla kaçınma yapması gerektiği düşüncesi oluşacaktır.

Bu eğilim sadece bunlarla sınırlı kalmayıp finansal piyasalarda bazı olumsuz sonuçlar doğuracaktır. Bunlar; Portföy dengelemelerinde sorunlar, sürü davranışında bulunma, zamanlama hatası ile sabır sorunları, eldeki varlık fiyatlarını olumsuz etkileme, panik satışlar yapma, Risk almama ve irrasyonel kararlar verme gibi açıklanabilir. Sonuç olarak şu çıkarımda bulunulabilir; Kayıptan kaçınma eğilimi insanların duygusal tepkilerini ve finansal kararlarını etkileyen en önemli faktörlerdir. İnsanlar, bu kayıptan kaçınma eğilimini anlamak ve yönetmek için düşünceli ve biliçli çaba göstermeleri gerekmektedir (Canbaz, M. F., & Canbaz, M., 2023).

3.YATIRIMCI TEPKİLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLER

Kayıptan kaçınma eğilimi'nin yatırımcı tepkileri üzerindeki etkisini ele alan bir çok çalışma bulunmaktadır. Yatırım kararları alınırken bunlar için ayrılan süreler haftanın yada ayların belli günlerinde farklılık göstermektedir. Yatırım kararları piyasalarda aracı kuruluşlar, yatırım danışmanları ve kurumsal yatırımcılar tarafından hafta içinde yapılırken, mevcut bireysel yatırımcılar tarafından ise, ya hafta içi yada hafta sonu almaktadırlar. Yapılan bu davranış bireysel yatırımcılar tarafından alım-satım işlemlerinin haftanın belli günlerini kendilerine trend olarak seçmesinden kaynaklanmaktadır, aslında alım ve satım günlerini etkileyen birbirinden bağımsızdır (Schwert, 2002). Yatırımcılar tarafından yatırım kararı verilirken yaş, cinsiyet, ırk, eğitim düzeyleri ile sosyal ve ekonomik durumları göz önünde bulundurularak her yatırımcının biririnden farklı demografik özelliklere sahip olduğu ve bu nedenle hepsinin psikolojik durumlarının birbirinden farklı olduğu göz önünde bulundurulmalıdır ve bu durum yatırım kararı vermenin her yatırımcı için ayrı zorluklar barındırdığı ve bu kararlar verilirken bu kararı etkileyen bütün etkenlerin dikkate alınması gerektiği bilinmelidir. Çünkü yatırımcıların yatırım kararlarını etkileyen nedenleri bilmek, farklı yatırım davranışları sergileyeceklerini bilme noktasında önem arz eder (Hunjra vd., 2016). İnsanların riskten ve kayıptan kaçınma eğilimleri her zaman birbirinden farklıdır. Bu farklılığın ortaya çıkmasına yatırımcıların davranışsal, sosyolojik, ekonomik ve biyolojik yönden birbirinden farklı olması yatmaktadır. Olası kayıplar ile karşı karşıya kalındığında yatırımcılar risk alma eğilimine girerler ve belli bir getiri sağladıktan sonra riskten kaçınma yoluna giderler. Yapılan bir çok çalışmada yatırımcılar tarafından zararda oldukları hisseleri elde tutmaya ve kazanç getiren hisse senetlerini ise satma eğilimine girdikleri gözlemlenmektedir (Cengiz & Tekin, 2020).

Zararda olunan hisse senetlerinde erken kapamama eğilimi göstermek kayıptan kaçınmanın en tipik sonucudur ve zarar edilen bu pozisyon uzun süre açık tutulmaktadır. Kahneman ve tversky'in beklenti teorisinde açıklandığı üzere insanlar zarar ettikleri pozisyonları fark ettiklerinden bunun oluşturduğu psikolojik baskıdan kaçmak isterler ve bu psikolojik durum aynı

tutarda elde ettikleri kazançtan duydukları hazdan daha yüksektir. Aynı zamanda yapılan çalışmalarda, yatırımcıların hisse senetlerinde karda olan hisselerini satma eğiliminin zararda olunan hisselerle göre çok yüksek olduğu tespit edilmektedir (Kahneman & Tversky, 1979). Kardaki pozisyonları erken satma eğilimi ise kayıptan kaçınmanın başka bir sonucudur ve yatırımcılar kardaki hisselerini gereğinden daha erken kapatma eğilimine girmektedirler. Yatırımcıların ortaya koyduğu değer fonksiyonunda getiri bölgesinde riskten kaçınıldığını, elde edilen mevcut kazancı koruma isteğinin ise baskın hale geldiğini belirtmektedir. Bunun sebeple kar elde etme ihtimali olsa dahi mevcut kazancı korumak ve güvence altına alma eğilimi gösterirler (Odean, 1998). Weber ve Camerer (1998) yaptıkları çalışmalarında bu durumu elde ettikleri kazançları “kilitleme” eğiliminin neden olduğu ve uzun vadede performansı olumsuz etkilediğini belirtmektedirler (Weber & Camere, 1998). Bu durumunun altında iki psikolojik unsur yatmaktadır. İlki refahı korumak; yani elde edilen kazancı güvence altına alarak yatırımcıya kazandım duygusunu yaşatmak. İkincisi kaybetme korkusu; bu durum yatırımcılara eldeki pozisyonlarını erken kapamaya yöneltir ve böylesi bir zamanda zararda olunan pozisyonların uzun vadede elde tutulup, kazanç sağlanan pozisyonların erkenden kapatılması portföyün ortalama getiri kapasitesini düşürmekle beraber, kayıpları fark edememe ile fiyatların düzeleceğini beklemek, yüksek fırsat maliyetlerine ve dengesiz risk-getiri oranları nedeniyle başarısız olmaktadır (Barberis & Thaler, 2003; Wang, 2025). Bu nedenle yatırımcılar kayıplar karşısında yaşadıkları psikolojik baskının kazançların getirdiği mutluluktan daha ağır bastığı için, yatırımcılar düşük risk içeren ve öngürülebilir olduğu için tahviller gibi varlıkları tercih etmektedirler

Yatırımcıların farklı kayıptan kaçınma eğilimine sahip olmaları, varlıkların risk düzeyleri arttıkça farklı yatırım stratejisi benimsemelerine neden olmaktadır. Kayıptan kaçınma eğilimi düşük olan yatırımcılar riskli varlıklara yatırımları minimize etme eğilimine girerken, kayıptan kaçınma eğilimi yüksek olan yatırımcılar ise riskli varlıklara yatırımları artırma eğilimi göstermektedir. Yatırımcılar fiyat dalgalanmaları karşısında yaşadıkları kayıpları elde tutarken, kazanç sağladıkları yatırımlardan ise en kısa sürede çıkma eğilimi göstermektedir (Barberis & Thaler, 2003). Özellikle kaldıraçsız piyasalarda hisse fiyatının maliyetinin üzerine çıkması öngörmek bazı durumlarda normal kaşılabilir fakat, yüksek kaldıraçlı ve teminat gerektiren kısa satış opsiyonları yada vadeli işlemlerde mevcut pozisyonu kapatmamak ve fiyatın düzeleceğini beklemek kötü sonuçlara yol açabilmektedir. Fiyatlarda düzelme meydana gelse bile mevcut pozisyonun yerinde kapatılmaması yatırımcıyı yetersiz teminattan dolayı pozisyonunu kapatmak zorunda bırakabilir. Böylesi durumlarda en kötüsü ise yatırımcıların,

maliyetlerini düşürerek eşit bir noktaya ulaşmak için, fiyatların gidişatı tersine hareket ederek mevcut pozisyonlarına ekleme yapmaya devam etmeleridir. Buradaki asıl risk pozisyonlara ekleme yapıldıkça mevcut riskin kademeli olarak artmaya devam etmesi ve özellikle portföylerin fiyatları düşme eğilimine girdiğinde, pozisyonlara ekleme devam ettiği için başta küçük olarak görülen bu hatalar çok kötü kararlara dönüşebilmektedir. Genellikle böylesi davranışlar başarısız olan bireysel yatırımcıların son işlemlerinde görülmektedir ve kayıptan kaçınma eğiliminin ihraç edilen hisse senetlerinin nominal değerinin üstünde alınan parayı (hisse senedi primi) sorun olarak uygulayıp, hisse senetlerinin daha az risk taşıyan diğer menkul kıymetlerden daha fazla getiri sağladığında açıklamış oldu. Aynı zamanda kayıptan kaçınma sebebiyle yatırımcıların kayıplarla ilgili yaşadığı psikolojik acıyı tolere edebilmek için riskli varlıklardan neden bu kadar yüksek getiri beklediklerini de açıklamaktadır (Aprilianti vd., 2023).

SONUÇ

Bu çalışma, davranışsal finans literatürünün temel kavramlarından biri olan kayıptan kaçınma eğilimini, yatırımcı tepkilerini şekillendiren belirleyici bir mekanizma olarak kavramsal düzeyde ele almıştır. Beklenti teorisi çerçevesinde değerlendirilen kayıptan kaçınma davranışı, yatırımcıların belirsizlik altında verdikleri kararların yalnızca rasyonel beklentilerle açıklanamayacağını göstermektedir. Çalışmada, yatırımcıların kayıplara karşı gösterdikleri duyarlılığın, kazançlara kıyasla daha baskın bir psikolojik etki yarattığı ve bu durumun karar alma süreçlerinde sistematik sapmalara yol açtığı vurgulanmıştır.

Kayıptan kaçınma eğiliminin yatırımcı davranışları üzerindeki etkileri incelendiğinde, zarar eden pozisyonların elde tutulması, kazanç sağlayan yatırımların erken realize edilmesi ve belirsizlik dönemlerinde aşırı temkinli ya da aşırı riskli tepkilerin ortaya çıkması gibi davranış kalıplarının ön plana çıktığı görülmektedir. Bu tepkiler, yatırımcıların risk algılarını ve piyasa dalgalanmalarına verdikleri tepkileri doğrudan etkilemekte; aynı zamanda portföy performansının uzun vadeli seyrini de şekillendirmektedir. Bu bağlamda kayıptan kaçınma, yatırımcıların yalnızca bireysel psikolojisini değil, piyasa dinamiklerini de dolaylı olarak etkileyen bir unsur olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma kapsamında ele alınan kavramsal tartışmalar, yatırımcı tepkilerinin demografik özellikler, önceki yatırım deneyimleri ve duygusal durumlar gibi faktörlerle birlikte ele alınmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Yatırımcıların farklı koşullar altında sergiledikleri tepkiler, kayıptan kaçınma eğiliminin sabit bir davranış biçimi olmadığını, aksine zaman içinde ve koşullara bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğini göstermektedir. Bu durum, finansal karar

alma süreçlerinin çok boyutlu bir yapıya sahip olduğunu ve tek bir teorik çerçeveye tam olarak açıklanamayacağını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak bu çalışma, kayıptan kaçınma eğiliminin yatırımcı tepkilerinin anlaşılmasında merkezi bir rol oynadığını kavramsal düzeyde ortaya koymaktadır. Elde edilen değerlendirmeler, yatırımcı davranışlarını inceleyen gelecekteki ampirik çalışmalar için teorik bir zemin sunmakta ve davranışsal finans yaklaşımlarının finansal piyasa analizlerinde tamamlayıcı bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu çerçevede, kayıptan kaçınma eğiliminin daha farklı piyasa koşulları ve yatırımcı profilleri bağlamında ele alınması, literatüre önemli katkılar sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Alper, D., & Ertan, Y. (2008). Yatırım Fonu Seçim Kararlarında Çerçeveleme Etkisi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi* (37), 174-184.
- Aprilianti, AA, Tanzil, ND ve Pratama, A. (2023). Sürü Davranışı, Kayıptan Kaçınma Önyargısı, Finansal Okuryazarlık ve Yatırım Kararları (Dijital Çağda Endonezya'da Y Kuşağı Üzerine Bir Araştırma). *JASa (Jurnal Akuntansi, Denetim ve Sistem Bilgilendirme Akuntansi)* , 7 (3), 555–565. <https://doi.org/10.36555/jasa.v7i3.2301>
- Ariely, D., Huber, J. ve Wertenbroch, K. (2005). Kayıplar Ne Zaman Kazançlardan Daha Büyük Görünür? *Pazarlama Araştırmaları Dergisi* , 42 (2), 134-138. <https://doi.org/10.1509/jmkr.42.2.134.62283> (Orijinal çalışma 2005 yılında yayınlanmıştır)
- Atak, O. & Kutukız, D. (2021). Davranışsal Finans Eğilimlerinin, Bireysel Yatırımcıların Yatırım Tercihlerine ve Yatırımlarda Yararlandıkları Bilgi Kaynaklarına Göre Karşılaştırılması: Muğla İlindeki Turizm İşletme Yöneticileri Üzerinde Bir Uygulama, *Turizm Akademik Dergisi*, 8 (1), 231-248.
- Aytekin, Ö. G. Y. E., & Aygün, D. D. M. (2016). FİNANSTA YENİ BİR ALAN “DAVRANIŞSAL FİNANS”. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(2), 143-156.
- Barberis, N. ve Thaler, R. (2003) Davranışsal Finansa Genel Bir Bakış. *Finans Ekonomisi El Kitabı*, 1, 1053-1128. [https://doi.org/10.1016/S1574-0102\(03\)01027-6](https://doi.org/10.1016/S1574-0102(03)01027-6)
- Bayraktar, Ahmet. “Etkin Piyasalar Hipotezi.” *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, cilt 4, sayı 1, 2012, ss. 37–47.
- Campbell, J. Y., Lo, A. W., & MacKinlay, A. C. (1997). *The Econometrics of Financial Markets*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7skm5>
- Canbaz, M. F. & Canbaz, M. (2023). Davranışsal Finasta Önemli Yatırımcı Önyargıları ve Eğilimleri. In: Buğan, M. F. & Tuna, İ. (eds.), *Finansal Piyasaların Evrimi IV*. Özgür Yayınları. DOI: <https://doi.org/10.58830/ozgur.pub395.c1720>
- Cengiz, S., & Tekin, B. (2020). KENDİNE AŞIRI GÜVEN VE KAYIPTAN KAÇINMA ÖNYARGILARI YATIRIM KARARLARINDA ÖNEMLİ BİR FAKTÖR MÜ? *Global Journal of Economics and Business Studies*, 9(17), 38-54.
- Döm, S. (2003). Yatırımcı Psikolojisi. İstanbul: Değişim Yayınları.
- Fama, E. F. (1970). Efficient Capital Markets: A Review of Theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, 25(2), 383–417. <https://doi.org/10.2307/2325486>
- Gümüş, G., & Bektur, Ç. (2019). Etkin Piyasa Hipotezi ve Davranışsal Finans Modelleri, BİST-100 Endeksinde Anomali Testi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(2), 59-69.
- Hunjra, A. I., Qureshi, S. A. and Riaz, L. (2016). Psychological Factors and Investment Decision Making: A Confirmatory Factor Analysis. *Journal of Contemporary Management Sciences*, 2(1): 65-83.
- Kahneman, D., & Tversky, A. (1979). Prospect theory: An analysis of decision under risk. *Econometrica*, 47(2), 263–292. <https://doi.org/10.2307/1914185>

- Karan, M. B. (2013). Yatırım Analizi ve Portföy Yönetimi, 4. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi
- Küden, M. (2014). Davranışsal Finans Açısından Bireysel Yatırımcı Tercihlerinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Gediz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir, 7-42.
- Odean, T. (1998) Yatırımcılar Kayıplarını Gerçekleştirmeye İsteksiz mi? Finans Dergisi, 53, 1775-1798.
<https://doi.org/10.1111/0022-1082.00072>
- Ritter, R. J. (2003). Behaviorral Finance, Pacific – Basin Finance Journal, c.11, Sayı.4, ss.429-437.
- Shiller, R., J. (1998), Human Behavior and the efficiency of financial system, National Bureau of Economic Research Working Paper No.6375
- Shostak, F. Temel analizin savunması: Verimli piyasa hipotezinin eleştirisi. *Rev Austrian Econ* **10** , 27–45 (1997). <https://doi.org/10.1007/BF02538483>
- Schwert, G. W. (2002), Anomalies and Market Efficiency.
<http://218.2.28.130/tushu/book/book12/2009875799258.pdf> (17.10.2012)
- Tufan, C., & Sarıççek, R. (2013). DAVRANIŞSAL FİNANS MODELLERİ, ETKİN PİYASA HİPOTEZİ VE ANOMALİLERİNE İLİŞKİN BİR DEĞERLENDİRME. Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 15(2), 159-182.
- Wang, W. (2025). Loss Aversion and Its Behavioral Implications in Economics and Market Strategies. *Advances in Economics, Management and Political Sciences*,195,185-191.
- Weber, M., & Camerer, C. F. (1998). The disposition effect in securities trading: An experimental analysis. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 33(2), 167-184.

İKLİM RİSKLERİNİN FİNANSAL PERFORMANS ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ: TÜRKİYE İÇİN KAVRAMSAL BİR ÇERÇEVE

Yüksek Lisans Öğrencisi Ali KÖSELER

Hitit Üniversitesi LEE İşletme ABD

ORCID: 0009-0001-6276-6840

Prof. Dr. Fatih KONAK

Hitit Üniversitesi İİBF İşletme Bölümü

ORCID: 0000-0002-6917-5082

ÖZET

Küresel ölçekte giderek derinleşen iklim krizi, çevresel etkilerinin ötesine geçerek finansal sistemler ve şirketlerin ekonomik sürdürülebilirliği açısından önemli bir risk alanı hâline gelmiştir. İklim değişikliğine bağlı olarak ortaya çıkan fiziksel riskler (küresel ısınma, kuraklık, aşırı hava olayları, sel ve taşkınlar) ile geçiş riskleri (karbon fiyatlaması, çevresel düzenlemeler, üretim süreçlerinde dönüşüm maliyetleri ve değişen tüketici tercihleri), şirketlerin faaliyet yapıları ve finansal performans göstergeleri üzerinde çok boyutlu etkiler yaratmaktadır. Bu riskler, özellikle nakit akışlarının sürekliliği, kârlılık düzeyi, sermaye maliyeti ve borçlanma yükümlülükleri açısından belirleyici olmaktadır. Bu çalışma, küresel iklim krizinin ve buna bağlı iklim risklerinin Türkiye’de faaliyet gösteren şirketlerin finansal performansı üzerindeki olası etkilerini, ampirik veri kullanmaksızın, kavramsal bir çerçeve içinde ele almaktadır. Çalışmada iklim riskleri türlerine ayrılarak incelenmekte; bu risklerin şirket bilançolarına ve finansal karar alma süreçlerine hangi kanallar aracılığıyla yansıdığı açıklanmaktadır. Ayrıca sektörler itibarıyla ortaya çıkabilecek kırılganlık alanları, şirketlerin uyum kapasiteleri ve karşılaşılabilecekleri yapısal uyum sorunları değerlendirilerek, iklim risklerinin finansal performans üzerindeki potansiyel sonuçları bütüncül bir bakış açısıyla tartışılmaktadır. Bu yönüyle çalışma, iklim risklerinin Türkiye bağlamında şirket finansmanı ve performansı üzerindeki etkilerini kavramsal düzeyde sistematik biçimde ortaya koymakta ve ilerleyen dönemlerde yapılacak ampirik analizler için teorik bir temel sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İklim Riski, Finansal Performans, Geçiş Riskleri, Fiziksel Riskler

THE IMPACT OF CLIMATE RISKS ON FINANCIAL PERFORMANCE: A CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR TURKEY

ABSTRACT

The deepening global climate crisis has become a critical risk factor not only in environmental terms but also for the stability of financial systems and corporate economic sustainability. Climate-related physical risks, such as global warming, droughts, extreme weather events, floods, and storms, together with transition risks arising from carbon pricing, environmental regulations, transformation costs in production processes, and changing consumer preferences,

exert multidimensional effects on corporate financial performance. These risks are particularly influential in shaping cash flow stability, profitability, cost of capital, and borrowing conditions. This study examines the potential effects of climate change and climate-related risks on the financial performance of companies operating in Türkiye from a conceptual perspective, without employing empirical data. Climate risks are classified into distinct categories, and the channels through which these risks are transmitted to corporate balance sheets and financial decision-making processes are systematically discussed. In addition, sector-specific vulnerabilities, firms' adaptation capacities, and possible structural adjustment challenges are evaluated within a comprehensive analytical framework. By offering a structured conceptual assessment of climate risks in the Turkish corporate context, the study provides a theoretical foundation for future empirical research on the financial implications of climate change.

Keywords: Climate Risk, Financial Performance, Transition Risks, Physical Risks

GİRİŞ

Günümüzde insanlığın karşılaştığı en ciddi sorun haline gelen iklim değişikliği ve bunun getirdiği riskler pek çok olumsuz sonuçlara neden olmaktadır. İklim değişikliğine daha geniş bir perspektiften bakıldığında günümüzde insanlık için varoluşsal bir sorun haline gelmektedir (World Economic Forum, 2021). Özellikle 2020 yılında çok ciddi sorunlar ve riskler barındırmasına rağmen, Covid-19 pandemisinden dolayı çok gündeme gelmeyen iklim değişikliği, 2021 yılından sonra ulusal ve uluslararası düzeydeki politikalara ciddi bir şekilde yön verme eğilimi göstermektedir. Uluslararası arenada ülkeler arası iş birliği yapılmaz ve gerekli tedbirler alınmaz ise içinde yaşadığımız dünya için geri dönülemez ağır sonuçlarla karşılaşılacaktır (United Nations, 2021). Küresel iklim krizleri ve ani iklim değişiklikleri çevresel bir olay olmasının yanında sürdürülebilir kalkınma ve sürdürülebilir finansal sektörde yakından ilgilendiren bir konudur. İklim krizinin neden olduğu riskler ve fırsatlar yalnızca çevresel olarak değil ekonomik ve sosyal etkilere de sahiptir. Bu etkiler finansal sistemin en büyük paydaşlarından olan şirketlerin faaliyetleri olan, hammadde, üretim, dağıtım, tedarik zinciri, insan kaynakları ile finansal göstergeleri üstünde de sonuçları ortaya çıkmaktadır (Cavlak, 2022). İklimsel risklerin şirketleri ne derecede ve nasıl etkilediğini bilmek şirket paydaşları tarafından gittikçe daha fazla önem arz etmeye devam etmektedir ve bunun sonucu olarak şirketlerin gerekli açıklamaları yapmaları zorunluluk haline gelerek, hesap verilebilirlik sorumluluğu gittikçe artmaktadır (Brunelli vd., 2021).

Küresel boyutta her geçen gün artan bir sorun haline gelen iklim krizine karşı düzenleyici çerçeveler geliştirmek, stratejik yönetim, finansal risk ve diğer şirketlerle rekabet gücü oluşturması açısından, şirketlerin finansal açıdan sürdürülebilirliğini direkt etileyen faktörler haline gelmektedir. Bu noktada şirketlerin karşı karşıya kaldıkları iklimsel risklere karşı dayanıklılıklarını güçlendirmek, yalnızca yasalara uyumlu olmakla değil, piyasa konumlandırması yapmaları, sermaye meliyeti ve yatırımcıların beklentilerine cevap verilmesi de kritik bir öneme sahiptir (Narter & Partners). Aynı zamanda bu sorun içinde bulunduğumuz finans sektörünün yayılmasında etki etmektedir. Finansal kuruluşlar açısından düşünüldüğünde gerek fiziksel riskler (küresel ısınma, susuzluk, ani iklim değişiklikleri) gerekse de düşük karbon emisyonlu ekonomiye geçiş safhasında ortaya çıkan kamu politikaları ve yatırımda meydana gelen değişikliklerin neden olduğu geçiş risklerini verimli bir şekilde yöneterek, fırsata dönüştürmeyi ve bu risklerin neden olabileceği finansal zararları da minimize ederek, finansal istikrarın kurumsal açıdan korunması kritik öneme sahiptir. Bu noktada özellikle iklim değişikliği ele alınırken beraberinde getireceği riskleri ve fırsatları görerek, ileriye dönük bütüncül ve geniş kapsamlı bir biçimde ulusal ve uluslararası devletlerin ile şirketlerin bu konuya stratejik ve geniş kapsamlı bir şekilde yaklaşması gerekmektedir (Alessi vd., 2024).

Özellikle mal ve hizmet sektörünün ihtiyaç duyduğu kredi ve finansmanlar şirketlerin ekonomik performanslarına bağlı olarak karşılanmaktadır. Bu noktada şirketlerin iklim risklerinden etkilenecek hammadde krizi yaşamaları, üretim kapasitesinin düşmesi, nakit akışlarında meydana gelen bozulmalar, kredi ödemelerinde sorunlar yaşamalarına neden olmaktadır. Buna bağlı olarak şirketlerin kredi risk priminin artmasına, bilançolarının bozulmasına ve iklim risklerinin etkilerine maruz kalmalarına neden olmaktadır (Turnacıgil, 2025). Küresel ısınmanın olumsuz etkileri, ülkeler ve şirketler için öngürülemez maliyetler ile belirsizlikler oluşturup, finansal performanslarını doğrudan etkilemektedir. Ülkeler ve şirketler için her ne kadar maliyet ve belirsizlik oluştursada kimi ülkeler ve şirketler bunu fırsata çevirmekte kimisi ise risklerin etkisinden kurtulamamaktadır. Uluslararası arenada gerek düzenleyici ve denetleyici kurumlar gerek yatırımcılar gerekse de bankalar, şirketlerin karşı karşıya kalacağı iklimsel riskleri finansal hedeflerle birleştirerek, yatırım politikalarını, sermaye tahsislerini bu yönde yapmaları gerekmektedir (Willis & Keyes, 2017). Özellikle Türkiye'nin içinde bulunduğu coğrafi konumu ile ekonomi şartları iklimsel risklere karşı hassas bir ülke olmasına neden olmaktadır. Bu çalışmada küresel ısınma ve iklim değişikliği kaynaklı

risklerin, finansal performans üzerindeki etkilerini Türkiye’deki sektörel analiz kapsamında ele alarak kavramsal açıdan açıklamayı amaçlamaktadır.

İKLİM RİSKLERİNİN FİNANSAL PERFORMANSI ETKİLEME MEKANİZMASI

İklime bağlı finansal riskler, küresel iklim değişikliği sonucu ortaya çıkacak sonuçların şirketlerin finansal açıdan sağlamlığını etkileyecek potansiyele sahiptir. Şirketlere kredi imkanı sağlayan bankaların mali yapılarına ve finansal sistemlerine olumsuz etki edebilecek riskler olarak da tanımlanabilir (Bumin, 2023). The Economist İstihbarat Birimi’nin yaptığı araştırmalarda 2100 yılına kadar iklim kaynaklı olayların neden olacağı risklere maruz kalacak olan finansal varlıkların 43 trilyon dolar olacağı tahmin edilmekle beraber, iklim değişikliğinin neden olduğu finansal etkilerin günümüzde doğru bir biçimde değerlendirilip rapor haline getirilerek kamuoyu ile paylaşılmamaktadır. İklim risklerinin mevcut ve potansiyel tehditlerinin farkına varmak için iklim verilerini kullanarak uygulamaya geçirmek sürdürülebilir bir yatırımın gelecekte devam etmesi yönünden hayati öneme sahiptir. Ülkelerin ve şirketlerin kamuoyuna yeterli açıklama ve raporlamayı yapıp bununla ilgili bir standart belirlemeleri gerekmektedir (Çavlak, 2022). Doğal çevrenin bilinçsizce tahribata uğraması, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı, geri dönüşümü olmayan enerji kaynağı kullanımı uluslararası düzeyde sera gazı salınımı ile finansal, sosyal ve çevresel sorunların artmasına yol açmaktadır. Bu noktada birçok şirket iklim değişikliği ile mücadelede karbon ayak izi hesabı, yeşil arge, yeşil teknoloji, yeşil binalar, yeşil finansal araçlar gibi sürdürülebilir çalışmalar yapmaktadır. Bu tür çalışmalar şirketlerin doğaya karşı daha bilinçli olmasını ve kurumsal imajını güçlendirmektedir (Güneysu, & Atasel, 2022). Sadece şirketler değil özellikle dünya’ya karbon salınımını en fazla yapan ülkelerin başında Çin, ABD, Hindistan ve Rusya gelmektedir. Bu nedenle ülkelerin karbon salınımını azaltmak ve iklim değişikliği ile mücadele için bir çok politikalar geliştirilerek, yeni düzenlemeler yapılması ve hayata geçirilmesi zorunluluğu ortaya çıkmaktadır (He vd., 2021). Bu çerçevede iklim değişikliği ve küresel ısınma ile mücadele için, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi’ne bağlı olarak 1997 yılında Kyoto Protokolü imzalanmıştır. Paris’te 2015 yılında 21. Taraflar Konferansı’nda İklim değişikliği ile mücadele ve karbon salınımı ile sürdürülebilir bir gelecek için gerekli olan eylemleri bir an önce hayata geçirmek ve hızlandırmak için, küresel sıcaklığın 2 dercenin altında 1,5 derece ile sınırlı kalması hedefiyle Paris Anlaşması imzalanmıştır. Ülkemiz ise 24 Mayıs 2004’te BMİDÇS’ye, 26 Ağustos 2009 yılında ise Kyoto Protokolü’ne taraf olmuştur. (Güneysu, & Atasel, 2022). Küresel iklim krizi ve onun getirdiği iklim riskleri 2015 yılında imzalanan Paris İklim Anlaşması ile finansal sistem üstünde belirgin bir hale

gelmektedir ve kredi tahsislerinin çevreci projelere yönlendirilmesinin önemide bu anlaşıma ile anlaşılmaktadır. Aynı zamanda iklim değişikliğinin beraberinde getirdiği riskler finansal kurumların bilançolarına ciddi derecede etki etmekle beraber şirket politikaları bu doğrultuda geliştirilmektedir (Bruno ve Sara Lombini, 2023).

İklim Risklerinin Türleri

İklimsel riskler; fiziksel riskler ve geçiş riskleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

Fiziksel Riskler

Fiziksel riskler, küresel iklim değişikliği ve bunun sebep olduğu ani doğa olayları etkisiyle ortaya çıkan ekonomik yükler ve mali zararlar olmakla beraber fiziksel risk faktörleri ise ekonomi ve finansal sektörün maruz kaldığı fiziksel risklerin oluşturduğu ve mali kayıplara neden olan, kuraklık, don, sel ani iklim olayları(değişikliği) olarak tanımlanabilir (BDDK, 2022a). Fiziksel riskler iklim değişikliğinin neden olduğu ticari faaliyetler ile ticari varlıklar üzerindeki etkilerini doğrudan ifade etmektedir. Bu durum tedarik zincirini bozacak, işlerin aksamasına neden olacak, üretim kesintisine neden olacak, altyapıya zarar verecek sel baskınları, kuraklık, fırtına gibi sık ve ani gelişen hava olaylarını içermektedir. Düzensiz yağışlar, seller ile ani yükselen deniz seviyesi mevcut temiz su kaynaklarının kalitesini düşürerek, üretim odaklı enerji, tarım ve imalat gibi sektörleri olumsuz etkilemekte ve kuraklıkla beraber yaşanan su kıtlığı enerji, tarım ve imalat sektörlerinde mali kayıplar ile iş kesintisine neden olarak, ciddi ekonomik sonuçlaraa neden olmaktadır (Kartal, 2024; World Bank, 2023). Aynı zamanda aşırı hava olayları (kıyı taşkınları, sel, fırtına vb.) tesislerde zarara, iş akışlarının kesintiye uğramasına, tedarik zincirlerinde bozulmalara, sigorta maliyetlerinde artışa ve şirketlerde finansal kayıplara neden olmaktadır. Fiziksel riskler aynı zamanda iklimsel olaylara maruz kalan varlıklarında yeniden değerlemesini de etkilemektedir (World Economic Forum, 2019). Bununla birlikte iklim riskleri sadece finansal sistemleri değil, aynı zamanda insan sağlığını da tehdit etmektedir. Artan sağlık sorunları potansiyel iş gücünü, üretkenliği ve operasyonel iş akışını kesintiye uğratmaktadır. Küresel iklim değişikliği bulaşıcı hastalıkların yayılma yollarını etkileyerek ticari sürekliliği ve ticari faaliyetleri bozarak sağlık risklerinin ortaya çıkmasına neden olmaktadır (WHO, 2021).

Geçiş Riskleri

Geçiş riskleri, düşük karbonlu ekonomiye geçişin finansal ve operasyonel olarak ortaya çıkan zararları ve kayıpları olarak tanımlanmaktadır. Günümüz dünyasında ülkeler ve şirketler temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelirken, fosil yakıt kullanımı üst düzeyde olan şirketler çalışma sistemlerini ve iş akışlarını yeni sisteme entegre etmede zorluklar yaşamaktadır.

Şirketlerin atıl kapasitelerinin karbon içeren ürünlere piyasa talebinin azalması ve karbon hedeflerine ulaşmak için yenilikçi teknolojilere ve altyapılara yatırım yapılması gereklidir (Wang vd.,2022). Geçiş risklerinin faktörleri ise, düşük karbonlu ekonomiye geçişte ortaya çıkan mevzuatlar, düzenlemeler, teknolojik gelişmeler, değişen pazar ve müşteri tercihleri ile kamu politikalarını içermektedir. Geçiş riskleri şirketlerin faaliyetleri sonucu kendine ait sorumluluk riskleri ve yasal riskleride olabilmektedir. Hem fiziksel hemde geçiş risklerine maruz kalan şirketlerin faaliyetleri ve işlemleriyle bankaların doğrudan yada dolaylı olarak etkisi altında kalması sürecine aktarım mekanizması denilmektedir (BDDK, 2022a). Mevzuatların öngördüğü karbon salınımını azaltmayı ve küresel iklim değişikliğini minimize etmeyi amaçlayan, bu yönde değişen yönetmelikler ile politikaların mevcut operasyonel ve finansal etkilerine mevzuat riski denilmektedir. Bu riskler yenilenebilir enerji ilkelerini, karbon emisyon ticaretini, enerjiyi verimli kullanmayı gerektiren standartları ve karbon fiyatlandırmalarını kapsamaktadır. Büyük ölçülerde karbon faaliyetlerine bağımlılığı olan şirketler, yenilikçi ve düzenleyici mevzuatlara uyum sağlayamadıklarında cezalar, itibar riskleri ve uyum maliyetleri ile karşı karşıya kalabilmektedir (Tang & Li, 2022).

Tablo 1. Fiziksel Risk ve Geçiş Risklerinin Geleneksel Risk Üzerindeki Etkileri

Risk Türü	Fiziksel ve Geçiş Risklerinin Potansiyel Etkileri
Kredi Riski	İklim riskleri şirketlerin kredi borçlarını geri ödeme ve borçlarını yönetememesi veya şirketlerin bu nedenden temerrüte düşmesi sonucu bankaların verdiği kredilerin hepsini tahsil etme fırsatını azaltarak kredi riskinin artmasına neden olur.
Piyasa Riski	İklim risklerinin finansal varlıkların fiyatlarına yansımaması sonucu ani ve hızlı fiyat değişiklikleri finansal varlıkların değerlerini olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda finansal varlıklar ile bazı finansal varlıkların piyasadaki nakit karşılıkları arasında bozulmaya neden olup risk yönetimini azaltmaktadır.
Likite Riski	İklim riskleri, piyasa koşullarında değişime sebep olup bankaların parasal kaynaklara ulaşmasını azaltmaktadır. İklim riskleri aynı zamanda bankaların karşılıklı iş yaptığı diğer şirketlerin mevduatlarını ve kredi limitlerine azalmasına sebep olabilir.
Operasyonel Riski	Bankaların çevreye ve iklim risklerine duyarlı yatırımları uyumlu ve düzenleyici yasal riski artırabilir.
İtibari Risk	Sürekli değişen tüketici tercihleri ve çevreye duyarlılıkları ile değişen Pazar koşulları bankaların itibar riskini artırabilir.

Kaynak: BCBS (2021a)

İklim Risklerinin Finansal Etkileri

Finansal riskler, karbon salınımı ile ilgili etkenlerin şirketlerin performansları ile değeri üstündeki olası finansal etkilerini ifade etmektedir. Şirketlerin sermaye maliyetini, fona erişim sağlama ile kredi notlarını karbon riski etkileyebilmektedir. Finans kuruluşları, yatırımcılar ve insanlar yatırım kararlarında karbon salınımını dikkate alarak, karbon ayak izi ve iklim değişikliğini minimize etme stratejileri geliştiren şirketleri tercih etmektedirler. Bu riskleri etkin ve verimli yönetemeyen şirketler, fonlara erişmede sıkıntı çekme, yüksek borçlanma maliyetleri ve varlıkların daha düşük değerlenmesi gibi sorunlarla karşı karşıya kalmaktadır (Nguyen,

2017). Varlıkları yeniden değerlendirme finansal kuruluşlar, şirketler ve yatırımcılar için çok önemli olmakla beraber, karşılaşılan riskleri değerlendirmek, iklimle ilgili konuları yatırım politikaları ile birleştirerek, sürdürülebilir programları uygulayarak, varlık değerlemelerde oluşabilecek olumsuz sonuçları en aza indirmek ve şirket paydaşlarının iklim değişikliği ile uzun vadeli dayanıklılık göstermesi için gelişim gösteren düşük karbon ekonomisinde konumlanma yapması gereklidir. Finans sektöründe atıl varlıkların karşı karşıya kaldığı veya yaşadığı riskleri, borç ve özsermaye yönünden değer düşüklüğü yaşayan finansal varlıklarda yaşamaktadır (Rempel & Gupta, 2022). Günümüz dünyasının düşük karbonlu bir ekonomiye geçişinde üretimi fosil yakıtlarla sağlanan ve karbon salınımı yapan varlıklar atıl kalma riski yaşamaktadır. Karbon fiyatlandırma mekanizmalarının daha sıkı hale gelmesi, karbon salınım standartlarının daha katı hale getirilmesi, yenilenebilir enerji ve teknolojilerde yaşanacak gelişmeler, karbon odaklı altyapı ile fosil yakıt rezervlerini ekonomik yönden kullanılamaz hale getirerek atıl hale dönüşmesinde neden olabilmektedir. Düşük karbon ekonomisine geçişte, atıl varlık kapasitesi en yüksek olan sektörlerden, kömürle çalışan enerji santralleri ile bünyesinde fosil yakıt rezervi barındıran enerji sektörü başta olmak üzere birçok sektör ellerindeki varlıkların ve fosil yakıtların atıl olma riski ile karşı karşıya kalacaklardır (Chen, vd., 2021). Son yıllarda toplumda ciddi düzeyde artış gösteren çevre bilinci ile sürdürülebilirlik uygulamaları tüketici taleplerini değiştirmekle beraber endüstri kuruluşlarının ve şirketlerinin itibar riskine uğramasına neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliğine katkıda bulunmayan ülkeler ve şirketler, protestolara, boykotlara, kamuoyunda olumsuz algılara maruz kalmakla beraber, şirketlerin pazar paylarında düşüş, marka değerinde zedelenme ve mevcut varlıklarının değerlemelerinde düşüş meydana gelmektedir. Küresel iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeyi ve düşük karbon ekonomisine geçiş amaç edinen politikalar ve mevzuatlarda meydana gelen değişiklikler şirketlerin varlıklarını değerlendirmede etkili olmaktadır. Aynı zamanda çevre için yeni politaların yapılması ve düzenleyici mekanizmalardaki belirsizlikte şirketlerin değerini ve varlıkların değerini etkileyen risklere neden olmaktadır. Temiz teknolojiye geçişte devletlerin sağladığı sübvansiyonlarda artış, karbon emisyon standartlarında katılma meydana gelmesi varlıkların karlılıklarını ve varlıkların gelecekteki beklentilerini etkilemektedir (Kartal, 2024).

TÜRKİYE'DE İKLİM RİSKLERİNİN SEKTÖREL ANALİZİ

Küresel iklim riskleri birçok sektörü olumsuz yönde etkilemektedir. Bunların başında ise turizm, lojistik, ulaşım, enerji, tarım ve hayvancılık, demir-çelik ve çimento gelmektedir. Özellikle tarım ve hayvancılık sektörü iklim değişikliği etkilerinin en fazla etkilendiği sosyal

ve ekonomik alanların başında yer almaktadır. İnsanlar su, orman ve toprakla birebir etkileşim içinde olduğu için iklim değişikliğinde meydana gelecek değişimler doğal sistemler üzerinde oluşturacağı etkileri direk beşeri sistemlere yansıtmaktadır. Bu nedenle yağış, rüzgar, nem ve sıcaklık gibi iklimsel olaylarda yaşanacak değişimler ani doğal felaketlere dönüşmesi ve bunların sık ve yoğun şekilde gerçekleşmesi tarım ve hayvancılık sektörünün direkt etkilemektedir (Markolf vd., 2019). Türkiye'nin içinde yaşadığı coğrafyada, ortalama sıcaklıkların artması, yağış miktarlarında azalma, kuraklık ve sıcak hava dalgalarının olması gibi aşırı iklimsel olaylar sebebiyle oluşacak iklim değişikliği, tarım ve ona bağlı olan gıda sektörünü etkileme açısından dünyanın en hassas bölgesinde yer almaktadır. Fenolojik zamanlarda tarım bitkilerinin gelişiminde, yaşanan iklim değişiklikleri ciddi verim kaybına neden olmaktadır. Türkiye 'de yapılan bilimsel araştırmalarda iklim değişikliğinin tarım ürünlerinin fenofazlarında kaymalara neden olduğu ve verim kaybına sebebiyet verdiği tespit edilmektedir. Örneğin buğdayların başak ve hasat zamanlarının 10 yılda 4 gün uzadığı ve hava sıcaklığının 1°C artmasının hasat zamanını 8 gün ileriye aldığı hesaplanmaktadır (Şensoy vd., 2014; Vanlı & Demir, 2025).). Çukurova bölgesinde yapılan araştırmada buğday verimini etkileyen en önemli faktörün iklimsel olayların olduğu ve ekim zamanında aşırı sıcaklık ve başaklanma zamanında ise aşırı yağışlara maruz kalması etkili olmaktadır (Şensoy vd., 2014). Türkiye'de yaşanan iklim değişiklikleri üreticilerin tarım ve hayvancılıktan elde ettikleri gelirlere etki etmektedir. Artan iklimsel riskler ürün kaybına ve sürdürülebilir doğal kaynakların azalmasına, çiftçilerinde gelirlerine karşı duyarlılıklarının arttırmasına neden olmaktadır. Yapılan orta ve uzun vadeli çalışmalarda ürünlerde yaşanacak verim kayıplarına, verimde dalgalanmalara, gıda fiyatlarında artışa neden olmakta ve ekonomiye etkileri ise ilk olarak bölgesel daha sonraları ise ulusal düzeyde hissedilecektir (IPCC, 2014)

Enerji sektörünün iklim değişikliklerine maruz kalması ve potansiyel etkileri için yapılan çalışmalar ile araştırmalar iklimsel olaylara duyarlı diğer sektörlerle (tarım, turizm, hayvancılık, tarım gibi) göre kapsam olarak daha az ele alınmaktadır. Oysa enerji sektörü iklim risklerine maruz kalması yönünden genelde enerji talebi üzerine odaklanmaktadır. İklim değişikliğinin Türkiye'nin son 10 yılında sera gazı salınımı % 70 oranında fosil yakıt tüketiminden ve yarıya yakınında enerji sasnayisinde elektrik üretimi için termik santrallerin neden olduğu ortaya konmaktadır. Bu nedenle sera gazı salınımının sorumluları arasında yer alan enerji sektörü küresel iklim değişikliğinin sonuçlarından en çok etkilenen sektörlerin başında yer almaktadır. Son yılların sıcaklık verileri incelendiğinde Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz ve Orta Doğu coğrafyası ortalama sıcaklıklarda artış meydana geldiği tespit edilmekle beraber artan

sıcaklığın kuraklığa sebebiyet vererek yeryüzü sularında (nehir, dere, göller gibi) azalma meydana getirmektedir. İklim değişikliği ülkemizde değişen hava olayları ile termik santrallerin (doğalgaz, kömür ve linyitle çalışan) iş akışı (proses, soğutma) gereği kullandıkları sular su kıtlığını arttırmakta ve saldıkları atık sular temiz su kaynaklarını kirletmektedir. Ülkemizde son 10 yılda %13 oranında artan nüfusu ve %67 oranında GSYİH ile gelişen ekonomisi enerji tüketimini % 34, enerji sektörünün saldıği emisyonlar ise %26 oranında artış göstermektedir. Ülkemizde yenilenebilir enerji ile ilgili teşvikler ile politikalar, özel sektör yatırımlarını yenilenebilir enerjiye yönlendirmektedir. Yeşil dönüşüm için verilen bu teşvikler, yenilenebilir enerji yatırımlarını artırma, kaynakları etkin kullanmakla beraber, uzun süreli alım garantisii verilerek Yenilenebilir Enerjiyi Destekleme Mekanizması (YEKDEM) ile yerli üretimi teşvik ederek, büyük projeleri gerçekleştirme konusunda gerekli destekler verilmelidir (Arkel & Darch, 2006; İklim Uyum Projesi, 2023).

Türkiye sanayi sektöründe 2053 yılı hedefleri kapsamında sera gazı salınımını net sıfır hedefleri doğrultusunda azaltarak, sektörü koruyup rekabet gücünü arttırmayı, enerji verimliliğini yaygınlaştırarak yenilenebilir enerjiye geçişi desteklemeyi, ileri teknoloji ile kaynakların verimli kullanılmasını, sürdürülebilirlik uygulamaları ve döngüsel ekonomi ile karbon emisyonunu önemli ölçüde azaltacaktır. Ülkemizde AB tarafından yürürlüğe giren Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (SKDM) çimento, gübre, demir-çelik gibi sektörleri 2053 net sıfır emisyon hedefi doğrultusunda yenilikçi teknikler ve teknolojilerle temiz üretim, destekleyici politikalar ve fon ihtiyacını ortaya koyarak düşük emisyon için yol haritası geliştirilmelidir. Çünkü Türk ihracatının ana pazar odağı AB olduğu için, karbon kaçaklarını önleme, sürdürülebilir ekonomi modeli ortaya koymak için geliştirilen SKDM ülkemiz ihracatında önemli etkisi bulunmaktadır. Ülkemizde SKDM etkisinde kalacak sektörlerin bu pazarda rekabet edebilmesi ve rekabet şartlarına ayak uydurabilmeleri için Yeşil Mutabakat Eylem Planı uygulamaya geçirilmiştir. Karbon fiyatlandırması, SKDM'nin oluşturacağı ekonomik yükün azaltılması ile sanayi sektörünün karbonsuzlaştırılarak verimliliğin artırılması bir fırsat olarak görülebilmektedir (Vajjarapu vd., 2020; T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2024; İklim Uyum Projesi, 2023).

Ulaşım, iletişim ve lojistik sektörü küresel iklim değişikliği ile onun oluşturduğu tehlike ve risklerden en fazla etkilenen sektörler arasındadır. Bu etkiler değerlendirilirken hem altyapı, ulaşım, lojistik ve iletişim faaliyetlerinin hemde yolcu, yük ve veri akışına olan etkilerinde değerlendirilmelidir (Vajjarapu vd., 2020). Oluşan bu tehlikelerden altyapıların tahribata uğrayarak zarar görmesi ile iletişimin aksaması ülkemizde toplumsal ile ekonomik işleyişi, acil

sağlık hizmetlerini ve eğitimi aksatma gücüne sahiptir. Aynı zamanda ülke ekonomisinin ve toplumsal faaliyetlerin sürdürülebilir olarak devam etmesini, insanların gelirleri ile kamusal hizmete ulaşımını ve dahası bütün ekonomik ve toplumsal olayları kapsamaktadır. İklim değişikliğinin toplumsal faaliyetlere, ülke ekonomisine, kalkınma hamlelerine etki eden ulaşım, lojistik ve iletişim sektörleri iklim değişikliğinin tehlikelerine karşı hazırlıklı olmak, direnç göstermek ve uyum kapasitesini arttırmak ciddi önem arz etmekle beraber iklim değişikliğinin oluşturduğu tehditler (sıcakların artması, kuraklık, sel, fırtına, taşkın ve deniz seviyesinin yükselmesi) ülkemizde Ege ve Akdeniz bölgesinde her yıl yaşanan orman yangınları, Karadeniz bölgesinde yaşanan sel felaketi, kış aylarında Doğu ve Güneydoğu bölgesinde yaşanan çığ felaketi en son 6 Şubat 2023' te yaşanan K.Maraş merkezli 11 ili etkileyen deprem felaketi bunlara en güzel örnek olarak açıklanabilir (Şahin & Kılınç, 2016; İklim Uyum Projesi, 2023).

Tablo 2. Doğal Afetlerin ve İklim Risklerinin Etkileri

Doğrudan Etkiler	Dolaylı Etkiler	İkincil Etkiler
Konut, Bina ve Taşınmaz Hasarları	Ürün Taleplerinde Azalış	Salgın Hastalıklarda artış
İnsanların Ücret Kayıpları	İşini Kaybetmiş insanların İş Bulamama durumu	Enflasyonun yükselmesi
Kara ve Demir Yolu ile İletişim Ağında Hasarlar	Vergi Gelirlerinde Yaşanan Değişim	Fırsat Kayıpları ile ihracat ve ithalatta azalış
Üretimde Yaşanan Kayıpları		Doğada Yaşanan Değişiklikler
Acil Durum, Acil Sağlık ve Yeniden Yapılanma Masrafları		Bütçe Açıkları

Kaynak: Şahin & Kılınç, 2016

Tablo 2, doğal afetler ve iklim kaynaklı risklerin ekonomik ve toplumsal sistemler üzerindeki etkilerinin tek boyutlu olmadığını, aksine birbirini besleyen çok katmanlı bir yapı sergilediğini göstermektedir. Doğrudan etkiler, fiziksel varlıklarda meydana gelen hasarlar ve üretim süreçlerindeki aksaklıklar üzerinden ilk aşamada ortaya çıkarken, bu etkilerin zaman içinde dolaylı kanallar aracılığıyla gelir kayıpları, talep daralması ve kamu maliyesi üzerinde baskı oluşturan sonuçlara dönüştüğü görülmektedir. Dolaylı etkilerin derinleşmesiyle birlikte, ekonomik belirsizliklerin artması, enflasyonist baskılar ve dış ticaret hacmindeki daralma gibi ikincil etkiler ortaya çıkmakta; bu süreç yalnızca ekonomik göstergeleri değil, toplumsal refahı ve doğal sistemlerin sürdürülebilirliğini de etkilemektedir. Bu çerçevede tablo, iklim risklerinin yalnızca afet anına özgü sonuçlar üretmediğini, uzun vadede makroekonomik dengeler ve kamu politikaları üzerinde kalıcı etkiler yaratabilecek bir etki zinciri oluşturduğunu kavramsal olarak ortaya koymaktadır. Şekil, Türkiye ile seçili ülkelerin iklim riski ve kırılganlık düzeylerini farklı boyutlar üzerinden karşılaştırmalı olarak sunarak, ülkelerin iklim değişikliğine maruz kalma ve bu risklere karşı uyum kapasitelerinin homojen olmadığını ortaya koymaktadır.

Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinin ekonomik yapı içindeki payı, aşırı sıcak gün sayılarındaki artış, varlıkların iklim riskine maruziyeti ve zorunlu yerinden edilme gibi göstergeler birlikte değerlendirildiğinde, iklim risklerinin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik kırılganlıklarla da yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin bazı göstergelerde orta ve yüksek risk grubunda yer alması, iklim değişikliğinin sektörel yapı, refah düzeyi ve nüfus hareketleri üzerindeki potansiyel etkilerinin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu karşılaştırmalı görünüm, ülkelerin iklim risklerine karşı farklı politika öncelikleri ve uyum stratejileri geliştirmesinin kaçınılmaz olduğunu ve tek tip bir risk yönetimi yaklaşımının yeterli olmayacağını kavramsal düzeyde desteklemektedir.

Şekil 1. Türkiye ve Seçili Ülkelerde İklim Riski ve Kırılganlık Göstergelerinin Karşılaştırmalı Görünümü



Kaynak: World Bank. (2022, 13 Haziran).

Şekil 1, Türkiye ile seçili ülkelerin iklim riski ve kırılganlık düzeylerini farklı boyutlar üzerinden karşılaştırmalı olarak sunarak, ülkelerin iklim değişikliğine maruz kalma ve bu risklere karşı uyum kapasitelerinin homojen olmadığını ortaya koymaktadır. Tarım, ormancılık ve balıkçılık sektörlerinin ekonomik yapı içindeki payı, aşırı sıcak gün sayılarındaki artış, varlıkların iklim riskine maruziyeti ve zorunlu yerinden edilme gibi göstergeler birlikte değerlendirildiğinde, iklim risklerinin yalnızca çevresel değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik kırılganlıklarla da yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Özellikle Türkiye'nin bazı göstergelerde orta ve yüksek risk grubunda yer alması, iklim değişikliğinin sektörel yapı, refah düzeyi ve nüfus hareketleri üzerindeki potansiyel etkilerinin dikkate alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu karşılaştırmalı görünüm, ülkelerin iklim risklerine karşı farklı politika

öncelikleri ve uyum stratejileri geliştirmesinin kaçınılmaz olduğunu ve tek tip bir risk yönetimi yaklaşımının yeterli olmayacağını kavramsal düzeyde desteklemektedir.

SONUÇ

Bu çalışma, küresel iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı fiziksel ve geçiş risklerinin, şirketlerin finansal performansı üzerindeki olası etkilerini Türkiye bağlamında kavramsal bir çerçeve içerisinde değerlendirmeyi amaçlamıştır. Çalışmada ampirik bir analiz yürütülmemiş; bunun yerine iklim risklerinin finansal sistemle hangi kanallar üzerinden ilişkilendiği, şirketlerin faaliyet yapıları ve sektör dinamikleri dikkate alınarak sistematik biçimde tartışılmıştır. Bu yönüyle çalışma, iklim değişikliği literatüründe giderek artan ampirik bulgulara teorik ve kavramsal bir zemin sunmayı hedeflemektedir.

İklim risklerinin finansal performans üzerindeki etkileri incelendiğinde, söz konusu risklerin yalnızca çevresel nitelikte olmadığı; aynı zamanda nakit akışları, maliyet yapıları, varlık değerlemeleri ve finansmana erişim gibi temel finansal göstergelerle yakından ilişkili olduğu görülmektedir. Fiziksel risklerin üretim süreçlerinde kesintilere ve maliyet artışlarına yol açma potansiyeli, geçiş risklerinin ise mevzuat uyumu, teknoloji yatırımları ve piyasa beklentileri üzerinden şirketlerin finansal yapılarını dönüştürme baskısı yarattığı anlaşılmaktadır. Bu çerçevede iklim riskleri, geleneksel finansal risk türlerinden bağımsız değil; aksine kredi, piyasa, likidite ve operasyonel risklerle iç içe geçmiş bir yapı sergilemektedir.

Türkiye açısından değerlendirildiğinde, ülkenin coğrafi konumu, ekonomik yapısı ve ihracat odaklı sanayi profili iklim risklerine karşı kırılganlığı artıran unsurlar olarak öne çıkmaktadır. Tarım, enerji, sanayi ve ulaştırma gibi sektörlerin iklim değişikliğine duyarlılığı, bu risklerin sektörel düzeyde farklılaşan etkiler yaratabileceğini göstermektedir. Özellikle Avrupa Birliği ile yoğun ticari ilişkiler, sınırda karbon düzenleme mekanizmaları ve yeşil dönüşüm politikaları, Türkiye’de faaliyet gösteren şirketlerin iklim risklerini stratejik bir finansal konu olarak ele almalarını zorunlu kılmaktadır.

Çalışmanın bulguları, iklim risklerinin yalnızca kısa vadeli maliyet unsurları olarak değil, uzun vadeli kurumsal dayanıklılık ve rekabet gücü bağlamında değerlendirilmesi gerektiğine işaret etmektedir. Şirketlerin iklim risklerini kurumsal risk yönetimi çerçevelerine entegre etmeleri, finansal planlama ve yatırım kararlarında bu riskleri dikkate almaları giderek daha kritik hale gelmektedir. Aynı zamanda finansal kurumlar ve düzenleyici otoriteler açısından da iklim risklerinin izlenmesi ve raporlanması, finansal istikrarın korunması bakımından önemli bir politika alanı oluşturmaktadır.

Son olarak bu çalışma, gelecekte yapılacak ampirik araştırmalar için kavramsal bir temel sunmaktadır. İlerleyen çalışmalarda, iklim risk göstergelerinin firma düzeyinde finansal performans ölçütleriyle ilişkilendirilmesi, sektörler arası karşılaştırmaların yapılması ve Türkiye özelinde uzun dönemli veri setlerinin kullanılması literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Bu bağlamda çalışma, iklim değişikliği ile finansal performans arasındaki ilişkinin daha derinlikli biçimde analiz edilmesine yönelik araştırmalara yön gösterici bir çerçeve niteliği taşımaktadır.

Kaynakça

- Alessi, L., Di Girolamo, E. F., Pagano, A., & Giudici, M. P. (2024). Accounting for climate transition risk in banks' capital requirements. *Journal of Financial Stability*, 73, 101269. <https://doi.org/10.1016/j.jfs.2024.101269>
- Arkel, B. P., & Darch, G. J. C. (2006). Impact of climate change on London's transport network. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Municipal Engineer*, 159, 231–237.
- BCBS (Basel Committee on Banking Supervision). (2021a). Climate-related risk drivers and their transmission channels. Basel Committee on Banking Supervision. <https://www.bis.org/bcbs/publ/d517.htm>
- BDDK (Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu). (2022a). Yeşil dönüşümün finansmanı: Fırsatlar ve zorluklar. BDDK. <https://www.bddk.org.tr/KurumHakkinda/EkGetir/18?ekId=126>
- Birleşmiş Milletler. (2021). İklim raporu. Birleşmiş Milletler Yayınları.
- Bumin, M. (2023). İklimle bağlantılı finansal risklere ilişkin Basel Komitesi prensipleri ve Türk bankacılık sektörü için öneriler. *Sayıştay Dergisi*, (130), 387–418. <https://doi.org/10.52836/sayistay.1348178>
- Bruno, B., & Lombini, S. (2023). Climate transition risk and bank lending. *Journal of Financial Research*, 46(S1), 59–106. <https://doi.org/10.1111/jfir.12360>
- Chen, Y. H. H., Landry, E., & Reilly, J. M. (2021). An economy-wide framework for assessing global transition risk in the energy production sector (Working Paper). Purdue University, Center for Global Trade Analysis. <https://ageconsearch.umn.edu/record/330211>
- Çavlak, H. (2022). İklim ile ilişkili hususların finansal etkisi ve finansal raporlarda sunumu: Bir havayolu işletmesi örneği. *Erciyes Akademisi*, 36(3), 1167–1190. <https://doi.org/10.48070/erciyesakademi.1132455>
- Güneysu, Y., & Atasel, O. Y. (2022). Karbon emisyonları ile finansal performans arasındaki ilişkinin incelenmesi: BIST 100 endeksinde bir araştırma. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(3), 1183–1193. <https://doi.org/10.18069/firatsbed.1125859>
- He, L.-H., Leng, Y.-K., & Pan, S.-N. (2021). Decisions of low carbon supply chain with corporate social responsibility and fairness concerns. *International Journal of Operations and Quantitative Management*, 27(4), 337–360. <https://doi.org/10.46970/2021.27.4.3>
- IPCC. (2014). Climate change 2014: Synthesis report. Intergovernmental Panel on Climate Change, Geneva.
- Kartal, C. (2024). Karbon riskinin finans sektöründeki etkileri ve yönetim stratejileri. In *Uluslararası ticarete sürdürülebilirlik (Bölüm 7)*.
- Markolf, S. A., Hoehne, C., Fraser, A., Chester, M. V., & Underwood, B. S. (2019). Transportation resilience to climate change and extreme weather events: Beyond risk and robustness. *Transport Policy*, 74, 174–186.
- Narter & Partners. (2025, 16 Temmuz). İklim riski ve kurumsal dayanıklılık: Finansal etkiler ve hazırlık stratejileri. <https://www.narterlaw.com/iklim-riski-ve-kurumsal-dayaniklilik/>
- Nguyen, N. T. K. (2017). Foreign direct investment and exports and economic growth in Vietnam. *Asian Economic and Financial Review*, 7(5), 519–527. <https://doi.org/10.18488/journal.aefr.2017.75.519.527>
- Pehlivanlı, D. (2021). Türkiye risk raporu 2021. İstanbul.

- Rempel, A., & Gupta, J. (2022). Just, effective and feasible approaches for the future fossil fuel transition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 13(2), e756. <https://doi.org/10.1002/wcc.756>
- Şahin, İ., & Kılınç, T. (2016). Türkiye’de 1980–2014 yılları arasında görülen depremlerin ekonomik etkileri. *İktisadi Yenilik Dergisi*, 4(1), 33–42.
- Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., Demircan, M., Arabacı, H., & Boluk, E. (2015). Kentleşmenin Ankara’da aşırı sıcaklık indeksleri üzerindeki etkisi. VII. Uluslararası Katılımlı Atmosfer Bilimleri Sempozyumu, İstanbul.
- Tang, J., & Li, J. (2022). Carbon risk and return prediction: Evidence from the multi-CNN method. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1035809. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2022.1035809>
- Turnacıgil, S. (2025). Fiziksel ve geçiş iklim risklerinin banka performansı üzerindeki etkisi: Türk bankacılık sektöründe nedensellik analizi. *International Journal of Economics, Politics, Humanities & Social Sciences*, 8(3), 131–142. <https://doi.org/10.59445/ijephss.1710806>
- Vajjarapu, H., Verma, A., & Allirani, H. (2020). Evaluating climate change adaptation policies for urban transportation in India. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 47, 101534.
- Wang, S., Xie, Z., Wu, R., & Feng, K. (2022). How does urbanization affect the carbon intensity of human well-being? *Applied Energy*, 312, 118798. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2022.118798>
- Willis, A., & Keyes, S. (2017). Climate change briefing: Questions for directors to ask. Natural Resources Canada.
- World Bank. (2022, June 13). Key highlights: Türkiye country climate and development report. World Bank.
- World Bank. (2023). World Bank annual report 2023: A new era in development. World Bank.
- World Economic Forum. (2019). The global competitiveness report 2019. World Economic Forum.
- World Economic Forum. (2021). The global risks report 2021. World Economic Forum.
- World Health Organization. (2021). Health and climate change global survey report 2021. WHO.

KAMU YÖNETİMİ VE POLİTİKA GELİŞTİRME SÜREÇLERİNDE ZORUNLU GÖÇ OLGUSU

Dr. Öğr. Üyesi Galip USTA

Trabzon Üniversitesi

ORCID: 0000-0001-6279-1694

Öğr. Gör. Dr. Kemal TORPUŞ

Artvin Çoruh Üniversitesi

ORCID: 0000-0002-2204-0666

ÖZET

Göç; afet, kıtlık, savaş, siyasal ve toplumsal faktörler gibi nedenlere bağlı olarak kişilerin bulundukları bölgelerden ayrılarak başka yerlere yerleşmeleri olarak ifade edilmektedir. Göç, yer değiştirmeye neden olan faktörlere bağlı olarak iç, dış, zorunlu ve gönüllü göç şeklinde sınıflandırılabilir. Bu bağlamda göçe neden olan faktörlerin ve göç üzerine yapılan çalışmaların incelenmesinin göç konusundaki politika süreçlerine önemli derecede katkı sunacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada, zorunlu göç alanında yayımlanmış çalışmaların incelenmesi, bu konudaki küresel eğilimlerin değerlendirilmesi ve elde edilen sonuçlara göre kamu yöneticileri için önerilerin sunulması amaçlanmıştır. Bu amaçla çalışmada bibliyometrik analiz tekniği tercih edilmiştir. Çalışmanın verileri 16.12.2025 tarihinde Web of Science veri tabanından “Forced Migration” kelimesi taranarak elde edilmiştir. Çalışmaya article ve review articles çalışmalar dahil edilmiştir. Tarama sonucunda zorunlu göç konusuna ilişkin 3459 adet yayının olduğu ve ilk yayının 1973 yılında yapıldığı, en fazla yayının ise 2024 yılında yapıldığı görülmüştür. Yayın dili açısından en fazla yayının İngilizce dilinde, web of science categories açısından demography kategorisinin ilk sırada yer aldığı belirlenmiştir. Web of Science Index açısından değerlendirme yapıldığında Social Sciences Citation Index (SSCI) indeksli yayınların ilk sırada yer aldığı belirlenmiştir. Yayınların ülkelere göre dağılımı incelendiğinde en fazla yayının Amerika Birleşik Devletleri’nde olduğu belirlenmiştir. Atıfların organizasyon yapısına göre incelemesi yapıldığında Oxford Üniversitesi 1563 atıf ve 41 toplam bağlantı gücü ile ilk sırada yer alırken bunu Florida State Üniversitesi 596 atıf ve 26 toplam bağlantı gücü ile takip etmiştir. Bu veriler ışığında, zorunlu göç konusunun bilimsel zeminde tartışılması ve sunulan önerilerin dikkate alınması, kamu yöneticilerinin plan oluşturma ve strateji geliştirme süreçlerine önemli derecede katkı sunabilir. Ayrıca bu alanda daha fazla çalışma yapılmasının ve bu konudaki çalışma eğilimlerinin izlenmesinin, göç yönetimi konusundaki politikaların güncellenmesine ve kamu yöneticilerinin doğru karar alma süreçlerine katkı sağlayacağı kabul edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Göç kavramı, kamu yönetimi, kamu politikaları, zorunlu göç

THE PHENOMENON OF FORCED MIGRATION IN PUBLIC ADMINISTRATION AND POLICY DEVELOPMENT PROCESSES

ABSTRACT

Migration is defined as the movement of people from their regions to other places due to reasons such as disasters, famine, war, and political and social factors. Depending on the factors causing the displacement, migration can be classified as internal, external, forced, and voluntary migration. In this context, examining the factors that cause migration and the studies conducted on migration is expected to significantly contribute to policy processes regarding migration. Therefore, this study aims to examine published works in the field of forced migration, evaluate global trends in this area, and present recommendations for public administrators based on the findings. For this purpose, bibliometric analysis technique was chosen for the study. The data for the study was obtained by searching the Web of Science database for the term "Forced Migration" on December 16, 2025. This study evaluated both compilation and original articles. The review revealed 3459 studies focusing on forced migration. The first publication was in 1973, with the highest number of publications occurring in 2024. In terms of publication language, English publications were the most common. Regarding Web of Science categories, the demographics category was the most prevalent. In terms of the Web of Science Index, publications indexed in the Social Sciences Citation Index (SSCI) were the most common. The United States was the country producing the most publications. In terms of citations, Oxford University led with 1563 citations and a total link power of 41, followed by Florida State University with 596 citations and a total link power of 26. Based on the data and evaluations, it is concluded that considering the evaluation of scientific studies focusing on forced migration and the recommendations presented within this context will contribute to the planning and policy-making processes of public administrators dealing with this issue. Furthermore, it can be said that conducting more scientific studies and evaluations on this specific topic will contribute to policymakers and public administrators making informed decisions regarding migration.

Keywords: The concept of migration, public administration, public policies, forced migration

1. INTRODUCTION

Migration, a phenomenon classified in various ways in the literature, is considered to be the displacement of individuals or communities due to reasons such as famine, disaster, war, and social and political factors (Baggio, 2025; Luthra et al., 2016). Individuals may be forced to relocate due to these factors or other compelling reasons (Bartram, 2015). Therefore, since necessity ultimately arises from this situation, the concept of forced migration emerges

(Bartram, 2015; Becker & Ferrara, 2019). Forced migration can be defined as the displacement of individuals or communities as a result of circumstances (AFAD, 2014). It is possible to say that this concept is used frequently today due to the contribution of many factors (Marchiori et al., 2012; Beine & Parsons, 2015; Cattaneo & Peri, 2016). In this context, this situation can become permanent, especially for war victims seeking a safe zone (Becker & Ferrara, 2019). Forced migration can have different consequences than other types of migration, and those involved may face more difficult living conditions (Ruiz & Vargas-Silva, 2013). This situation can lead to various levels of socio-cultural, economic, and political consequences for populations in both source and destination countries, as well as for migrants (Becker & Ferrara, 2019). Numerous studies have been conducted on migration in the literature (Sweileh et al., 2018; Maretti et al., 2019; Benomar et al., 2022; Khavarian-Garmsir et al., 2024; Li & Wei, 2025). However, bibliometrically based studies focusing on forced migration are considered rare. Therefore, this study aims to examine the scientific literature published in the field of forced migration and to reveal the global trends, research gaps, and focal points of the field.

2. METHOD

The study employs bibliometric analysis. The data used in this study were obtained from the Web of Science (WOS) database. Bibliometric analyses are important for identifying trends related to the subject under investigation and for a holistic approach to the topic (Donthu et al., 2021; Merigó et al., 2015). The data for this study was downloaded on December 16, 2025. The search focused specifically on the concept of "Forced Migration." Publications were analyzed in terms of year, citation organization relationship, publication language, and publication category. The VOSviewer program, frequently used in bibliometric studies, was employed for data analysis and visualization (VOSviewer, n.d.). VOSviewer is a program frequently preferred in bibliometric studies, offering significant advantages in data mapping and visualization (van Eck & Waltman, 2010). The data used in this study do not fall within the criteria requiring ethical committee approval. Therefore, ethical committee approval was not needed.

3. RESULTS AND DISCUSSION

Within the limitations defined in this study, a search using the term "Forced Migration" resulted in 3459 publications. The first publication was in 1973, and the year with the most publications was 2024. One study reported that the first publication related to climate change-induced migration was in 1983 (Khavarian-Garmsir et al., 2025). It was observed that the highest number of publications were in English. English is among the most frequently published

languages in articles on forced migration due to climate change (Milán-García et al., 2021). When evaluated from the perspective of the Web of Science Index, it was determined that publications indexed in the Social Sciences Citation Index (SSCI) (1655 publications) ranked first. Examining the distribution of publications by country, it was found that the United States had the most publications (756 publications) (Fig. 1, 2). It is noted that the majority of migration studies are conducted in North America (Benomar et al., 2022).

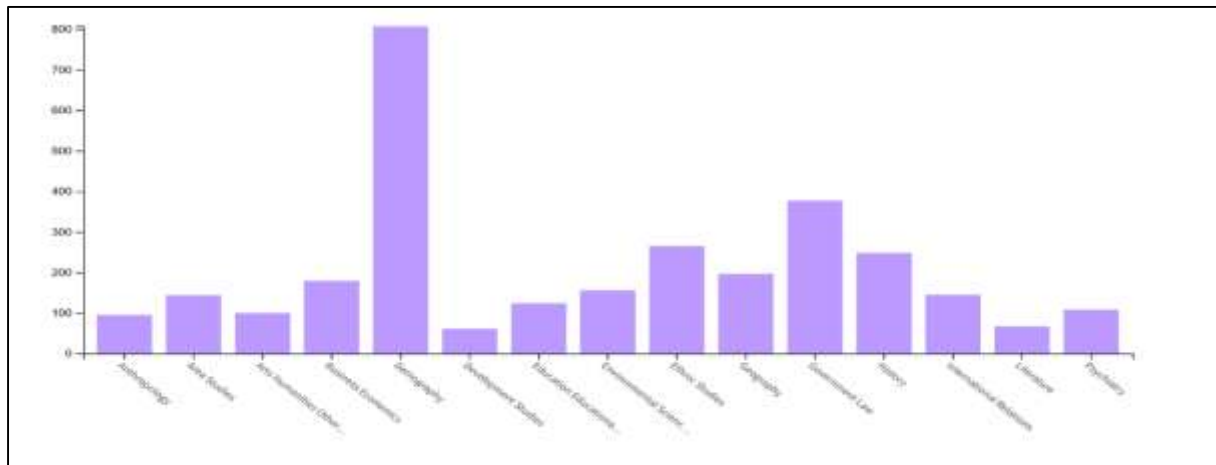


Fig. 1. Distribution of Publications by Web of Science Category

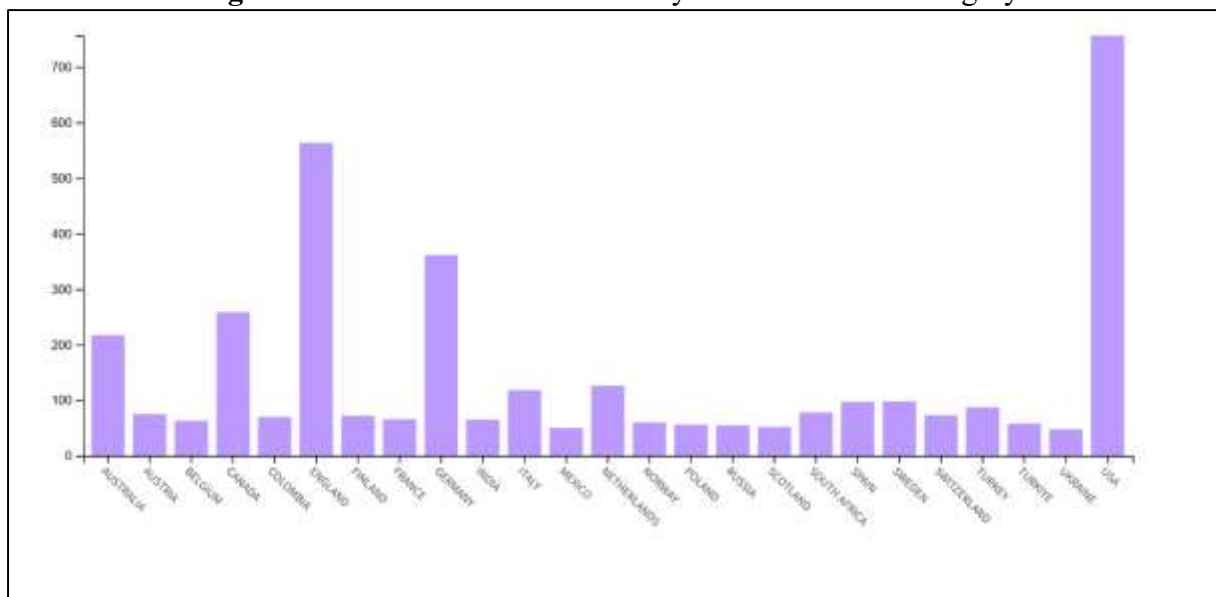


Fig. 2. Distribution of Publications by Country

When the keyword analysis was evaluated, it was determined that the keyword "forced migration" was used 538 times with a total link strength of 635, the keyword "refugees" was used 144 times with a total link strength of 263, and the keyword "displacement" was used 47 times with a total link strength of 100 (Fig. 3).

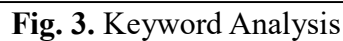
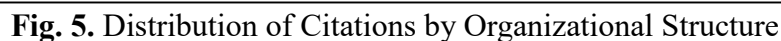


Fig. 4. Distribution of Citations by Country

366



Based on the findings and evaluations, it can be said that focusing on forced migration and being more productive in terms of publications on this subject is important. It can be stated that the studies and recommendations to be made within this scope will be important in terms of providing a reference for public administrators working on migration issues, enabling them to make informed decisions and develop sound policies.

367

- Khavarian-Garmsir, A. R., Hajian Hossein Abadi, M., Sadeghi, A., Rahimi, D., & Asadzadeh, A. (2024). Trends and future research in climate migration: A bibliometric analysis of forty years. *Environmental Hazards*, 23(3), 241-264. <https://doi.org/10.1080/17477891.2023.2265928>
- Li, J., & Wei, Z. (2025). Bibliometric analysis of immigrants' health education: Research status, evolution, and trends with citespace. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 7121-7157. <https://doi.org/10.2147/JMDH.S526341>
- Luthra, R., Platt, L., & Salamońska, J. (2016). Types of migration: The motivations, composition, and early integration patterns of “new migrants” in Europe. *International Migration Review*. <https://doi.org/10.1111/imre.12293>
- Marchiori, L., Maystadt, J. F., & Schumacher, I. (2012). The impact of weather anomalies on migration in sub-Saharan Africa. *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(3), 355-374. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2012.02.001>
- Maretti, M., Tontodimamma, A., & Biermann, P. (2019). Environmental and climate migrations: An overview of scientific literature using a bibliometric analysis. *International Review of Sociology*, 29(2), 142-158. <https://doi.org/10.1080/03906701.2019.1641270>
- Merigó, J. M., Mas-Tur, A., Roig-Tierno, N., & Ribeiro-Soriano, D. (2015). A bibliometric overview of the journal of business research between 1973 and 2014. *Journal of Business Research*, 68, 2645–2653. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.04.006>
- Milán-García, J., Caparrós-Martínez, J. L., Rueda-López, N., & de Pablo Valenciano, J. (2021). Climate change-induced migration: A bibliometric review. *Globalization and Health*, 17(1), 74. <https://doi.org/10.1186/s12992-021-00722-3>
- Ruiz, I., & Vargas-Silva, C. (2013). The economics of forced migration. *The Journal of Development Studies*, 49(6), 772-784. <https://doi.org/10.1080/00220388.2013.777707>
- Sheikh, A. H., Hamid, S., Lone, B. A., Muzaffar, F., & Hussain, M. (2025). Migration and women's health research (2000– 2023): A bibliometric analysis of trends and gaps. *Dialogues in Health*, 100210. <https://doi.org/10.1016/j.dialog.2025.100210>
- Sweileh, W. M., Wickramage, K., Pottie, K., Hui, C., Roberts, B., Sawalha, A. F., & Zyoud, S. H. (2018). Bibliometric analysis of global migration health research in peer-reviewed literature (2000–2016). *BMC Public Health*, 18(1), 777. <https://doi.org/10.1186/s12889-018-5689-x>
- van Eck, N. J., & Waltman, L. (2010). Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, 84(2), 523–538. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0146-3>
- VOSviewer (n.d.). 16 Aralık 2025 <https://www.vosviewer.com/>

SURİYELİ MÜLTECİLERDE ERGEN DOĞURGAN KADINLARA VERİLEN AİLE PLANLAMASI EĞİTİMİNİN AİLE PLANLAMASI TUTUMLARINA ETKİSİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Kafaa ALSHEIKH

Gaziantep üniversitesi, Göç Enstitüsü, Göç ve Mülteci Sağlığı, 27310, Şehitkamil, Gaziantep

Adile NEŞE

Gaziantep Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, 27310, Şehitkamil, Gaziantep

ORCID: 0000-0002-6462-4037.

ÖZET

Bu çalışma Suriyeli mültecilerde ergen doğurgan kadınlara verilen aile planlaması eğitiminin aile planlaması tutumlarına etkisinin değerlendirilmesi amacıyla Kasım 2024-Mayıs 2025 tarihlerinde yarı deneysel ön test ve son test olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmadaki katılımcılar eğitim ve kontrol grubu şeklinde ayrılmıştır. Veriler kişisel bilgi formu ve Aile Planlaması Tutum Ölçeği aracılığıyla toplanmıştır. Verilerin analizinde ki-kare testi, sürekli veri tipindeki değişkenlerin karşılaştırılmasında bağımsız gruplarda t testi, üç ve daha fazla bağımsız gruplarda ise ANOVA, Post Hoc testlerinden Tukey Test, zamana göre tekrarlı ölçümlerde bağımlı örneklem t testi ve karma desenli ANOVA testi kullanılmıştır. Kadınların genel olarak yaş ortalamaları 20.51 ± 2.53 , tamamının evli ve çoğunluğunun ilk öğretim mezunu, ev hanımı, iki çocuk sahibi, 10 yıl ve üstü süredir Türkiye’de yaşadığı belirlenmiştir. Çalışmada eğitim gurubunun aile planlaması tutum ölçeği toplam ön test ($57,98 \pm 6,53$) son test ($113,70 \pm 3,35$) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olduğu ve aile planlaması tutum ölçeği toplam puanının eğitim sonrası yüksek olduğu bulunmuştur ve eğitim ($t=-49,589$; $p<0,05$). Kontrol gurubunun aile planlaması tutum ölçeği toplamı ön test ($49,58 \pm 6,48$) son test ($59,88 \pm 5,00$) puanları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık olmasına rağmen aile planlaması tutum ölçeği toplam puanı ortalaması eğitim grubuna göre daha düşük bulunmuştur ($t=-8,872$; $p<0,05$).

Sonuç olarak; Suriyeli mültecilerde ergen doğurgan kadınlara verilen aile planlaması eğitiminin, aile planlamasına yönelik tutumlarını anlamlı ve olumlu yönde etkilemiştir. Bu nedenle Suriyeli mülteci kadınlara yönelik düzenli ve kültürel olarak uygun aile planlaması eğitim programlarının yaygınlaştırılması ve erişilebilir hale getirilmesi önerilebilir.

Anahtar kelimeler: Göçmen kadınlar, Aile planlaması, Eğitim, Tutum

EVALUATION OF THE EFFECT OF FAMILY PLANNING EDUCATION PROVIDED TO ADOLESCENT FERTILE WOMEN AMONG SYRIAN REFUGEES ON THEIR FAMILY PLANNING ATTITUDES

ABSTRACT

This study was conducted between November 2024 and May 2025 as a quasi-experimental pretest–posttest design to evaluate the effect of family planning education provided to

adolescent fertile women among Syrian refugees on their family planning attitudes. Participants in the study were divided into an intervention group and a control group. Data were collected using a personal information form and the Family Planning Attitude Scale. In the analysis of the data, the chi-square test; independent samples t-test for comparisons of continuous variables between groups; ANOVA and Tukey post hoc test for comparisons involving three or more independent groups; paired samples t-test for repeated measures by time; and mixed-design ANOVA were used.

The mean age of the women was 20.51 ± 2.53 years, all were married, and the majority were primary school graduates, housewives, mothers of two children, and had been living in Türkiye for 10 years or more. The study found a statistically significant difference between the intervention group's pretest (57.98 ± 6.53) and posttest (113.70 ± 3.35) total scores on the Family Planning Attitude Scale, with posttest scores significantly higher ($t = -49.589$; $p < 0.05$). Although there was also a statistically significant difference between the control group's pretest (49.58 ± 6.48) and posttest (59.88 ± 5.00) scores, the mean total score of the control group remained lower compared to the intervention group ($t = -8.872$; $p < 0.05$).

In conclusion, family planning education provided to adolescent fertile Syrian refugee women had a significant and positive effect on their attitudes toward family planning. Therefore, it may be recommended to expand and make accessible regular, culturally appropriate family planning education programs for Syrian refugee women.

Keywords: Migrant women, Family planning, Education, Attitude.

TÜRKİYE’DE CUMHURİYET DÖNEMİ’NDE YAŞANAN KİTLESEL GÖÇLERİN VE UYGULANAN POLİTİKALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ¹⁰

Fatma Buse İYİDİKER DOĞAN

Gaziantep Üniversitesi, Göç Enstitüsü, Göç Çalışmaları Anabilim Dalı, Gaziantep

ORCID:0009-0001-8472-5695

Atik ASLAN

Dr., Gaziantep Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Sosyoloji Bölümü, Gaziantep

ORCID: 0000-0003-3124-4414

ÖZET

Türkiye, tarihsel olarak kitlesel göçlerin “kaynak, geçiş ve hedef” ülkesi özelliklerine sahip bir ülke konumunda olmuştur. Osmanlı İmparatorluğu’ndan Türkiye Cumhuriyeti’ne miras olarak bırakılan kronik bölgesel sorunlar sonucunda kitlesel göç hareketliliğin etkisi devam etmiştir. Ulus devlet niteliklerine göre kurulan Türkiye Cumhuriyeti’nin ilk dönemlerinden itibaren Türk ve Müslüman kimliği temel ölçüt kabul edilerek göç politikaları uygulanmıştır. 1925-1933 yılları arasında yaşanan Yugoslavya göçünde etnik ve dini ölçütlere göre göç politikaları uygulanmıştır. 2. Dünya Savaşı sonrası dönemde Amerika Birleşik Devletleri’nin (ABD) öncülüğündeki Batı bloku ile Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği’nin (SSCB) etkisindeki Doğu bloku arasında yaşanan soğuk savaş döneminde Türkiye tercihinin Batı’dan yana kullanmıştır. Türkiye’nin Batı blokunun yanında yer alması nedeniyle 1950 yılında SSCB’nin etkisi altında olan Bulgaristan hükümeti 150.000 Türk vatandaşı sınır dışı etmiştir. 1984 yılına gelindiğinde Bulgaristan Hükümeti, Türk vatandaşlara yönelik asimilasyon politikalarını uygulamıştır. Uygulanan asimilasyon politikaları neticesinde Türkiye Cumhuriyeti hükümeti 1989 yılında Bulgaristan’dan gelen Türklere kapılarını açmıştır. Aynı dönemde yaşanan İran-Irak Savaşı ve Körfez ülkelerini etkileyen siyasal krizler sonucunda Kürt, Türkmen, Arap, Süryani gibi farklı etnik kökene sahip halkların Türkiye’ye yönelik göç dalgası yaşanmıştır. Kitlesel göçler karşısında Türkiye, güvenlik ve terör endişesiyle sınır kapılarını kapatmıştır. 2011 yılında Suriye’de yaşanan iç savaş sonucunda milyonlarca Suriyeli Türkiye’ye sığınmıştır. Türkiye’nin uyguladığı açık kapı politikası sonucunda yaşanan kitlesel göçün “sosyal, ekonomik ve siyasal” yönlerden olumsuz sonuçları olmuştur. Bu çalışmada Türkiye Cumhuriyeti’nin kuruluşundan itibaren uyguladığı göç politikalarının etkisinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca sürdürülebilir göç yönetiminin önemine ilişkin öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda göçe ilişkin mevzuat, uluslararası antlaşmalar ve Cumhuriyet

¹⁰ Bu çalışma Gaziantep Üniversitesi Göç Enstitüsü Göç Çalışmaları Anabilim Dalı’nda Dr. Öğretim Üyesi Atik Aslan danışmanlığında yürütülen ve Fatma Buse İyidiker Doğan tarafından hazırlanan “Türkiye’de Cumhuriyet Döneminde Yaşanan Kitlesel Göçlerde Uygulanan Göç Politikalarının Araştırılması” başlıklı Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

döneminde etkili olan yöneticilerin açıklamalarına yer verilmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen verilerden hareketle, Türkiye'nin daha kapsamlı ve etkili bir göç politikasına sahip olması gerektiği tespiti yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Türkiye, Kitlesele Göç, Göç Politikası

AN EVALUATION OF MASS MIGRATIONS AND POLICIES IMPLEMENTED IN TÜRKİYE DURING THE REPUBLICAN PERIOD

ABSTRACT

Historically, Turkey has been a country that serves as a "source, transit, and destination" for mass migrations. The impact of mass migration movements has continued as a result of chronic regional problems inherited from the Ottoman Empire to the Republic of Turkey. From the early years of the Republic of Turkey, founded on the principles of a nation-state, migration policies have been implemented based on Turkish and Muslim identity. During the Yugoslav migration between 1925 and 1933, migration policies were applied according to ethnic and religious criteria. In the post-World War II Cold War period, between the Western bloc led by the United States and the Eastern bloc influenced by the Soviet Union, Turkey sided with the West. Because of Turkey's alignment with the Western bloc, in 1950 the Bulgarian government, under the influence of the USSR, expelled 150,000 Turkish citizens. By 1984, the Bulgarian government had implemented assimilation policies targeting Turkish citizens. As a result of the assimilation policies implemented, the Turkish Republic government opened its doors to Turks from Bulgaria in 1989. During the same period, the Iran-Iraq War and political crises affecting the Gulf countries led to a wave of migration to Türkiye from people of diverse ethnic origins, including Kurds, Turkmens, Arabs, and Syrians. Faced with these mass migrations, Turkey closed its borders due to security and terrorism concerns. In 2011, the civil war in Syria resulted in millions of Syrians seeking refuge in Turkey. The mass migration resulting from Turkey's open-door policy had negative consequences in social, economic, and political terms. This study aims to analyze the impact of migration policies implemented by the Republic of Turkey since its founding. Furthermore, it seeks to develop recommendations regarding the importance of sustainable migration management. In this context, legislation related to migration, international agreements, and statements from influential administrators during the Republican era are included. Based on the data obtained from the study, it is concluded that Turkey needs a more comprehensive and effective migration policy.

Keywords: Türkiye, Mass Migration, Migration Policy.

GİRİŞ

Türkiye coğrafi konumu nedeniyle tarih boyunca pek çok kitlesel göç hareketinin hedef ve güzergâh ülkesi olmuştur. Osmanlı Devleti'nden miras kalan siyasal problemler yeni kurulan ulus devlet yapılanmasında etkisini sürdürmüştür; Cumhuriyet'in ilk yıllarında göç hareketlerinin sebeplerinden biri olarak ortaya çıkmıştır. Yeni kurulan Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk dönemlerinde Balkanlar, Kafkaslar ve Ortadoğu coğrafyasından gelen kitlesel göçler olmuştur. Türkiye Cumhuriyeti göç politikasını ulus devlet anlayışı ile şekillendirmiş; Müslüman ve Türk kimliği ölçüt alınarak göçmenlerin ülkeye gelmesine izin verilmiştir.

Erken Cumhuriyet Dönemi'nde 1923 yılında imzalanan Lozan Antlaşması uyarınca Türkiye'deki Rumlar ile Yunanistan'daki Müslümanlar karşılıklı yer değişimine tabi tutulmuştur. Bu bağlamda 30 Ocak 1923 tarihinde Yunan ve Türk Halklarının Mübadelesine İlişkin Sözleşme ve Protokol imzalanmıştır. Sözleşme neticesinde Türkiye'de yaşayan Rum Ortodoks dininden Yunan uyrukları ile Yunanistan'da yaşayan Müslüman dininden Türk uyruklular mübadele edilmiştir (Kayam, 1993, s. 593).

Cumhuriyet Dönemi'nde Yugoslavya ve Bulgaristan merkezli kitlesel göç hareketleri de yaşanmıştır. Sırbistan ve Karadağ'daki baskıcı gruplar tarafından silahları ellerinden alınan Bosna Hersek halkının Müslüman olmalarından ötürü çeşitli baskı ve katliamlara maruz kalmışlardır. Bosna Hersek halkının yaşadığı baskı ve şiddetin artması sonucunda Türkiye'ye yönelik zorunlu göç süreci yaşanmıştır. Bu dönemde Türkiye'nin Yunanistan kaynaklı zorunlu göç süreciyle Bosna Hersek kaynaklı zorunlu göç süreci eş zamanlı olarak gerçekleşmiştir. Müslüman Türk nüfusuna yönelik olarak zorunlu bölgelerde gerçekleşen baskı ve şiddetin katliamlara dönüşmesi; Müslümanların iktisadi faaliyetlerinin ellerinden alınması gibi nedenlerle 1933 ile 1949 yılları arasında on binlerce göçmen Türkiye'ye gelmiştir (Zaim, 1958, s. 435-447). Zorunlu nedenlerden dolayı yerinden edilen göçmenlerin Türkiye'ye gelmesi için Yugoslavya Heyeti ile Türkiye Heyeti arasında yapılan görüşmeler neticesinde Türk Hükümetinin teklifiyle Serbest Göç Antlaşması yapılmıştır. Serbest Göçmen Antlaşması ile birlikte Türkiye'de akrabaları bulunan Yugoslavya Müslümanları daha hızlı bir şekilde göç etmişlerdir.

1970 yıllarına gelindiğinde Bulgaristan hükümetinin Türk azınlığı asimile etmek amacıyla uyguladığı zorla isim değiştirme ve "Bulgarlaştırma" politikaları neticesinde Bulgar Türklerine Bulgar kimliği zorunlu hale getirilmiştir. Bu dönemde Türk kimliği taşıyanlara para cezaları verilmiştir (Demirhan, 2019, s. 261). Ayrıca Müslüman Türk kesim çalışma kamplarında, kömür ocaklarında zorla çalıştırılmış; tepki gösterenler tutuklanmış; camiler kiliselere çevrilmiş

ve Müslüman Türk köylerinde katliamlar yapılmıştır. Bulgar Komünist Partisi'nin etnik kimliği ortadan kaldırmaya yönelik politikaları neticesinde Kırcaali, Haskova, Silistre, Filibe, Eski Zağra gibi yerlerde 310.000 Türk'ün isimleri değiştirilmiştir. Asimilasyon politikalarını kabul etmeyen Türkler ise Bulgar güvenlik güçleri tarafından şiddete uğramış ve katledilmişlerdir (Zafer, 2020). Artan şiddet ve baskı neticesinde Türkiye Cumhurbaşkanı Kenan Evren Todar Jivkova asimilasyon politikasının durdurulmasına yönelik mektup yazmıştır. Ancak asimilasyon uygulamaları durmadığı gibi şiddet ve katliamlar artarak devam etmiştir (Akça, 2008, s.82). Türkiye bunun neticesinde sınır kapılarını açmış ve 22 Ağustos 1989'da 311.862 Türk; vize uygulaması sonrası 1990 Mayısına kadar 34.098 Türk Türkiye'ye göç etmiştir (Atasoy, 2011, s.309).

1990 yılına gelindiğinde Irak, İran ile girdiği savaş neticesinde ekonomik buhrana girmiştir. Zarara uğrayan Irak, ekonomisini düzeltmek için Kuveyt'in petrol yataklarını ve topraklarını ele geçirmeyi planlamıştır. Kuveyt'in petrol yataklarını ve topraklarını ele geçirme planı neticesinde 2 Ağustos 1990'da Irak Kuveyt'i ilhak etmiştir. Irak'ın Kuveyt'e savaş açma ve ilhak etme hareketine karşı Birleşmiş Milletler tarafından yaptırımların uygulanması kararı sonucunda Irak 3 Mart 1990 tarihinde ateşkes imzalamak zorunda kalmıştır. Aynı zamanda Irak'ın güneyindeki Şiiler ve kuzeyindeki Kürtler Saddam Hüseyin yönetimine karşı ayaklanmışlardır. Ayaklanmaları bastırmak üzere Irak Ordusu, Necef ve Kerbela'daki Şii bölgesindeki harekete geçmiştir. Şii bölgesindeki ayaklanmalar bastırılmıştır (Mc Dowall, 2007, s. 555). Ayrıca Irak Kürt bölgesindeki ayaklanmalar da sert bir şekilde bastırılmıştır. Irak Ordusu'nun ayaklanmaları sert yöntemlerle bastırma harekâtı sonucunda kitleler halinde Kürt, Ezidi, Türkmen gibi pek çok etnik ve dini unsur Türkiye'ye sığınmıştır. Türkiye ise güvenlik gerekçesiyle kapılarını kapatma kararı almıştır. Ancak insani kriz yaşanmaması için BM'den güvenli bölge oluşturulması istenilmiştir.

2011 yılında Arap Baharı sonucunda Suriye'de yaşanan karışıklıklar sonrası Türkiye'ye yönelik kitleler halinde Suriyeliler göç etmiştir. Türkiye, Suriye krizinin başladığı ilk dönemlerde insani gerekçelere açık kapı politikası uygulamıştır. 2013 yılında Reyhanlı'da gerçekleşen terör saldırısı neticesinde 52 Türk vatandaşının hayatını kaybetmesinden dolayı güvenlik ile ilgili olarak kamuoyunda endişe ve kaygı doğuran bir ortam oluşmuştur. Suriyelilerin ülkelerine dönme konusundaki belirsizliklerin de etkisiyle toplum içerisindeki huzursuzluk artmıştır. Türkiye, Suriyelilerin kitlesel göç hareketine mukabil stratejik bir göç politikası oluşturmak için 2013 tarihinde 6458 sayılı Yabancılar ve Uluslararası Koruma Kanunu'nu (YUKK) yürürlüğe koymuştur. Bununla birlikte geçici koruma statüsündeki kişilerin işlemleri için

görevli kurum ve kuruluşlar çalışmalarını düzenlemek için Geçici Koruma Yönetmeliği düzenlenmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan biri de göç yönetiminin sağlanması için Göç İdaresi Başkanlığı kurulmasıdır. Türkiye, kitlesel Suriyeli göçü konusunda AB ülkeleri ile koordinasyon içerisinde hareket etmiş ve Geri Kabul Antlaşmaları yapmıştır.

ARAŞTIRMANIN AMACI

Bu araştırmada, Cumhuriyetin kuruluşu sonrasında Türkiye’de gerçekleşen kitlesel göçlere ilişkin olarak uygulanan göç politikalarının etkisinin analiz edilmesi ve Türkiye’nin sürdürülebilir göç yönetimine olan ihtiyacın önemini ortaya konulması amaçlanmıştır.

ARAŞTIRMANIN YÖNTEMİ

Çalışmada “Yunan Mübadelesi, Yugoslavya ve Bulgaristan göçü, Irak merkezli Körfez Savaşı ve Suriye krizi” sonrasında gerçekleşen göçlerde uygulanan politikalara ilişkin mevzuat ve ilgili literatür nitel analiz tekniğiyle incelenmiştir.

BULGULAR

Çalışma neticesinde elde edilen bulgulardan hareketle, Türkiye’nin jeostratejik ve jeopolitik konumdan dolayı transit ve hedef ülke olarak konumlandırıldığı; her zaman potansiyel göç ülkesi niteliğine sahip olduğu tespiti yapılmıştır. Potansiyel göç ülkesi niteliğine sahip Türkiye’nin, olağanüstü koşulların doğurabileceği göç krizlerini karşı reaksiyon alabilmesini sağlayacak daha etkin ve sürdürülebilir bir göç politikasına sahip olması gerekmektedir.

SONUÇ

Türkiye, karşılaştığı kitlesel göç hareketlerinde uygulanabilir ve insani göç politikaları üretmeye çalışmakla beraber, uzun vadeli göç politikaların geliştirilmesi ve uygulanmasında eksiklerin olduğu gözlemlenmektedir. Suriye krizi sonrasında yaşanan kitlesel göç sürecinde yaşanan eksiklikler ve sorunlar göç politikaların ilişkin durumun en çarpıcı örneklerinden biridir. Suriyeliler örneğinde gerçekleşen geniş çaplı kitlesel göç hareketliliğinde yaşanan aksaklıklar ve Suriyelilerin geri dönüş sürecine ilişkin var olan belirsizlikler karşısında Türkiye’nin daha etkin bir göç yönetimi politikası üretmesi gerekliliği ortadadır. Daha etkin bir göç yönetimi politikasının geliştirilmesi ve uygulanması adına Türkiye, göç ile ilgili mevzuatta çeşitli yasal düzenlemeler başvurmuştur. Bu bağlamda daha etkin bir şekilde göç yönetimini sağlayacak kurum ile kuruluşlar oluşturmuştur. Göç yönetiminin uluslararası standartlarda uygulanması için AB ile koordinasyon içerisinde olunmaya çalışılmıştır.

KAYNAKÇA

Akça, B. (2008) “1945-1990 Türk Bulgar İlişkileri ve Bu Dönemde Muğla Vilayetine İskân Edilen Bulgaristan Muhacirleri”, Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi, Cilt: 24, Sayı: 70, s. 75-92.
<https://atamdergi.gov.tr/tam-metin-pdf/143/tur>

- Atasoy, E. (2011). Bizden Olan Ötekiler: Asimilasyon Kısacasında Bulgaristan Türkleri, Bursa: MKM Yayıncılık.
- Demirhan, H. (2019). Bulgaristan Türklerine uygulanan zorla isim değiştirme kampanyası ve Türk basını (Aralık 1984-Mart 1985). RumeliDE Dil ve Edebiyat Araştırmaları Dergisi(17), 252-272. <https://doi.org/10.29000/rumelide.656753>
- Kayam, M. C. (1993). Lozan Barış Antlaşması'na göre Türk-Yunan nüfus mübadelesi ve konunun T.B.M.M'de görüşülmesi. Atatürk Araştırma Merkezi Dergisi, 9(27), 581-608. https://dergipark.org.tr/tr/pub/aamd/article/759188#article_cite
- Mc Dowall, D. (2007). A Modern History of the Kurds, New York: Palgrave Macmillan.
- Zaim, S. (1958). Son Yugoslavya Muhacirleri Hakkında Rapor, İktisat Fakültesi Mecmuası, Cilt: 19, Ekim 1957-Temmuz 1958, İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Zafer, Z. (2020). Türkiye-Bulgaristan İlişkileri Bağlamında 1989 Öncesi Pomak Göçleri. Uluslararası Toplumsal Bilimler Dergisi, 4(2), 13-37. https://dergipark.org.tr/tr/pub/toplumsalbilimler/article/840858#article_cite

1980'LERDE YAŞANAN BALKAN GÖÇÜ İLE 2010'LARDA YAŞANAN SURIYE GÖÇÜNE İLİŞKİN POLİTİKALARIN KAMU POLİTİKASI VE SİYASAL SÖYLEMLER AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ¹¹

Burak Alp DOĞAN

Gaziantep Üniversitesi, Göç Enstitüsü, Göç Çalışmaları Anabilim Dalı, Gaziantep

ORCID: 0009-0004-8171-7480

Onur Türkölmez

Dr., Gaziantep Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi ,
Gaziantep

ORCID: 0000-0003-3841-6880

ÖZET

Balkanlar Osmanlının yıkılma sürecinden sonra çok fazla etnik devlete sahip bir coğrafya olarak karşımıza çıkmaktadır. Özellikle Müslüman balkan milletleri Osmanlı devleti yıkıldıktan sonra ata mirasına sahip çıkan devlet olarak Türkiye Cumhuriyetini benimseyip kendi dini ve milli değerlerini muhafaza ve müdafaa etmek amacıyla Anadolu'ya göçlerine devam etmiştir. Bu bağlamda Türkiye tarihi boyunca balkanlardan Bulgar Türkleri, Kosovalılar, Makedonlar ve Yugoslav Türkleri olmak üzere pek farklı dönemlerde göç almıştır. Türkiye bu göç hareketliliklerine karşın İskan kanunundan başlayan bir kurumsallaşma sürecine girmiş ve 2021 yılında gerçekleşen Suriyeli göçüyle beraber göç bağlamındaki politikalarını kurumsallaşmaya gitmiştir. Araştırma konumuz olan 1980'lerdeki Bulgar Türklerinin ağırlıkta olduğu Balkan göçleriyle 2010'larda başlayan Suriyeli göçüne ilişkin benzer yönler ve farklı yönler araştırmamız içerisinde yer almaktadır. Türkiye'nin geçmiş tecrübelerine kıyasla 2010 'lardaki Suriyeli göçüne dair uyguladığı politikaların kamu politikası bağlamında siyasal söylemlere ilişkin değerlendirmelerin yer alacağı bu araştırmada yapısal bazı çözüm önerileri sunulacaktır. Bu bağlamda diğer dünya ülkelerinin tarihi ve göçmen politikaları araştırıldığında örnek uygulamaların tespit edilip Türkiye'nin yeni göç dalgalarına daha hızlı reaksiyon vermesi amacıyla özellikle ABD, Kanada, Avustralya ve Almanya devletlerinin göç politikaları bu çalışma içerisinde yer alacaktır. Bu tez kapsamında Türkiye'nin maruz kaldığı iki göç hareketi karşısında merkez sağ partisi konumunda olan ANAP partisi ve lideri Turgut Özal'ın göç ve göçmen politikalarıyla Suriyeli göçündeki iktidar partisi olan Adalet ve Kalkınma Partisinin göç ve göçmen politikaları mukayese edilip politikaların tespiti yapılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Balkan Göçleri, Suriyeli göçü, kamu politikaları, siyasal söylemler

¹¹ Bu çalışma Gaziantep Üniversitesi Göç Enstitüsü Göç Çalışmaları Anabilim Dalı'nda Dr. Öğretim Üyesi Onur Türkölmez danışmanlığında yürütülen ve Av. Burak Alp Doğan tarafından Hazırlanan "1980'lerde Yaşanan Balkan Göçü ile 2010'larda Yaşanan Suriye Göçüne İlişkin Politikaların Kamu Politikası ve Siyasal Söylemler Açısından Değerlendirilmesi" başlıklı Yüksek Lisans tezinden türetilmiştir.

SURİYELİ TRANSNASYONAL AİLELER: TÜRKİYE ÖRNEĞİ**Songül ÖĞÜT****ORCID: 0000-0002-4351-0305****Yasemin GEZER TUĞRUL**

Van Yuzuncu Yıl University, Department of Sociology, 65090, Tuşba, Van

ORCID: 0000-0002-8053-5501**ÖZET**

2011 yılında başlayan Suriye iç savaşı göçle beraber aile yapılarının da değişmesine neden olmuştur. Bu durum Türkiye’de yaşayan üç milyonu aşkın Suriyelinin Suriye’de kalan akrabalarıyla bağlarını sürdürme, diğer bir deyişle sınır ötesi aile ilişkileri kurulması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Suriyeli ailelerin değişime uğrayan geleneksel aile yapıları hem ev sahibi olan Türk toplumuna uyum sağlama hem de kendi ülkeleriyle bağlarını koruma konularında denge kurma zorunluluğunu da beraberinde getirmiş, transnasyonal (sınır ötesi) aile dinamikleri gelişmesine neden olmuştur. Bu aile dinamikleri göç rotasının belirlenmesinden hukuki süreçlerin nasıl yönetilmesi gerektiğine kadar geniş bir alanda işlevsel hale gelmiştir. Diğer bir ifadeyle, Türkiye’de bulunan geçici koruma altındaki Suriyeli aileler bilgi paylaşımını resmi kanallar yerine akrabalık ilişkileri aracılığıyla sağlamaktadırlar. Bu çalışma Türkiye’de yaşayan geçici koruma altındaki Suriyeli ailelerin transnasyonal aile dinamiklerini, geleneksel aile yapısından çekirdek aile yapısına geçişlerini, evlilik zamanlamasını, çocuk sahibi olma kararlarını ve hukuki sınırlılıklarını aile teorileri bağlamında ele almaktadır. Bu amaçla, 2011 ve 2024 yılları arasındaki ulusal ve uluslararası akademik yayınlar, raporlar sistematik olarak taranmakta, geçici koruma altındaki Suriyeli ailelerin Türkiye’ye uyum stratejileri ve kimlik inşa süreçlerine ilişkin kapsamlı bir değerlendirme sunulmaktadır. Tematik analiz yöntemi beş ana başlık altında uygulanmıştır; aile yapısı dönüşümü, evlilik ve doğurganlık stratejileri, hukuki süreçler ve sınırlılıklar, bilgi ağları ve göç stratejileri ve uyum ve kimlik stratejileridir. Çalışma, mevcut literatürdeki boşlukları belirleyerek Suriyeli transnasyonal aileler konusundaki akademik tartışmalara katkı sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Transnasyonal Aileler, Suriyeliler, Sınır Ötesi Aile Dinamikleri**SYRIAN TRANSNATIONAL FAMILIES: THE CASE OF TÜRKİYE****ABSTRACT**

The Syrian civil war, which began in 2011, has led to changes in family structures and migration. This situation has necessitated the maintenance of ties between the more than three million Syrians living in Turkey and their relatives remaining in Syria, in other words, the establishment of cross-border family relationships. The evolving traditional family structures

of Syrian families require striking a balance between adapting to Turkish society and maintaining ties with Syria, resulting in transnational family dynamics. These family dynamics have become functional in many areas, including determining migration routes and managing legal processes. In other words, Syrian families under temporary protection in Turkey rely on kinship ties rather than official channels to share information. This study examines the transnational family dynamics of Syrian families under temporary protection living in Turkey. It explores their transition from traditional to nuclear family structures, the timing of marriage, decisions to have children, and legal limitations within the context of family theories. To this end, this study systematically reviews national and international academic publications and reports from 2011 to 2024, providing a comprehensive assessment of the adaptation strategies and identity-building processes of these families. A thematic analysis was conducted under five main headings: family structure transformation; marriage and fertility strategies; legal processes and limitations; information networks and migration strategies; and integration and identity strategies. This study aims to contribute to academic discussions on Syrian transnational families by identifying gaps in the existing literature.

Keywords: Transnational Families, Syrians, Cross-Border Family Dynamics

YAŞLI BAKIMINDA ALTERNATİF MODELLER VE AİLE ROLLERİ: SOSYAL VE CİNSİYET TEMELLİ DEĞİŞİMLER¹²**Yasemin GEZER TUĞRUL**

Van Yüzüncü Yıl University, Department of Sociology, 65090, Tuşba, Van

ORCID: 0000-0002-8053-5501**Mina Nur USLU**

Van Yüzüncü Yıl University, Department of Sociology, 65090, Tuşba, Van

ORCID:0009-0004-4423-8595**ÖZET**

Küresel ölçekte yaşlanan nüfus, günümüzde aile yapıları ve toplumsal cinsiyet rolleri üzerinde önemli dönüşümlerin yaşanmasına yol açmaktadır. Geleneksel aile yapısının modern çekirdek aile yapısına dönüşmesiyle, ailenin işlevleri, aile içi ilişkiler, bakım sorumlulukları ve cinsiyet rolleri de değişime maruz kalmıştır. Bu değişim ve dönüşümden en fazla etkilenenler arasında yaşlı bireyler ve onların bakım sorumlulukları ile süreçleri gelmektedir. Ailenin dönüşümü, aile bireyleri tarafından üstlenilen yaşlı bakımının, kurumsal ve alternatif bakım modellerine aktarılmasının yolunu da açmaktadır. Bu bağlamda, alternatif bakım modellerinin (örneğin, huzurevleri, evde bakım hizmetleri) aile üzerindeki sosyal, duygusal ve işlevsel etkilerine yönelik çalışmaların daha fazla yapılmasını gerekli kılmaktadır. Alternatif bakım modelleri yaygınlaşmasına rağmen, aile içinde bakım emeğinin büyük ölçüde kadınlara verilmiş olması bu rollerin yeniden inşa edilmesine yol açmaktadır. Özellikle evdeki yaşlı birey için devletin sağladığı bakıcı ücretleri, bakım emeğini kadının omuzlarından almamakta, aksine kadının görünmez bakım emeğinin devlet, piyasa ve aile üçgeninde yeniden paylaşılmasını sağlamaktadır. Literatür taramasına dayalı olarak gerçekleştirilen bu çalışma, yaşlı bakımı, toplumsal cinsiyet rolleri ve aile dinamikleri arasındaki etkileşimleri ele alacaktır. Bu çalışma, yaşlı bakımına yönelik alternatif bakım hizmetlerinin aile içindeki rolleri ve sorumlulukları nasıl değiştirip dönüştürdüğünü analiz etmeye çalışmaktadır. Bu bağlamda, yaşlı bakımına yönelik alternatif hizmet modellerinin aile üzerindeki etkilerini ele alarak literatüre katkı sunmayı ve toplumsal cinsiyet eşitliğini destekleyen politika yapıcılara öneriler sunmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yaşlılık, Alternatif Bakım Modelleri, Sosyal Roller, Bakım Hizmetleri, Toplumsal Cinsiyet

¹² Bu araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 11781nolu proje kapsamında desteklenmiştir.



ALTERNATIVE MODELS AND FAMILY ROLES IN ELDERLY CARE: SOCIAL AND GENDER-BASED CHANGES

ABSTRACT

The global aging population is leading to significant changes in family structures and gender roles. The transition from traditional to modern family structures has also changed the functions of families, intra-family relationships, caregiving responsibilities, and gender roles. Those most affected by these changes are older individuals and their caregiving responsibilities. This transformation paves the way for the transfer of elder care from family members to institutional and alternative care models. In this context, it is necessary to conduct more studies on the social, emotional, and functional effects of alternative care models (e.g., nursing homes, home care services) on the family. Despite the prevalence of alternative care models, the fact that the caregiving burden within families has largely fallen on women has led to a redefinition of these roles. Specifically, caregiver fees provided by the state for elderly individuals at home do not relieve women of the burden of care work. Rather, these fees ensure that women's invisible care work is redistributed among the state, the market, and the family. Based on a literature review, this study examines the interactions between elderly care, gender roles, and family dynamics. The study will analyze how alternative care services for the elderly change and transform roles and responsibilities within the family. The study aims to contribute to the literature by addressing the effects of alternative service models for elderly care on families and offering recommendations to policymakers who support gender equality.

Keywords: Aging, alternative care models, social roles, care services, gender equality

THE IMPACT OF SMOTE-BASED RESAMPLING ON KNN FOR AUTOMATED SLEEP STAGING: A COMPARISON WITH MLP

Ahmet Sertol KÖKSAL

Yozgat Bozok University, Department of Computer Engineering, 66100 Yozgat

ORCID: 0000-0002-3452-828X

Mehmet BAKIR

Yozgat Bozok University, Department of Computer Engineering, 66100 Yozgat

ORCID: 0000-0002-5847-743X

Enes Eren SÜZGEN

Yozgat Bozok University, Department of Computer Engineering, 66100 Yozgat

ORCID: 0009-0001-5442-930X

“This work has been supported by Yozgat Bozok University Scientific Research Projects Coordination Unit under grant number FED-2025-1548.”

ABSTRACT

For the N1 stage, automatic sleep staging is still difficult, which results in subpar classifier performance. Using data augmentation and resampling techniques like SMOTE and cleaning-based undersampling, a multilayer perceptron (MLP) model was recently demonstrated to enhance N1 recall on the SleepEDF dataset. Nevertheless, no research has yet been done on the effectiveness of distance-based classifiers in this field. In this work, we incorporate data augmentation techniques into a pipeline for subject-based evaluation. Next, by directly comparing the outcomes with the MLP model's performance in SleepEDF, we expand on our earlier methodological analysis of K-Nearest Neighbors (KNN). We test KNN with SMOTE oversampling variations and cleaning setups like Tomek/ENN/AllKNN. We use the same hand-made feature set, the same subject-based cross-validation design, and data augmentation only in the training set to keep data from leaking. We also use macro-F1 and class-wise recall to measure how the model behaves and to see how performance varies between minority and majority sleep stages. The results show that data augmentation has an effect that can be measured, but it depends on the model. KNN acts differently than MLP, with improvements or declines that vary between classes N1, N2, N3, REM, and WAKE. The research demonstrates that SMOTE-based resampling interacts distinctively with parametric and distance-based classifiers, with KNN displaying heightened sensitivity to neighborhood alterations induced by synthetic samples. This work provides the first systematic assessment of SMOTE-based augmentation for distance-based sleep staging models, offering practical insights for future classifier design.

Keywords: Sleep staging, KNN, SMOTE, Imbalanced data, MLP

MESLEK LİSELERİNDE YAZILIM GELİŞTİRME EĞİTİMİNDE İSTEM MÜHENDİSLİĞİ ENTEGRASYONU: YAPAY ZEKA DESTEKLİ ÖĞRENMEYE DOĞRU BİR ADIM

Sezgin ÇEKEREKLİ

Suleyman Demirel University, Department of Computer Engineering, 32260 Isparta, Turkey

ORCID ID: 0009-0004-4454-9836

Gül Fatma TÜRKER AKKAŞ

Suleyman Demirel University, Department of Computer Engineering, 32260 Isparta, Turkey

ORCID ID: 0000-0001-5714-5102

ÖZET

Dijital dönüşümün hızlandığı günümüzde yapay zekâ tabanlı araçlar, yazılım geliştirme süreçlerinin niteliğini önemli ölçüde dönüştürmekte ve bu araçlarla etkili etkileşim kurabilme becerisini kritik bir yeterlilik alanı hâline getirmektedir. Büyük dil modellerinin eğitim ve yazılım geliştirme alanında yaygınlaşmasıyla birlikte, doğru ve amaç odaklı çıktı üretmeye yönelik bir beceri olarak ortaya çıkan İstem Mühendisliği (Prompt Engineering), hem endüstride hem de eğitim ortamlarında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu çalışma, meslek liselerinde verilen yazılım geliştirme eğitimine İstem Mühendisliği'nin pedagojik açıdan nasıl entegre edilebileceğini incelemekte ve bu entegrasyonun potansiyel katkılarını tartışmaktadır. Alan yazınında yapılan çalışmalar, yapay zekâ destekli kodlama ve öğrenme araçlarının özellikle başlangıç düzeyindeki öğrencilerin problem çözme, kod üretme ve hata ayıklama becerilerini geliştirmede önemli bir destek sunduğunu göstermektedir. Bu bağlamda, İstem Mühendisliği becerilerinin müfredata dâhil edilmesi, öğrencilerin yapay zekâ tabanlı araçlardan daha verimli yararlanmasını sağlayarak öğrenme süreçlerini hızlandırabilir, öz düzenlemeli öğrenmeyi destekleyebilir ve mesleki gelişimlerini güçlendirebilir. Çalışma kapsamında, meslek liseleri için uygun bir entegrasyon modeli tartışılmakta; ders içi etkinlikler, görev tasarımı, öğretmen yeterlilikleri ve değerlendirme süreçleri açısından uygulanabilir öneriler sunulmaktadır. Bununla birlikte, yapay zekâ araçlarına aşırı bağımlılık, doğrulama becerilerinin zayıflaması ve etik farkındalık eksikliği gibi olası sınırlılıklar da ele alınmaktadır. Sonuç olarak, İstem Mühendisliği'nin meslek liselerindeki yazılım geliştirme eğitimine sistematik biçimde entegre edilmesi, öğrencilerin yapay zekâ destekli öğrenme ortamlarında daha yetkin ve bilinçli kullanıcılar hâline gelmesine katkı sağlayabilir. Bu çalışma, söz konusu entegrasyonun fırsatlarını ve zorluklarını ortaya koyarak, geleceğe yönelik eğitim programlarının tasarlanmasına ilişkin kapsamlı bir çerçeve sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İstem mühendisliği, meslek liseleri, yapay zekâ, yazılım geliştirme eğitimi, yapay zeka destekli öğrenme.

INTEGRATING PROMPT ENGINEERING INTO SOFTWARE DEVELOPMENT EDUCATION IN VOCATIONAL HIGH SCHOOLS: A STEP TOWARD AI- SUPPORTED LEARNING

ABSTRACT

In the context of accelerating digital transformation, artificial intelligence - based tools are reshaping software development practices and redefining the competencies expected from future professionals. With the growing use of large language models in educational and software development settings, Prompt Engineering has emerged as a key skill that enables users to interact effectively with artificial intelligence systems and obtain accurate, purposeful outputs. This study examines how Prompt Engineering can be pedagogically integrated into software development curricula in vocational high schools and explores the potential benefits of such an integration. Recent literature indicates that artificial intelligence-supported coding and learning tools can facilitate the development of problem-solving, code generation, and debugging skills, particularly among novice learners. Incorporating Prompt Engineering competencies into the curriculum may enhance students' ability to use artificial intelligence-based tools efficiently, accelerate their learning processes, support self-regulated learning, and strengthen their overall professional development. In this study, an integration framework suitable for vocational high school programs is discussed, including recommendations related to instructional activities, task design, teacher training needs, and assessment practices. In addition, potential challenges—such as dependency on artificial intelligence tools, reduced verification skills, and insufficient ethical awareness—are addressed. Overall, the systematic integration of Prompt Engineering into vocational software development education has the potential to help students become more competent and informed users of artificial intelligence-enhanced learning environments. This study provides a comprehensive perspective on the opportunities and limitations of this approach and offers guidance for the design of future educational programs.

Keywords: Artificial intelligence-supported learning, artificial intelligence, prompt engineering, software development education, vocational education.

1. INTRODUCTION

The introduction of artificial intelligence (AI) technologies, particularly large language models (LLMs), into educational settings has led to significant changes in learning processes. LLMs provide students with numerous functions through natural language processing, such as generating examples, offering explanations, suggesting code, and solving problems. However, to effectively utilize these tools, students must be able to create clear, structured, and purpose-

driven prompts. This has made Prompt Engineering an educational competency (Choi & Chang, 2025).

The literature shows that despite the opportunities provided by AI tools, issues such as accuracy, bias, and reliability can negatively affect students' learning processes. Meyer and colleagues (2023) emphasize that BDM outputs can sometimes contain misinformation and that students need to develop their verification skills. Studies have also revealed a strong relationship between AI literacy, prompt design, and critical thinking (Walter, 2024).

AI-supported tools offer noteworthy contributions, particularly in the context of programming education. Students new to coding can significantly benefit from AI in tasks such as debugging, generating sample code, and comparing solutions (Prather et al., 2024). ElSayary (2025) states that students obtain more consistent and understandable output when they use structured prompts. Research in the STEM field shows that prompt engineering strategies accelerate conceptual learning (Addala et al., 2024).

The importance of AI engineering is increasing even more in applied education environments such as vocational high schools. In these schools, students are expected to develop both their software development skills and their proficiency in working with AI tools. Studies show that AI use can contribute to professional skill development, but only with conscious and correct request design (Author et al., 2024; Tan et al., 2024).

This study examines how prompt engineering can be integrated into software development education in vocational high schools and provides an evaluation based on the literature.

2. MATERIAL AND METHODS

This research is based on a qualitative synthesis of the current literature examining the contributions of software engineering to software development education in vocational high schools. The study's methodology is structured as follows: describing the current state of software education in vocational high schools, defining the concept of software engineering, evaluating its integration into software education, and presenting a systematic analysis of the literature.

Software development education in vocational high schools includes algorithmic thinking, problem solving, debugging, and applied coding skills. However, it is stated that students experience difficulties in the processes of understanding abstract concepts and explaining code logic (Author et al., 2024). Studies on programming education show that the explanation, example generation, and code completion functions of BDMs can help students develop conceptual clarity (Prather et al., 2024). However, the unquestioned use of AI outputs increases

accuracy risks (Meyer et al., 2023). Therefore, the effectiveness of AI use in vocational high schools is directly related to students' ability to create accurate and structured prompts.

Intent engineering is a design process aimed at improving the quality of instructions given to AI systems (Choi & Chang, 2025). It has been noted that prompt strategies such as chaining reasoning, problem decomposition, exemplification, and role definition enable AI models to produce more explanatory and consistent responses (Chen et al., 2023; Addala et al., 2024). In an educational context, prompt engineering increases students' cognitive awareness by organizing their thinking processes (Walter, 2024) and supports conceptual learning, particularly in programming courses (ElSayary, 2025).

This study is based on a comprehensive analysis of 23 academic sources published between 2023 and 2025. The sources were selected according to criteria of recency, relevance to the relationship between AI, prompt engineering, and programming education, and scientific quality. The full-text review was conducted using an open coding approach, and the findings were classified under four themes: theoretical foundations of AI systems engineering, pedagogical impacts, programming education applications, and ethical/creative dimensions. This thematic structure forms the basis for the evaluations presented in the Results and Discussion section.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The evaluation of the research revealed that demand engineering has a multifaceted impact on learning processes in educational environments, particularly in applied fields such as software development. The findings of the analysis were grouped under four main themes and presented together with the discussion section.

3.1. Theoretical Foundations of Intent Engineering

Studies show that intent engineering is not merely a technical process aimed at command generation; rather, it has a multi-layered structure that involves clarifying and specifying user intent, organizing cognitive processes, and directing the model's reasoning capacity (Choi & Chang, 2025; Chen et al., 2023). It is noted that strategies such as chain-of-thought, self-consistency, and tree-of-thought directly contribute to learners' problem-solving processes (Addala et al., 2024).

This finding supports that prompt engineering is not merely a skill for interacting with AI; it also carries a higher-level cognitive regulation function. Therefore, the concept should be evaluated as a pedagogical component.

3.2. Effects on Learning Outcomes

The literature shows that prompt engineering affects learning quality in two ways:

The knowledge production process becomes more controlled; Students obtain more accurate and consistent outputs when they develop clear, detailed, and structured prompts (ElSayary, 2025).

Development of cognitive awareness and verification skills; It is stated that students need critical thinking, source literacy, and verification strategies more due to AI's potential to produce false information (Meyer et al., 2023).

Walter (2024) shows that students who develop prompt design skills can evaluate AI-generated content more effectively. These results reveal that prompt engineering is not merely an output generation skill but a learning strategy that supports cognitive development.

3.3. AI Applications in Programming and Vocational Education

Studies on programming education show that AI tools serve as a supportive guide, especially for beginner-level students. Prather et al. (2024) state that prompt-based programming problems help students better understand code structure. Woo et al. (2024) found that prompt training increases students' self-confidence and motivation to work with AI.

Research in vocational education presents similar results. Yazar et al. (2024) show that AI tools can accelerate learning in areas such as debugging, code completion, and conceptual model creation in software development processes. Similarly, Tan et al. (2024) state that effective prompts increase model performance and enable students to achieve more accurate outputs.

These findings suggest that integrating prompt engineering into software development education in vocational high schools can support both the learning process and professional competencies.

3.4. Ethical, Reliability, and Creative Production Dimensions

Excessive trust in AI systems, failure to recognize accuracy issues, and biased outputs are frequently highlighted as risks in the literature (Meyer et al., 2023). Therefore, prompt engineering should be approached not only as a technical skill but also as a learning domain that requires ethical awareness and verification responsibility.

On the other hand, studies on creative production show that prompt quality has significant effects on visual and conceptual production (Oppenlaender et al., 2025). Even in creative fields, the prompt development process is considered a learnable and developable competency rather than an intuitive skill.

3.5. General Evaluation

The findings of this study reveal that request engineering is not merely a technical skill that facilitates interaction with AI tools in software development education; it is also a pedagogical building block that supports cognitive organization, critical thinking, and verification skills.

Particularly in the context of vocational high schools, the effectiveness of AI-supported learning environments largely depends on students' request design competencies. The literature review shows that structured requests contribute to students managing their coding processes more consciously, developing debugging strategies, and participating more actively in the learning process.

However, it is also emphasized that the unconscious use of AI tools can lead to superficial learning and weakened verification skills. This situation necessitates that request engineering instruction be approached in conjunction with ethical awareness and critical evaluation skills.

4. CONCLUSIONS

This study examined the contributions of request engineering to software development education in vocational high schools based on the literature. The findings show that request engineering both increases the accuracy of AI usage and contributes to students' problem-solving, explanation generation, and cognitive awareness development processes. In the context of programming, structured prompts have been seen to play an important role in areas such as debugging, analyzing code logic, and increasing learning speed.

Furthermore, for AI to be effective in vocational high schools, students must learn prompt design alongside verification and ethical evaluation skills. Therefore, prompt engineering should be considered not only as a technical component of software education but also as a pedagogical dimension.

Future studies are recommended to develop assessment tools for teaching systems engineering and to create teaching designs that can be implemented in vocational high schools.

This study provides a unique contribution to the field by presenting a comprehensive framework that addresses AI engineering in the context of software development education in vocational high schools. The evaluations presented reveal the pedagogical limitations and possibilities of AI-supported software education for curriculum developers, teachers, and education policymakers.

5. REFERENCES

Addala, K., Baghel, K. D. P., Gupta, N., Vyalla, R. R., Kirtani, C., Anand, A., & Shah, R. R. (2024). Steps are all you need: Rethinking STEM education with prompt engineering. arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2412.05023>

- Chen, B., Zhang, Z., Langrené, N., & Zhu, S. (2023). Unleashing the potential of prompt engineering in large language models: A comprehensive review. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2310.14735>
- Choi, W. C., & Chang, C. I. (2025). A survey of techniques, key components, strategies, challenges, and student perspectives on prompt engineering for large language models (LLMs) in education [Preprint]. *Preprints.org*. <https://doi.org/10.20944/preprints202503.1808.v1>
- ElSayary, A. (2025). Examining the role of prompt engineering in utilizing large language models for lesson planning. *Human Behavior and Emerging Technologies*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1155/hbe2/9986139>
- Emily, S. O. N. G. (2025). Prompt engineering as a 21st-century literacy: A K–12 curriculum design and assessment framework. *Artificial Intelligence Education Studies*, 1(2), 32–47. <https://doi.org/10.6914/aiese.010203>
- Federiakina, D., Molerov, D., Zlatkin-Troitschanskaia, O., & Maur, A. (2024). Prompt engineering as a new 21st century skill. *Frontiers in Education*, 9, Article 1366434. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1366434>
- Goriparthi, S. (2024). Advancing conversational AI: Best practices in prompt engineering for enhanced chatbot performance. *International Journal of Data Analytics (IJDA)*, 4, 26–35.
- Lee, A. V. Y., Teo, C. L., & Tan, S. C. (2024). Prompt engineering for knowledge creation: Using chain-of-thought to support students' improvable ideas. *AI*, 5(3), 1446–1461. <https://doi.org/10.3390/ai5030069>
- Meyer, J. G., Urbanowicz, R. J., Martin, P. C. N., O'Connor, K., Li, R., Peng, P.-C., Bright, T. J., Tatonetti, N., Won, K. J., Gonzalez-Hernandez, G., & Moore, J. H. (2023). ChatGPT and large language models in academia: Opportunities and challenges. *BioData Mining*, 16, Article 20. <https://doi.org/10.1186/s13040-023-00339-9>
- Oppenlaender, J., Linder, R., & Silvennoinen, J. (2025). Prompting AI art: An investigation into the creative skill of prompt engineering. *International Journal of Human–Computer Interaction*, 41(16), 10207–10229. <https://doi.org/10.1080/10447318.2024.2431761>
- Prather, J., Denny, P., Leinonen, J., Smith IV, D. H., Reeves, B. N., MacNeil, S., ... & Kimmel, B. (2024). Interactions with prompt problems: A new way to teach programming with large language models. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2401.10759>
- Tan, F. G., Yüksel, A. S., & Karabıyık, M. A. (2024). İstem mühendisliğinin büyük dil modellerinin performansındaki rolü: Analiz ve uygulama örnekleri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 27(4), 1401–1420. <https://doi.org/10.17780/ksujes.1480838>
- Walter, Y. (2024). Embracing the future of artificial intelligence in the classroom: The relevance of AI literacy, prompt engineering, and critical thinking in modern education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 21, Article 15. <https://doi.org/10.1186/s41239-024-00448-3>
- Woo, D. J., Wang, D., Yung, T., & Guo, K. (2024). Effects of a prompt engineering intervention on undergraduate students' AI self-efficacy, AI knowledge and prompt engineering ability: A mixed methods study. *arXiv*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2408.07302>
- Xing, Z., Liu, Y., Cheng, Z., Huang, Q., Zhao, D., Sun, D., & Liu, C. (2025). When prompt engineering meets software engineering: CNL-P as natural and robust “APIs” for human-AI interaction. *Proceedings of the 13th International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- Yazar, S., Demiralay, T., & Demirhan, T. (2024). Yazılım geliştirme öğreniminde beceri derinliği ve dil yeterliliğinin yapay zekâ ile entegrasyonu. *Journal of University Research*, 7(4), 382–399. <https://doi.org/10.32329/uad.1519587>
- Yılmaz, R., & Karaoğlu Yılmaz, F. G. (2023). The effect of generative artificial intelligence (AI)-based tool use on students' computational thinking skills, programming self-efficacy and motivation. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 4, Article 100147. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2023.100147>

ÜNİVERSİTE YAYINLARININ YÖK ARAŞTIRMA KONU BAŞLIKLARIYLA EŞLEŞME ORANLARININ MAKİNE ÖĞRENME TEKNİKLERİ İLE BELİRLENMESİ

Murat RESULOĞULLARI

İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, 35640 Çiğli, İzmir
ORCID: 0009-0008-0663-8351

Doğan AYDIN

İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, 35640 Çiğli, İzmir
ORCID: 0000-0003-2478-4818

ÖZET

Üniversitelerin bilimsel üretim süreçlerinin takibi ve bu çıktıların ulusal araştırma politikalarıyla uyumlu hale getirilmesi, yükseköğretim sisteminin stratejik yönetimi açısından kritik bir öneme sahiptir. Türkiye’de üniversitelerin performans değerlendirmeleri, Yükseköğretim Kurulu (YÖK) tarafından belirlenen araştırma alanları temel alınarak yapılmaktadır. Ancak, her yıl binlerce makalenin üretildiği bu ekosistemde, sınıflandırma işlemlerinin manuel yöntemlerle yürütülmesi; ölçeklenebilirlik, maliyet, hız ve tutarlılık açısından ciddi sınırlılıklar yaratmaktadır. İnsan faktörüne bağlı hatalar ve uzmanlar arasındaki değerlendirme farklılıkları, kurumsal raporlamaların güvenilirliğini zedelemektedir. Bu bildiri, söz konusu problemleri aşmak amacıyla, Türkçe akademik makalelerin YÖK konu başlıklarına göre otomatik olarak sınıflandırılmasını sağlayan kapsamlı bir yapay zeka çözümü sunmaktadır. Çalışma kapsamında, 1.682 makaleden oluşan özgün bir veri seti derlenmiş ve veri etiketleme sürecinde GPT-4 teknolojisinden yararlanılarak maliyet etkinliği yüksek bir metodoloji izlenmiştir. Araştırmada; TF-IDF, FastText, Doc2Vec, BERT ve SBERT olmak üzere beş farklı model ailesi karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde, SBERT modelinin bağlamsal ilişkiyi kavrama yeteneği sayesinde tüm değerlendirme metriklerinde açık ara en yüksek performansı sergilediği, BERT modelinin ise ikinci en başarılı yaklaşım olduğu görülmüştür. Sınıflandırma sürecinde karşılaşılan temel engeller de analiz edilmiş; özellikle Türkçe’nin sondan eklemeli morfolojik yapısı, akademik terminolojinin disiplinler arası çeşitliliği ve metinlerde sıkça rastlanan İngilizce-Türkçe karma (code-switching) kullanımların modeller üzerinde zorluk yarattığı tespit edilmiştir. SBERT gibi transformer tabanlı modellerin bu dilsel zorlukları aşmada klasik yöntemlere göre çok daha başarılı olduğu kanıtlanmıştır. Sonuç olarak bu çalışma, yalnızca teorik bir model karşılaştırması sunmakla kalmayıp, üniversitelerin araştırma performanslarını otomatik, hızlı ve nesnel bir biçimde raporlayabilecekleri, insan hatasından arındırılmış ölçeklenebilir bir karar destek sistemi önerisi getirmektedir.

Anahtar Kelimeler: Metin Sınıflandırma, Doğal Dil İşleme, Makine Öğrenmesi, YÖK Araştırma Alanları, Türkçe Akademik Metinler.

**DETERMINATION OF MATCHING RATES OF UNIVERSITY PUBLICATIONS
WITH YÖK RESEARCH SUBJECT HEADINGS USING MACHINE LEARNING
TECHNIQUES**

ABSTRACT

Monitoring the scientific production processes of universities and aligning these outputs with national research policies is of critical importance for the strategic management of the higher education system. In Türkiye, the performance evaluations of universities are conducted based on the research fields determined by the Council of Higher Education (YÖK) of Türkiye. However, in an ecosystem where thousands of articles are produced annually, carrying out classification processes via manual methods creates serious limitations in terms of scalability, cost, speed, and consistency. Errors due to the human factor and evaluation discrepancies among experts undermine the reliability of institutional reporting.

This paper presents a comprehensive artificial intelligence solution that enables the automatic classification of Turkish academic articles according to YÖK subject headings in order to overcome these problems. Within the scope of the study, a unique dataset comprising of 1,682 articles was compiled, and a cost-effective methodology was followed by utilizing GPT-4 technology in the data labeling process. In the research, five different model families, namely TF-IDF, FastText, Doc2Vec, BERT, and SBERT, were analyzed comparatively. When the experimental results were examined, it was observed that the SBERT model exhibited by far the highest performance in all evaluation metrics thanks to its ability to grasp contextual relationships, while the BERT model was the second most successful approach.

The main obstacles encountered during the classification process were also analyzed; it was determined that the agglutinative morphological structure of Turkish, the interdisciplinary diversity of academic terminology, and the frequent English-Turkish mixed use (code-switching) in texts posed challenges for the models. It has been proven that transformer-based models like SBERT are significantly more successful than classical methods in overcoming these linguistic challenges. In conclusion, this study not only presents a theoretical model comparison but also proposes a scalable decision support system free from human error, through which universities can report their research performances automatically, rapidly, and objectively.

Keywords: Text Classification, Natural Language Processing, Machine Learning, YÖK Research Fields, Turkish Academic Texts.

THE EFFECT OF COGNITIVE DISORDER ON THE VOLUME OF SHORT-TERM VISUAL AND AUDITORY MEMORY IN SCHOOLCHILDREN

Ass. Prof. E.J.Huseynova, F.H.Guliyeva

Gandja State University

Orcid.no /0000-0002-8386-6445

Keywords: memory, student, cognitive function, vision, attention.

Annotation. The school-age period represents a fundamental stage of cognitive development, making the early diagnosis and support of cognitive functions of great importance for the successful assimilation of educational programs and the social adaptation of students. Research shows that these deficiencies create serious obstacles in the academic environment. Taking these points into consideration, we studied the effect of cognitive disorders on the volume of short-term visual and auditory memory in schoolchildren.

Introduction. The school-age period represents a critical stage where children's cognitive development, academic achievement, and social adaptation are fundamentally formed. The success of the educational process is directly dependent on the effective functioning of high-level cognitive functions, especially the memory systems.

Material and Methods. The study was conducted on 40 schoolchildren aged 10-12, divided into 2 groups—a control group and an experimental group. First, the cognitive functions regulating the temporal and frontal lobes of the cerebral cortex, the limbic system, and the subcortical nuclei were diagnosed using tests compiled by D. Amen (2009). Then, short-term visual and auditory memory was determined in 21 students who were hypothesized to have signs of disorder in all four studied brain structures, in parallel with the control group. Paper blanks containing 10 words were prepared to determine short-term visual and auditory memory. The results were statistically calculated using the Wilcoxon (Mann-Whitney) U test.

Results and Discussion. During the study, the volume of short-term visual and auditory memory in the specially selected control group, which had no disorders in the cognitive structures of the brain, varied among high figures. It was observed, in accordance with literature, that the volume of short-term visual memory was higher than the volume of auditory memory. The sharp decrease in the volume of short-term visual and auditory memory in adolescents hypothesized to have signs of disorder in the temporal and frontal lobes of the cerebral cortex, the limbic system, and the subcortical ganglia is accompanied by a reduction in the effectiveness of assimilating training material.

KOMPOZİT GENETİK ALGORİTMA İLE KABLO ÜRETİMİNDE OPTİMAL ÜRETİM PLANI TASARIMI

Hilal ÖNLER

İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, 35640 Çiğli, İzmir
ORCID: 0009-0007-2804-8590

Doğan AYDIN

İzmir Katip Çelebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, 35640 Çiğli, İzmir
ORCID: 0000-0003-2478-4818

ÖZET

Kablo endüstrisi, enerji ve iletişim altyapılarının temelini oluşturması nedeniyle modern sanayinin en stratejik kollarından biridir. Ancak, rekabetin yoğun olduğu bu sektörde üretim verimliliği; ekstrüzyon hatlarındaki renk değişimlerinden kaynaklanan sıra-bağımlı kurulum süreleri (Sequence-Dependent Setup Times - SDST) ve yüksek hurda maliyetleri nedeniyle ciddi şekilde kısıtlanmaktadır. Yanlış planlanan üretim sıraları; gereksiz makine duruşlarına, hammadde israfına ve teslimat gecikmelerine yol açmaktadır. Bu bildiri, kablo üretim süreçlerinde iş sıralamasını optimize ederek toplam üretim süresini (makespan) ve renk geçiş kaynaklı hurda maliyetlerini minimize eden Genetik Algoritma (GA) tabanlı kapsamlı bir çözüm yaklaşımı sunmaktadır. Çalışma kapsamında, gerçek üretim kısıtlarını temsil eden; işlerin ana renk, şerit rengi ve uzunluk bilgilerini içeren küçük (5-17 iş), orta (21-67 iş) ve büyük (81-169 iş) ölçekli özgün veri setleri kullanılmıştır. Problemin çözümünde, GA yönteminin her adımında olabilecek bileşenler ayrı ayrı analiz edilerek her adımda uygun olabilecek bileşenler seçilmiş ve yeni bir GA varyantı olan Kompozit Genetik Algoritma (KGA) önerilmiştir. Deneysel çalışmalar, önerilen yöntemin özellikle yoğun renk geçişi ve heterojen iş uzunlukları içeren senaryolarda, manuel planlama ve klasik GA'ya kıyasla kurulum sürelerini ve malzeme kayıplarını belirgin şekilde azalttığını ortaya koymuştur. Geliştirilen model, Endüstri 4.0 vizyonu doğrultusunda üretim süreçlerinin dijitalleşmesine katkı sağlayarak, işletmeler için veriye dayalı, ölçeklenebilir ve sürdürülebilir bir karar destek sistemi niteliği taşımaktadır. Sonuçlar, algoritmik optimizasyonun hem ekonomik kazanç hem de kaynak verimliliği açısından kritik bir rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Kablo Üretim Çizelgeleme, Genetik Algoritma, Sıra-Bağımlı Kurulum Süreleri, Üretim Optimizasyonu, Endüstri 4.0.

OPTIMAL PRODUCTION SCHEDULE DESIGN IN CABLE MANUFACTURING USING COMPOSITE GENETIC ALGORITHM

ABSTRACT

The cable industry is one of the most strategic branches of modern industry as it forms the foundation of energy and communication infrastructures. However, in this sector where competition is intense, production efficiency is severely constrained by sequence-dependent setup times (SDST) resulting from color changes in extrusion lines and high scrap costs. Incorrectly planned production sequences lead to unnecessary machine downtimes, raw material waste, and delivery delays. This paper presents a comprehensive solution approach based on the Genetic Algorithm (GA) that minimizes the total production time (makespan) and scrap costs arising from color transitions by optimizing job sequencing in cable production processes. Within the scope of the study, unique datasets of small (5-17 jobs), medium (21-67 jobs), and large (81-169 jobs) scales, which represent real production constraints and include the main color, stripe color, and length information of the jobs, were used. In solving the problem, potential components at each step of the GA method were analyzed separately, suitable components were selected for each step, and a new GA variant, the Composite Genetic Algorithm (CGA), was proposed. Experimental studies have demonstrated that the proposed method significantly reduces setup times and material losses compared to manual planning and classical GA, especially in scenarios involving intensive color transitions and heterogeneous job lengths. The developed model contributes to the digitalization of production processes in line with the Industry 4.0 vision and functions as a data-driven, scalable, and sustainable decision support system for enterprises. The results indicate that algorithmic optimization plays a critical role in terms of both economic gain and resource efficiency.

Keywords: Cable Production Scheduling, Genetic Algorithm, Sequence-Dependent Setup Times, Production Optimization, Industry 4.0.

YAPAY ZEKÂ TABANLI VIDEO ÖZETLEME VE ÖĞRENME DESTEK SİSTEMİ İÇİN PROTOTİP ÇALIŞMA

Tuğçe DURMAZ

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü,
Manisa

ORCID: 0009-0009-1150-2296

Birim BALCI

Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği
Bölümü, Manisa

ORCID: 0000-0002-4554-4592

ÖZET

Dijital eğitim süreçlerinde video tabanlı kaynakların kullanımı istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Buna rağmen, uzun süreli video içeriklerinden elde edilen öğrenme çıktılarının manuel olarak izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi, zaman verimliliği açısından önemli sınırlamalara yol açmaktadır. Bu çalışmada, video özetleme amacıyla geliştirilen ve eğitim süreçlerini desteklemeyi hedefleyen yapay zekâ tabanlı bir prototip sistem önerilmektedir.

Önerilen prototip, kullanıcı tarafından yüklenen video içeriklerini çok aşamalı bir yapay zekâ işleme zinciri üzerinden işlemektedir. İşlemenin ilk aşamasında video dosyalarından ses içerikleri ayrıştırılmakta ve konuşma tanıma (speech-to-text) teknolojileri kullanılarak metin tabanlı transkripsiyonlar oluşturulmaktadır. Takip eden aşamalarda, elde edilen metin verileri doğal dil işleme teknikleri kullanılarak analiz edilmesi ve video içeriğinin temel kavramlarını içeren anlamlı özetler üretilmesi amaçlanmıştır.

Buna ek olarak, prototip sistem özetlenen içeriklere yönelik otomatik quiz üretimini içermekte ve öğrenme sürecinin daha etkileşimli ve ölçülebilir hale getirilmesini amaçlamaktadır. Bu sayede sistem, kullanıcılara öğrenilen içeriğe dayalı olarak bilgi düzeylerini değerlendirme imkânı sunmaktadır. Prototip sistem; FastAPI tabanlı web servis mimarisi, SQL tabanlı veritabanı yönetim sistemi ve servis bileşenleri dikkate alınarak geliştirilmiştir. Video işleme görevleri, prototip aşamasında verimlilik ve kullanıcı deneyimini artırmak amacıyla asenkron iş (job) yapıları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Geliştirilen prototip, zaman optimizasyonu, otomatik içerik analizi ve öğrenme yetkinlikleri açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır. Önerilen çalışma, yapay zekâdan faydalanan gelecekteki kapsamlı eğitim sistemlerinin geliştirilmesi için bir başlangıç noktası ve temel çerçeve niteliği taşımaktadır. Bu sistemler; çevrim içi öğrenme platformları, uzaktan eğitim sistemleri ve dijital içerik yönetim sistemlerini kapsamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Video Özetleme, Yapay Zekâ, Prototip Sistem, Doğal Dil İşleme, E-Öğrenme

A PROTOTYPE STUDY FOR AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE–BASED VIDEO SUMMARIZATION AND LEARNING SUPPORT SYSTEM

ABSTRACT

The use of video-based resources in digital education processes has been steadily increasing. However, manually watching, analyzing, and evaluating learning outcomes derived from long-duration video content leads to significant limitations in terms of time efficiency. In this study, an artificial intelligence–based prototype system is proposed with the aim of supporting educational processes through automated video summarization.

The proposed prototype processes user-uploaded video content through a multi-stage artificial intelligence pipeline. In the first stage, audio streams are extracted from video files, and speech-to-text technologies are applied to generate text-based transcriptions. In subsequent stages, the obtained textual data are analyzed using natural language processing techniques in order to produce meaningful summaries that capture the core concepts of the video content.

In addition, the prototype system includes automatic quiz generation based on the summarized content, aiming to make the learning process more interactive and measurable. Through this approach, the system enables users to assess their knowledge levels based on the learned material. The prototype has been developed by considering a FastAPI-based web service architecture, an SQL-based database management system, and modular service components. To improve efficiency and user experience at the prototype stage, video processing tasks are executed using asynchronous job-based structures.

The developed prototype demonstrates significant potential in terms of time optimization, automated content analysis, and enhancement of learning competencies. The proposed study serves as a starting point and a foundational framework for the development of future comprehensive, AI-driven educational systems, including online learning platforms, distance education systems, and digital content management systems.

Keywords: Video Summarization, Artificial Intelligence, Prototype System, Natural Language Processing, E-Learning

KREATİV TƏLİM VƏ ONUN PEDAQOJİ ƏSASLARI**Prof. Dr. Anvar Abbasov**

Bakı Slavyan Universiteti, Pedagogika kafedrası,

Baku Slavic University, Department of pedagogy

ORCID ID:0000-0002-0811-549X

XÜLASƏ

Verilən mətn kreativ təlimin mahiyyətini, pedaqoji əsaslarını, mühitin təşkilini, yaradıcı düşüncənin qiymətləndirilməsini və təhsil pillələrində tətbiqini hərtərəfli şəkildə izah edir. Kreativ təlimin mərkəzində şagirdin fəal, təşəbbüskar və müstəqil öyrənən subyekt kimi formalaşdırılması dayanır. Bu yanaşma ənənəvi müəllim-mərkəzli modeldən fərqli olaraq, şagirdin bilik yaratma prosesində iştirakını, problem həll etmə, tənqidi və analitik düşünmə, eləcə də innovativ yanaşmalar tapma bacarıqlarını inkişaf etdirməyi hədəfləyir. Konstruktivizm, humanist pedaqogika və sosial-koqnitiv nəzəriyyələr kreativ təlimin elmi bazasını təşkil edir; burada müəllimin rolu bilik ötürən deyil, öyrənməni təşkil edən fasilitator kimi dəyərləndirilir.

Mətn həmçinin kreativ təlim mühitinin əsas komponentlərinə – müəllim–şagird qarşılıqlı əlaqəsinə, stimullaşdırıcı fiziki və psixoloji mühitə, motivasiya və emosional zəkaya – geniş yer ayırır. Bu mühitdə təhlükəsizlik, sərbəstlik, səhv etmək azadlığı, rəngarəng resurslar və texnologiyaların mövcudluğu şagirdlərin yaradıcılığını artıran əsas amillərdir.

Yaradıcı düşüncənin qiymətləndirilməsi ayrıca bir mərhələ kimi təqdim olunur. Orijinalıq, praktik dəyər, məntiqi əsaslandırma kimi meyarlarla yanaşı, portfel, rubrik və autentik qiymətləndirmə üsullarının tətbiqinin vacibliyi vurğulanır. Yaradıcı nəticələrin ölçülməsində subyektivlik, prosesin qeyri-xətti xarakteri və standartlaşdırmanın çətinliyi xüsusi problem kimi qeyd edilir.

Sonda mətn kreativ təlimin ibtidai, orta və ali təhsil səviyyələrində tətbiq yollarını izah edir. Oyunlar və STEAM ibtidai mərhələdə, debatlar və PBL orta məktəbdə, tədqiqat, startap və multidissiplinar layihələr isə ali təhsildə üstünlük təşkil edir. Nəticə olaraq kreativ təlim müasir təhsilin əsas istiqaməti kimi təqdim olunur.

Açar sözlər: kreativ təlim, problem həll etmə, konstruktivizm, autentik qiymətləndirmə, STEAM və layihə əsaslı öyrənmə

SUMMARY

The text provides a comprehensive overview of creative learning, its pedagogical foundations, the organization of a creative learning environment, the assessment of creative thinking, and its application across educational levels. At the core of creative learning is the idea of engaging students as active, independent, and initiative-driven participants in knowledge construction.

Unlike traditional teacher-centered models, creative learning emphasizes students' involvement in generating ideas, solving problems, and applying critical, analytical, and innovative thinking. Constructivism, humanistic pedagogy, and social-cognitive theory form the theoretical basis of this approach, shifting the teacher's role from an information provider to a facilitator of learning.

The text also elaborates on the essential components of a creative learning environment, including teacher–student interaction, stimulating physical and psychological conditions, motivation, and emotional intelligence. A supportive climate—where students feel safe, free to express ideas, and not afraid of making mistakes—encourages creativity. Diverse learning resources, technology integration, teamwork, and inquiry-based activities further enhance creative engagement.

Assessment of creative thinking is highlighted as a complex yet vital part of the learning process. Key criteria include originality, practical value, and logical reasoning. Portfolios, rubrics, and authentic assessments are recommended for capturing the dynamic nature of creative work. However, challenges such as subjectivity, non-linear development, and difficulties in standardization are acknowledged.

Finally, the text discusses the implementation of creative learning across educational stages. In primary education, play-based methods and simplified STEAM tasks dominate; in secondary school, debates, research tasks, and problem-based learning are emphasized; in higher education, laboratory research, multidisciplinary collaboration, innovation projects, and start-up ecosystems play a central role. Overall, creative learning is presented as a strategic necessity for 21st-century education.

Keywords: creative learning, problem solving, constructivism, authentic assessment, STEAM and project-based learning

GİRİŞ

Kreativ təlim müasir pedaqogikanın əsas istiqamətlərindən biri kimi şagirdin yalnız bilik qazanmasını deyil, həm də düşünmə bacarıqlarının genişlənməsini, problemlərə yenilikçi yanaşmalar formalaşdırmasını və öz öyrənmə prosesini idarə edə bilməsini hədəfləyir. Ənənəvi təlim modelləri daha çox biliklərin müəllim tərəfindən təqdim olunmasına əsaslanırdısa, kreativ təlimdə şagird öyrənmə prosesinin fəal iştirakçısı, təşəbbüskar subyekti kimi çıxış edir. Bu modelin mahiyyəti təlimdə sərbəstliyin, təcrübəyə əsaslanan öyrənmənin, əməkdaşlığın və fərdi inkişafın prioritetləşdirilməsindən ibarətdir. Kreativ təlimin pedaqoji əsaslarını anlamaq üçün

onun məqsəd və vəzifələrinə, müasir pedaqoji nəzəriyyələrdəki yerinə və kurikulum islahatlarında yaradıcı düşüncənin əhəmiyyətinə geniş şəkildə nəzər yetirmək lazımdır.

ARAŞDIRMALR

1. Kreativ təlimin məqsəd və vəzifələri

Kreativ təlimin əsas məqsədlərindən biri şagirdlərin müstəqil düşünmə bacarıqlarını inkişaf etdirməkdir. Bu bacarıq şagirdə qarşılaşdığı problemləri yalnız mövcud bilikləri tətbiq edərək deyil, həm də yeni yanaşmalar formalaşdıraraq həll etməyə imkan verir. Müstəqil düşünmə həm analitik, həm də tənqidi yanaşmanı tələb edir. Şagird sual verməyi, ideyaları müqayisə etməyi, arqumentləri təhlil etməyi və nəticə çıxarmağı öyrənir.

Digər mühüm məqsəd problem həll etmə bacarığıdır. Kreativ təlimdə problem sadəcə çətinlik deyil, yeni bilik və bacarıqların yaradıldığı bir öyrənmə mənbəyidir. Şagird problem üzərində düşünərkən fərqli həll yolları axtarır, eksperiment edir, nəticələri qiymətləndirir və praktik qərarlar qəbul edir. Bu proses divergent və konvergent düşünmənin paralel işləməsini tələb edir. Kreativ təlimin hədəflərindən biri də özünüdəyərləndirmə bacarığının formalaşdırılmasıdır. Şagird öz fəaliyyətinin nəticələrini obyektiv şəkildə analiz etməyi, güclü və zəif tərəflərini müəyyənləşdirməyi öyrənir. Bu isə öyrənmənin məsuliyyətinin tədricən şagirdin üzərinə keçməsinə, onun özünüinkişaf prosesində fəal olmasına şərait yaradır.

İnnovativlik kreativ təlimin əsas istiqamətlərindən biri olaraq şagirdi yeni ideyalar yaratmağa, fərqli yanaşmalar tapmağa və standart olmayan həll yolları təklif etməyə sövq edir. Bu, təlim prosesini monotonluqdan çıxarır və şagirdlərdə öyrənməyə marağı daha da artırır.

Kreativ təlimin konkret vəzifələri isə aşağıdakılardır:

Yaradıcı atmosfer yaratmaq. Şagirdlər özlərini sərbəst ifadə edə bildikləri, tənqiddən qorxmadıqları mühitdə daha yaradıcı olurlar. Belə atmosfer həm psixoloji təhlükəsizliyi təmin edir, həm də ideyaların sərbəst mübadiləsinə şərait yaradır.

Təlim metod və texnologiyalarını şagird fəallığına uyğunlaşdırmaq. Müasir təlimdə müəllim informasiya mənbəyi deyil, öyrənməni təşkil edən bələdçi rolunu oynayır. İnteraktiv metodlardan – beyin həmləsi, debat, layihə işi, qrup fəaliyyəti – istifadə şagirdlərin aktivliyini artırır.

Kritik və analitik düşünməyə yönəltmək. Şagird yalnız məlumatı qəbul etməklə kifayətlənmir, onun mahiyyətini araşdırır, müxtəlif mövqeləri müqayisə edir və arqumentləşdirilmiş nəticə çıxarır.

Şagirdlərdə təşəbbüskarlığı artırmaq. Yaradıcı təlim şagirdin sual verməsini, yeni yollar axtarmasını və öyrənməyə öz töhfəsini verməsini təşviq edir.

Bu məqsəd və vəzifələr təlim prosesinin strukturunun dəyişdirilməsini tələb edir: müəllim mərkəzli modeldən şagird mərkəzli modelə keçid kreativ təlimin əsas şərtlərindən biridir.

2. Müasir təlim nəzəriyyələrində kreativlik

Kreativ təlimin elmi əsasları müxtəlif pedaqoji nəzəriyyələrin yanaşmalarının sintezi nəticəsində formalaşmışdır. Bu nəzəriyyələrdən ən mühümləri konstruktivizm, humanist pedaqogika və sosial-koqnitiv nəzəriyyələrdir.

Konstruktivizm

Konstruktivist yanaşmaya görə şagird bilikləri hazır formada qəbul etmir, onları öz təcrübəsi əsasında qurur. Təlimin əsas məqsədi şagirdin bilik yaradan subyektə çevrilməsidir. Bu baxış bucağı kreativ təlimin mahiyyəti ilə üst-üstə düşür, çünki hər bir yeni bilik şagirdin əvvəlki bilik və təcrübələri ilə əlaqələndərək yaradıcı şəkildə yenidən qurulur. Konstruktivist mühitdə müəllim fasilitator kimi şagirdlərin müstəqil araşdırma aparmasına, hipotezlər irəli sürməsinə və nəticə çıxarmasına kömək edir.

Humanist pedaqogika

Humanist pedaqogikanın nümayəndələrindən biri olan Carl Rogers kreativliyə insan azadlığının və özünüdərkinin təbii nəticəsi kimi baxır. Onun fikrincə, şagird özünü təhlükəsiz hiss etdikdə, daxili potensialını sərbəst inkişaf etdirməyə başlayır (Rogers, 1983, s. 102). Humanist yanaşma şagirdin duyğusal vəziyyətinin təlim prosesinə təsirini ön plana çıxarır: emosional rahatlıq, qəbul edilmə hissi və özünəinam yaradıcı düşünmə üçün zəruri şərait yaradır.

Sosial-koqnitiv nəzəriyyə

Albert Banduranın sosial-koqnitiv nəzəriyyəsi davranışın formalaşmasında müşahidə, təqlid, sosial mühit və özünə nəzarət mexanizmlərinin rolunu vurğulayır. Banduraya görə, özünəinam və özünütənzimləmə insanın yaradıcı fəaliyyətini gücləndirən əsas amillərdəndir (Bandura, 1997, s. 56). Özünəinamı yüksək olan şagird yeni tapşırıqlara daha cəsarətlə yanaşır, risk etməkdən çəkinmir və problemlərin yeni həll yollarını sınamaqdan qorxmur.

Bu nəzəriyyələrin ortaq cəhəti odur ki, hamısı şagirdin aktiv rolunu, fərdi inkişafını və öyrənmədə məsuliyyətini önə çəkir. Kreativ təlim bu nəzəriyyələrin ideyalarını birləşdirərək biliklərin yaradıcı şəkildə mənimsənilməsini, emosional komfortun təmin edilməsini və sosial qarşılıqlı əlaqənin gücləndirilməsini hədəfləyir.

3. Kurikulum islahatlarında yaradıcı düşüncənin yeri

Müasir təhsil sisteminin əsas məqsədlərindən biri şagirdləri XXI əsrin bacarıqları ilə təmin etməkdir. Bu bacarıqlar arasında yaradıcı düşüncə, problem həll etmə, əməkdaşlıq və

informasiya savadlılığı xüsusi yer tutur. Buna görə kurikulum islahatlarının mühüm istiqamətlərindən biri təlim prosesinə yaradıcı fəaliyyətə əsaslanan tapşırıqların daxil edilməsidir.

Məqsədyönlü fəaliyyət planları kurikulumda şagirdin hədəflərini müəyyənləşdirməyə, öyrənmə prosesini planlaşdırmağa və öz inkişafını izləməyə xidmət edir. Bu planlar sayəsində şagird yalnız bilikləri deyil, həm də öyrənmək strategiyalarını mənimsəyir ki, bu da onun yaradıcı təfəkkürünün genişlənməsinə şərait yaradır.

Layihə tapşırıqları yaradıcı düşüncənin inkişafında xüsusi önəm daşıyır. Layihə işi şagirdləri real problem və situasiyalar üzərində işləməyə, araşdırma aparmağa, məlumatları analiz etməyə və nəticələri təqdim etməyə sövq edir. Bu prosesdə şagird həm müstəqil öyrənmə bacarıqlarını, həm də əməkdaşlıq və kommunikasiya bacarıqlarını inkişaf etdirir. Layihələr şagirdə öz ideyalarını reallaşdırmaq üçün geniş imkan yaradır.

Əməkdaşlıq fəaliyyəti kurikulumun əsas komponentlərindən biri kimi yaradıcı düşüncəni stimullaşdırır, çünki qrup işində müxtəlif baxış bucaqları toqquşur, yeni ideyalar formalaşır və şagirdlər bir-birlərindən öyrənirlər. Sosial qarşılıqlı əlaqə divergent düşüncəni gücləndirir və ideya mübadiləsi üçün zəngin mühit yaradır.

Problem yönümlü tapşırıqlar şagirdə nəzəri bilikləri praktik situasiyalarda tətbiq etməyə, müxtəlif həll yolları axtarmağa və ən uyğun variantı seçməyə imkan verir. Bu yanaşma şagirdin analitik və kritik düşüncə bacarıqlarını inkişaf etdirir, həmçinin yeni ideyaların ortaya çıxmasına səbəb olur. Problem yönümlü öyrənmə real həyatı vəziyyətlərlə birbaşa əlaqəli olduğundan şagirdin maraq və motivasiya səviyyəsi artır.

Kurikulum islahatları həmçinin müəllimlərin pedaqoji yanaşmalarını da dəyişməyə vadar edir. Müəllimlər yalnız bilik verən şəxslər deyil, yaradıcı öyrənmə prosesini təşkil edən rəhbərlər kimi çıxış etməlidirlər. Interaktiv təlim mühiti, differensiallaşdırılmış tapşırıqlar və rəqəmsal texnologiyaların tətbiqi kreativ təlimin effektivliyini artıran amillərdəndir.

Kreativ təlim müasir dünyanın tələblərinə uyğun olaraq şagirdin yalnız bilik əldə etməsinə deyil, həm də bu bilikləri yaradıcı şəkildə tətbiq etməsinə, yeni ideyalar formalaşdırmasına və öyrənmə prosesinin fəal iştirakçısına çevrilməsinə yönəlmiş pedaqoji yanaşmadır. Onun pedaqoji əsasları konstruktivizm, humanist pedaqogika və sosial-koqnitiv nəzəriyyələrdən qaynaqlanır və hər biri kreativliyi fərqli aspektdən izah edir. Kurikulum islahatları isə bu nəzəri prinsipləri təcrübədə reallaşdıraraq təlimə layihə əsaslı, problem yönümlü və əməkdaşlığa söykənən fəaliyyətləri daxil edir. Bütün bu yanaşmaların sintezi şagirdlərin yaradıcı potensialının tam şəkildə üzə çıxmasına şərait yaradır.

KREATİV TƏLİM MÜHİTİNİN TƏŞKİLİ

Kreativ təlim mühiti müasir təhsil sistemində şagirdlərin yaradıcı düşüncə, problem həll etmə, tənqidi yanaşma və innovativ ideyalar irəli sürmə bacarıqlarının inkişafında əsas determinant kimi çıxış edir. Bu mühit yalnız təlim prosesində istifadə olunan metodlarla məhdudlaşmır, həm də müəllim–şagird münasibətlərini, motivasiya faktorlarını, emosional atmosferi, sinif otağının təşkilini, kognitiv və sosial stimulların mövcudluğunu əhatə edir. Təhsilin şəxsiyyətyönümlü modelə keçidi, XXI əsr bacarıqlarının tədris proqramlarına inteqrasiyası və şagird agentliyinin artırılması kreativ təlim mühitinin tərtibini günün vacib tələblərindən birinə çevirir. Bu baxımdan, kreativ mühit yaratmaq sadəcə metodlar toplusu deyil, hərtərəfli pedaqoji yanaşmanın nəticəsidir.

1. Müəllim–şagird qarşılıqlı əlaqəsi

Kreativ təlim mühitinin ən vacib komponentlərindən biri müəllim–şagird qarşılıqlı əlaqəsinin keyfiyyətidir. Bu qarşılıqlı əlaqə təkcə təlim prosesinin səmərəliliyini müəyyən etmir, həm də şagirdin düşünmə tərzinin formalaşmasına və yaradıcılıq potensialının üzə çıxmasına birbaşa təsir göstərir. Vıqotskinin yaxın inkişaf zonası (ZPD) nəzəriyyəsinə əsasən, şagird yalnız müəyyən qədər müstəqil işləyə bilər; lakin daha yüksək idrak səviyyəsinə çatmaq üçün o, müəyyən dəstəyə və yönləndirməyə ehtiyac duyur. Müəllimin “skafolding” (dəstəkləyici rəhbərlik) rolunu yerinə yetirməsi şagirdin inkişaf trayektoriyasını sürətləndirir və onun yaradıcı əməliyyatlar aparmaq bacarığını gücləndirir (Vıgotsky, 1978, s. 92).

Bu çərçivədə müəllim–şagird münasibətləri tərəfdaşlıq, qarşılıqlı hörmət və dialoq əsasında qurulduqda, şagird özünü daha sərbəst ifadə edə bilər. Müəllimin tənqiddən çox konstruktiv rəy verməsi, sualları qəbul etməsi, şagirdlərin fərqli fikirlərinə açıq olması onların düşünmə sərhədlərini genişləndirir. Araşdırmalar göstərir ki, müəllimin yaradıcı düşüncəni təşviq edən sualvermə strategiyalarından – açıq suallar, hipotezlərin qurulmasına yönəlik tapşırıqlar, müzakirə əsaslı öyrənmə – istifadə etməsi şagirdlərin idrak fəaliyyətini stimullaşdırır və daha orijinal cavablar ortaya çıxmasına səbəb olur.

Bundan başqa, müəllimin empatik davranışı şagirdin özünüifadə imkanlarını artırır. Şagird müəllim tərəfindən dəyərləndirildiyini hiss etdikdə risk etməyə, yeni ideyalar təklif etməyə daha meyilli olur. Beləliklə, müəllim şagird yaradıcılığının katalizatoru rolunu oynayır.

2. Stimullaşdırıcı öyrənmə mühiti

Kreativlik yalnız biliklərlə deyil, həm də həmin biliklərin tətbiqi üçün əlverişli şəraitlə bağlıdır. Stimullaşdırıcı təlim mühiti şagirdin daxili potensialını aktivləşdirən sosial, emosional və fiziki elementlərdən ibarətdir. Amabilenin yaradıcı fəaliyyətlə bağlı tədqiqatları göstərir ki,

yaradıcılıq inkişaf edən zaman üç əsas amil ön plana çıxır: azadlıq, maraq və təşviq (Amabile, 1996, s. 88). Azadlıq şagirdə tapşırıqları özünəməxsus şəkildə yerinə yetirmək imkanı verir; maraq şagirdi təlim prosesinə fəal şəkildə qoşur; təşviq isə şagirdin davamlı yaradıcı fəaliyyət göstərməsinə şərait yaradır.

Sınıf otağının fiziki mühiti də kreativliyə təsir edən mühüm faktorlardan biridir. Mühitin rahat, estetika baxımından cəlbedici və funksional olması şagirdin diqqətini və motivasiyasını artırır. Qrafik materiallar, rəngli vizuallar, layihə guşələri, qrup işinə uyğunlaşdırılmış masa düzülüşü şagirdlərdə həm əməkdaşlığı, həm də fərdi yaradıcılığı təşviq edir. Konstruktiv mühitdə şagirdlər ideyalarını sərbəst şəkildə təqdim edə bilir, layihə və təcrübə əsasında öyrənmə daha səmərəli olur.

Stimullaşdırıcı mühit həm də müxtəlif öyrənmə resurslarıyla zəngin olmalıdır: texnoloji vasitələr, interaktiv proqramlar, eksperiment materialları, bədii mənbələr və digər yaradıcı resurslar şagirdin təxəyyülünü genişləndirir. Məsələn, rəqəmsal alətlərdən istifadə şagirdlərin yaradıcı layihələr hazırlamasına imkan verir: video montajı, rəqəmsal rəsm, animasiya, 3D modelləşdirmə və s. Bu alətlər həm də şagirdlərin fərqli öyrənmə üslublarına uyğunlaşır.

Stimullaşdırıcı mühitin digər vacib komponenti səhv etmək azadlığıdır. Şagird səhvlərinə görə danlanmamalıdır; əksinə, müəllim səhvləri öyrənmə prosesinin bir hissəsi kimi təqdim etməli, onların analizi üçün şərait yaratmalıdır. Bu zaman şagird risk etməyə, qeyri-adi yanaşmaları sınağa cəsarət edir.

3. Motivasiya və emosional zəka

Kreativ təlim mühiti yalnız kognitiv amillərlə deyil, həm də emosional və motivasiya xarakterli faktorlarla bağlıdır. Goleman emosional zəkanın – öz emosiyalarını tanımaq, idarə etmək, başqalarının emosiyalarını anlamaq və sağlam münasibətlər qurmaq bacarığının – yaradıcı fəaliyyət üçün həlledici olduğunu qeyd edir (Goleman, 1995, s. 112). Emosional zəka yüksək olan şagirdlər özlərini daha yaxşı ifadə edir, fikirlərini sərbəst şəkildə müdafiə edir və əməkdaşlıq prosesində daha uğurlu olur.

Motivasiya kreativliyin mühərrikidir. Daxili motivasiyaya malik şagird öyrənməyə maraq və zövq üçün qoşulur, bu isə daha dərin və orijinal düşünmə ilə nəticələnir. Amabile də vurğulayır ki, yaradıcı fəaliyyətin ən güclü hərəkətverici qüvvəsi məhz daxili motivasiyadır. Müəllim şagirdin maraqlarına uyğun tapşırıqlar təyin etməklə, seçim imkanları yaratmaqla, onların uğurlarını qeyd etməklə motivasiyanı artırır.

Emosional zəkanın inkişafı üçün müəllim sinifdə müsbət emosional iqlim yaratmalıdır. Bu, qarşılıqlı hörmət, tolerans, anlayış və dəstək əsasında formalaşır. Stress və qorxu mühiti kreativ düşünməni bloklayır, çünki şagirdlər mümkün tənqid və ya uğursuzluqdan çəkinirlər. Əksinə, rahat emosional atmosfer şagirdin təxəyyülünü aktivləşdirir, yeni ideyalar yaratma prosesini sürətləndirir.

Motivasiya ilə emosional zəkanın kəsişdiyi nöqtədə mükafatlandırma və geribildirim mexanizmi dayanır. Müsbət geribildirim şagirdin özünəinamını artırır və onu daha kreativ tapşırıqlara yönləndirir. Bununla belə, motivasiyanın yalnız xarici mükafatlara əsaslanması kreativliyi azalda bilər; ona görə də balanslaşdırılmış və inkişaf yönümlü geribildirim strategiyası vacibdir.

Kreativ təlim mühitinin təşkili müəllim–şagird qarşılıqlı əlaqəsi, stimullaşdırıcı öyrənmə şəraiti, motivasiya və emosional zəka kimi çoxşaxəli komponentlərdən ibarət kompleks bir prosesdir. Bu komponentlər harmonik şəkildə tətbiq edildikdə, şagirdlərin yaradıcı düşünmə bacarıqları əhəmiyyətli dərəcədə inkişaf edir. Müəllim yalnız bilik ötürən deyil, həm də şagird yaradıcılığını dəstəkləyən, onu yönləndirən və potensialını üzə çıxaran şəxs kimi çıxış edir. Stimullaşdırıcı mühit şagirdin fəaliyyətinə çeviklik, maraq və sərbəstlik qatır. Motivasiya və emosional zəka isə onların özlərini ifadə etməsini və yeni ideyalar yaratmaq üçün cəsarətli olmasını təmin edir. Beləliklə, kreativ təlim mühiti müasir təhsilin əsas strateji istiqamətlərindən biri kimi dəyərləndirilir və şagirdlərin hərtərəfli inkişafında mühüm rol oynayır.

6. YARADICI DÜŞÜNCƏNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ

Yaradıcı düşüncə müasir təhsil sistemində əsas kompetensiyalardan biri kimi qəbul edilir. Şagirdlərdə tənqidi, analitik və yaradıcı düşünmə bacarıqlarının formalaşdırılması yalnız müasir dünyada rəqabətə davamlı olmaq üçün deyil, həm də onların intellektual və sosial inkişafının mühüm tərkib hissəsidir. Buna görə də yaradıcı düşüncənin qiymətləndirilməsi təlim prosesinin ayrılmaz komponentidir. Lakin bu bacarıq klassik ölçmə üsullarından fərqli yanaşma tələb edir və müəllimlərin bu sahədə peşəkar biliyini genişləndirməsini vacib edir.

1. Qiymətləndirmə meyarları

Yaradıcı düşüncənin keyfiyyətli qiymətləndirilməsi üçün istifadə olunan meyarlar şagirdin təqdim etdiyi ideya və məhsulun bir neçə əsas xüsusiyyətini nəzərə almalıdır. Bu meyarların hamısı yaradıcı fəaliyyətin çoxölçülü təbiətini əhatə edir:

a) Yenilik (orijinallıq)

Yaradıcı məhsulun ən mühüm xüsusiyyəti onun yeni, qeyri-adi və orijinal olmasıdır. Yenilik həm ideyanın məzmununda, həm təqdimat üsulunda, həm də problemi həll etmə yanaşmasında özünü göstərir. Məsələn, şagirdlərə verilən tapşırığın klassik cavabına alternativ bir həll yolu təklif etmək orijinallığın göstəricisidir. Müəllim burada həm ideyanın unikallığını, həm də yaradıcı yanaşmanın səviyyəsini qiymətləndirir.

b) Praktiki dəyər və tətbiq oluna bilmə

Yaradıcı ideyanın dəyəri yalnız yeni olmasında deyil, həm də praktik faydalılığında öz əksini tapır. Şagird tərəfindən təqdim edilən məhsulun real həyatda tətbiq edilə bilməsi, problemin həllinə real töhfə verməsi və ya mövcud bir prosesi yaxşılaşdırması əhəmiyyətli qiymətləndirmə meyarlarıdır. Təhsil kontekstində bu, şagirdin yaradıcı düşüncəsini gerçək situasiyalara adaptasiya edə bilməsi deməkdir.

c) Məntiqi əsaslandırma və izahlılıq

Yaradıcı ideyanın möhkəm elmi və məntiqi əsaslandırmaya malik olması da vacibdir. Şagirdin təqdim etdiyi həll yolu nə qədər qeyri-adi olsa da, onun arxasında düşünülmüş və məntiqi ardıcılıqla izah edilən bir proses dayanmalıdır. Bu, həm şagirdin düşüncə mədəniyyətinin göstəricisidir, həm də yaradıcılığın sistemli şəkildə həyata keçirildiyini sübut edir.

2. Portfel, rubrik və autentik qiymətləndirmə

Yaradıcı düşüncənin ölçülməsi üçün ənənəvi testlər və qapalı suallar kifayət etmir. Buna görə müasir təlimdə daha çevik və kompleks qiymətləndirmə üsullarından istifadə olunur.

a) Portfel qiymətləndirməsi

Portfel şagirdin müxtəlif mərhələlərdə hazırladığı işlərin, layihələrin və yaradıcı tapşırıqların toplusudur. Bu üsul müəllimə şagirdin yalnız yekun nəticəsini deyil, həm də onun inkişaf prosesini müşahidə etməyə imkan verir. Portfel vasitəsilə: şagirdin yaradıcılıq səviyyəsində zamanla baş verən dəyişikliklər, tədqiqat bacarıqlarının formalaşması, ideya generasiyası və məhsula çevrilmə prosesləri ardıcıl şəkildə analiz edilir. Portfel şəxsiləşmiş qiymətləndirməni təmin edir və şagirdin öz inkişafını dərk etməsinə şərait yaradır.

b) Rubriklərlə qiymətləndirmə

Rubriklər müəyyən meyarlar üzrə bal və səviyyə təsvirlərini ehtiva edən qiymətləndirmə cədvəlidir. Yaradıcı fəaliyyətin qiymətləndirilməsində rubriklər obyektivliyi artırır, çünki müəllimə hər bir meyar üzrə dəqiq göstəricilər təqdim edir. Rubriklər həmçinin şagirdə özündə qoyulan tələbləri əvvəlcədən anlamağa və işini bu tələblərə uyğun qurmağa kömək edir.

c) Autentik (real situativ) qiymətləndirmə

Autentik qiymətləndirmə şagirdin bilik və bacarıqlarını real həyatda qarşılaşacağı situasiyalar üzərində tətbiq etməsini ölçür. Buraya layihələr, eksperimentlər, sosial problemlərin həlli, müzakirələr, ictimai təqdimatlar və real həyatdan götürülmüş tapşırıqlar daxildir. Bu cür qiymətləndirmə şagirdin yaradıcı düşüncəsini praktiki fəaliyyətlə əlaqələndirir və onun gələcək həyat bacarıqlarının formalaşmasına xidmət edir.

3. Kreativ fəaliyyət nəticələrinin ölçülməsi çətinlikləri

Yaradıcı düşüncənin qiymətləndirilməsi bir çox səbəbdən mürəkkəb prosesdir. Bu çətinliklər həm psixoloji, həm metodoloji, həm də subyektiv amillərdən qaynaqlanır.

a) Subyektivlik problemi

Yeni və kreativ ideyaların qiymətləndirilməsi çox zaman şəxsi zövq, təcrübə və dünyagörüşündən asılı olur. Müəllimin yaradıcı ideyaları dəyərləndirmə meyarları fərqləndiyi üçün nəticələr də dəyişkən ola bilər. Buna görə rubriklərdən və çoxsaylı qiymətləndirmə üsullarından istifadə subyektivliyi azaltmaq baxımından zəruridir.

b) Yaradıcı prosesin dinamikliyi

Yaradıcı düşüncə xətti şəkildə inkişaf etmir. Bəzən şagirdin ilkin mərhələdə təqdim etdiyi ideya son nəticədən daha zəif və ya qarışıq ola bilər. Bu isə yalnız yekun məhsulun deyil, prosesin də qiymətləndirilməsini vacib edir. Prosesin ölçülməsi isə daha çox vaxt və təcrübə tələb edir.

c) Standartlaşdırmanın çətinliyi

Yaradıcı məhsullar müxtəlif formatlarda olur: ideya xəritələri, layihələr, modellər, esselər, vizual işlər və s. Bu müxtəliflik onların standartlaşdırılmış şəkildə qiymətləndirilməsini çətinləşdirir. Hər məhsulun spesifik xüsusiyyətlərini nəzərə almaq üçün müəllim fərdiləşdirilmiş meyarlar tətbiq etməyə məcbur olur.

d) Orijinallığın ölçülməsi

İdeyanın nə dərəcədə yeni olduğunu müəyyənləşdirmək çətin məsələdir. Bəzən ideya sadə görünə bilər, lakin onun arxasında yaradıcı yanaşma durur. Bəzən isə ideya göstərilən qədər orijinal olmaya bilər, amma təqdimat üsulu unikaldir. Buna görə də orijinallığın qiymətləndirilməsi çoxsaylı baxış bucaqlarını və müxtəlif qiymətləndirmə vasitələrini tələb edir.

Yaradıcı düşüncənin qiymətləndirilməsi tədris prosesində xüsusi yanaşma tələb edən mürəkkəb, lakin çox vacib sahədir. Bu sahədə düzgün və obyektiv qiymətləndirmə metodlarının seçilməsi şagirdlərin motivasiyasını artırır, onların özünüifadəsini və yaradıcılıq potensialını inkişaf etdirir. Müxtəlif qiymətləndirmə üsullarının – portfelin, rubriklərin və autentik

tapşırıqların – birgə tətbiqi daha dolğun və etibarlı nəticələr əldə etməyə imkan verir. Bu isə təhsilin keyfiyyətinə və şagirdlərin XXI əsr bacarıqları ilə təmin edilməsinə birbaşa təsir göstərir.

TƏHSİL SƏVİYYƏLƏRİNƏ UYGUN KREATİV TƏLİMİN TƏTBİQİ

Kreativ təlim müasir dövrdə təhsil prosesinin əsas tendensiyalarından biri kimi qəbul olunur. İnformasiya bolluğu, dəyişən əmək bazarı və kompleks sosial-iqtisadi proseslər şəraitində şagird və tələbələrə yalnız bilik deyil, həm də yaradıcı düşünmə, problem həll etmə, əməkdaşlıq, çevik qərarvermə kimi kompetensiyalar tələb olunur. Bu səbəbdən tədrisin bütün pillələrində kreativ metodların tətbiqi zəruri hesab edilir. Lakin kreativ yanaşmaların forması və dərinliyi təhsil səviyyəsinin xüsusiyyətlərinə uyğun dəyişməlidir. Aşağıda ibtidai, ümumi orta və ali təhsil pillələri üzrə kreativ təlim strategiyalarının məqsədyönlü tətbiqi geniş şəkildə izah olunur.

1. İbtidai təhsil

İbtidai təhsil mərhələsində uşaqların təfəkkürü daha çox konkret-əməlli xarakter daşıyır, ətraf mühiti oyun və təcrübə yolu ilə dərk etməyə meyllidirlər. Bu səviyyədə kreativ təlimin əsas məqsədi uşaqda öyrənməyə maraq oyatmaq, məntiqi və emosional bacarıqları paralel inkişaf etdirməkdir.

Oyun texnologiyalarının rolu. Oyunlar şagirdlərin həm sosial, həm də idrak bacarıqlarını gücləndirir. Bu mərhələdə rol oyunları, hərəkətli didaktik oyunlar, rəngləmə və konstruksiya fəaliyyətləri öyrənmə prosesini daha cəlbədicə edir. Məsələn, “məktəb mağazası” oyunu vasitəsilə uşaqlar tənliksiz şəkildə toplama-çıxma bacarıqlarını inkişaf etdirir, “kiçik kəşfiyyatçılar” oyunu isə təbiət haqqında ilkin təsəvvürlərin yaradılmasına kömək edir.

STEAM təlimi. İbtidai siniflərdə sadə STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) tapşırıqlarından istifadə uşaqlarda araşdırma mədəniyyətinin təməlini qoyur. Məsələn, kağızdan körpü qurmaq, suyun qaldırıcı qüvvəsini sadə təcrübələrlə araşdırmaq, rəqəmsal rəsmlər yaratmaq kimi fəaliyyətlər həm yaradıcılığı, həm də mühəndis təfəkkürünü təşviq edir. Bu cür tapşırıqlar uşaqlarda “sual vermə – araşdırma – nəticə çıxarma” zəncirini formalaşdırır.

Sadə layihə fəaliyyətləri. İbtidai layihələr adətən qısa müddətli olur və uşaq üçün əlçatan materiallara əsaslanır. “Mənim kəndim”, “Mənim ailəm”, “Mövsümlər dəyişir” kimi layihələr həm tədqiqat, həm təqdimat bacarıqlarını inkişaf etdirir. Bu layihələrdə şagirdlər məlumat toplayır, şəkillər çəkir, sadə maketlər hazırlayır və komanda içində paylaşma bacarıqlarını öyrənirlər.

2. Ümumi orta təhsil

Ümumi orta təhsil dövrü (5–9-cu siniflər) gənclərin məntiqi-reflektiv düşüncəsinin formalaşdığı, sosial biliklərinin genişləndiyi, identiklik axtarışının gücləndiyi bir mərhələdir. Bu səbəbdən kreativ təlim metodları artıq daha dərin analitik yük daşımali və şagirdləri müstəqil düşünməyə sövq etməlidir.

Analitik təhlil bacarıqları. Bu pillədə şagirdlərə müxtəlif mənbələrdən məlumat toplamaq, onları müqayisə etmək, səbəb-nəticə əlaqələrini müəyyənləşdirmək kimi tapşırıqlar verilə bilər. Məsələn, tarixi hadisələrin müxtəlif mənbələrdə təsvirini müqayisə etmək, ekologiya mövzusunda qrafikləri təhlil etmək və ya ədəbi qəhrəmanın davranış motivlərini araşdırmaq analitik düşüncəni gücləndirir.

Debatlar və müzakirələr. Debat metodu şagirdlərin tənqidi düşüncəsini, argument gətirmək bacarığını və nitq mədəniyyətini inkişaf etdirir. “Rəqəmsal texnologiyalar zərərli, yoxsa faydalı?”, “Ətraf mühitin qorunması kimlərin məsuliyyətidir?” kimi mövzular üzərində təşkil olunan debatlar həm aktual problemlərə diqqəti artırır, həm də şagirdlərdə vətəndaşlıq mövqeyi yaradır.

Tədqiqat tapşırıqları. Orta məktəb səviyyəsində tədqiqat artıq daha strukturlaşdırılmış şəkildə aparılır. Şagirdlər kiçik qruplarla hipoteza irəli sürür, sorğular keçirir, nəticələri təhlil edir və təqdimat hazırlayırlar. Tədqiqat bacarıqları onların gələcək akademik fəaliyyətlərinə ciddi baza yaradır.

PBL – Problem əsaslı təlim. PBL modeli bu pillədə xüsusilə effektivdir. Real həyatdan götürülmüş problemlər şagirdlərə təqdim olunur və onlar bu problemin həlli üçün araşdırma aparırlar. Məsələn, “məktəbdə tullantıların azaldılması üçün plan hazırlayın”, “yerli tarixi abidəni necə qorumaq olar?” kimi tapşırıqlar şagirdləri həm yaradıcılığa, həm də sosial məsuliyyətə yönəldir. PBL komandada işləmə, liderlik və resurslardan səmərəli istifadə bacarıqlarını inkişaf etdirir.

3. Ali məktəb mühitində kreativ yanaşmalar

Ali təhsil mərhələsi gənclərin professional kimliyi formalaşdırdığı, ixtisaslaşdırılmış bilik və bacarıqlar qazandığı dövrdür. Bu səviyyədə kreativ təlim daha çox innovasiya, tədqiqat və real layihələr üzərində qurulur.

Laborator tədqiqatların rolu. Ali məktəblərdə laborator mühitlər tələbələrə nəzəri bilikləri təcrübədə sınaqdan keçirmək imkanı yaradır. Fizika, kimya, biologiya, informatika, mühəndislik kimi sahələrdə aparılan eksperimentlər tələbələrin elmi düşüncə tərzini

gücləndirir. Onlar hipoteza qoyur, eksperiment dizayn edir, nəticələri şərh edir və elmi hesabat hazırlayırlar. Bu proses elmilik və yaradıcı təfəkkürün integrasiyasını təmin edir.

Startup layihələri və innovasiya ekosistemi. Son illər bir çox universitetlərdə tələbələrin biznes ideyalarını inkişaf etdirməsinə imkan verən startup inkubatorları fəaliyyət göstərir. Tələbələr real problemə innovativ həll tapır, biznes modeli qurur, prototip hazırlayır və investora təqdimat (pitching) edir. Bu proses həm yaradıcı düşüncə, həm də sahibkarlıq bacarıqlarını inkişaf etdirir. Dizayn-təfəkkür (Design Thinking) proqramları. Design Thinking yanaşması problemlərə insan mərkəzli, mərhələli şəkildə yanaşmağı öyrədir: empatiya qurmaq, problemi müəyyənləşdirmək, ideya yaratmaq, prototip hazırlamaq və test etmək. Ali məktəblərdə bu metodla keçirilən dərslər tələbələri həm empatik düşünməyə, həm də innovativ həllər tapmağa məcbur edir. Bu, xüsusilə IT, marketinq, sosial elmlər, mühəndislik və menecment sahələrində effektivdir.

Multidissiplinar əməkdaşlıq. Kreativ təlim ali məktəbdə yalnız bir fənnin çərçivəsində qalmamalıdır. Müxtəlif ixtisasların tələbələrinin bir araya gəldiyi layihələr onların integrativ düşüncəsini inkişaf etdirir. Məsələn, mühəndislik, dizayn və iqtisadiyyat tələbələrinin birlikdə robot prototipi yaratması və onun bazar strategiyasını hazırlaması həm yaradıcı proses, həm də əməkdaşlıq bacarıqları üçün mükəmməl platformadır.

Akademik tədqiqat və elmi yazı. Ali təhsildə kreativlik yalnız vizual və ya praktiki fəaliyyətlərlə məhdudlaşmır; elmi araşdırmalarda yeni yanaşmalar tapmaq, fərqli nəzəri çərçivələri birləşdirmək, innovativ metodologiya seçmək də yaradıcı fəaliyyətin məhsuludur. Magistr və doktorant səviyyələrində tələbələr yeni bilik yaradır, bu isə kreativ təfəkkürün ən yüksək formasıdır.

Təhsil pillələrinin hər birində kreativ təlimin məqsədi eyni olsa da – yaradıcı, çevik düşünən, problem həll etməyə hazır fərd yetişdirmək – bu məqsədə çatmaq üçün istifadə olunan metodlar yaş və psixoloji xüsusiyyətlərə uyğun fərqlənməlidir. İbtidai siniflərdə oyun və STEAM daha təsirli olduğu halda, orta məktəbdə debatlar, analitik tapşırıqlar və PBL öndə gedir, ali təhsildə isə startaplar, laborator tədqiqatları və multidissiplinar layihələr əsas rol oynayır. Bütün səviyyələrdə kreativlik təhsilin keyfiyyətini yüksəldən, öyrənməni həyati bacarıqlarla zənginləşdirən mühüm komponent kimi çıxış edir.

NƏTİCƏ

Aparılan təhlil göstərir ki, kreativ təlim metodları şagirdlərin yaradıcı düşüncə bacarıqlarının inkişafında həlledici rol oynayır. Kreativlik yalnız təlim metodlarının deyil, bütövlükdə təlim mühitinin, motivasiyanın və sosial qarşılıqlı əlaqənin sintezindən formalaşır. Müasir pedaqoji

yanaşmalar göstərir ki, divergent düşünmənin inkişafı, problem yönümlü fəaliyyət, layihələr, debatlar və STEAM inteqrasiyası yaradıcı təfəkkürü stimullaşdıran əsas mexanizmlərdir. Bununla yanaşı, qiymətləndirmə, müəllim hazırlığı və əənəvi mühit kimi çətinliklər kreativ təlimin effektivliyini azalda bilər. Buna görə də təhsil müəssisələri metodoloji yenilikləri sistemli şəkildə tətbiq etməli, yaradıcı mühitin formalaşmasını strateji məqsəd kimi müəyyənləşdirməlidir.

MƏNBƏLƏR

- Amabile, T. (1996). Creativity in context. Westview Press.
- Bandura, A. (1997). Self-efficacy: The exercise of control. Freeman.
- Barrows, H. (1985). How to design a problem-based curriculum. Springer.
- De Bono, E. (1992). Six thinking hats. Penguin Books.
- Gee, J. P. (2007). What video games have to teach us about learning and literacy. Palgrave.
- Goleman, D. (1995). Emotional intelligence. Bantam.
- Guilford, J. P. (1967). The nature of human intelligence. McGraw-Hill
- Johnson, D. W., & Johnson, R. (1994). Learning together and alone. Allyn & Bacon.
- Kilpatrick, W. (1925). Foundations of method. Macmillan.
- Osborn, A. (1953). Applied imagination. Scribner.
- Piaget, J. (1973). To understand is to invent. Penguin.
- Rogers, C. (1983). Freedom to learn. Merrill.
- Sternberg, R. (2003). Wisdom, intelligence and creativity synthesized. Cambridge University Press.
- Torrance, E. P. (1962). Guiding creative talent. Prentice-Hall.
- Robinson, K. (2011). Creative schools: The grassroots revolution that's transforming education. New York, NY: Viking.
- Vygotsky, L. (1978). Mind in society. Harvard University Press.
- Богоявленская, Д. Б. (2002). Психология творческих способностей. Москва: Академия.
- Nəzərov, A.M. (2012). Müasir təlim texnologiyaları. Dərs vəsaiti. ADPU-nəşriyyatı.

OVO STRATEJİSİ İLE RASTGELE ORMAN ALGORİTMASI KULLANILARAK İNSÜLİN DOZAJININ TESPİTİ

Fahriye GEMCİ

Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of
Computer Engineering, 46040 Onikisubat, Kahramanmaraş

ORCID: 0000-0003-0961-5266

ÖZET

Günümüzde obezite ve diyabet hastalığı büyük oranda artmıştır. Bu artışla beraber, insülin direnci ve dozu incelemeleri önem kazanmıştır. İnsülinin fizyolojik süreçlerde önemli rolü görülmektedir. Bu çalışmada, diyabet hastalarında insülin dozunun belirlenmesi makine öğrenme algoritması kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada insülin dozajı veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti, İngiltere'de 10.000 diyabet hastasından elde edilmiştir. Veri setinde, diyabet hastalarında insülin dozunu tahmin etmek için çeşitli sağlıkla ilgili özellikler verilmiştir. Veri seti aile geçmişi, glikoz seviyeleri ve fiziksel aktivite gibi 13 özelliğten oluşuyor. Veri setindeki insülin dozu dört gruba ayrılmıştır: sabit, artış, düşüş ve yok. Dolayısıyla çalışmamız dört sınıflı çok sınıflı bir problemdir. İkili sınıflandırma problemini çözmek için birçok yöntem tasarlanmıştır. Fakat çok sınıflı problemler daha hassastır. Bu yüzden çok sınıflı problemlerde özenli tasarımlara ihtiyaç vardır. Bu çalışmada 4 sınıflı diyabet dozu tahmini problemi, Rastgele Orman (Random Forest) algoritması ile başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Öncelikle, veri setinde ön işlem adımları uygulanmıştır. Ardından, test oranı %30 olacak şekilde test ve train örnekleri elde edilmiştir. Ardından iki farklı yolla diyabet dozu tahmini gerçekleştirilmiştir. Bir yaklaşım, rastgele orman algoritmasını doğrudan uygulamaktır; diğer yaklaşım ise bire bir (OVO) stratejisi kullanılarak rastgele orman algoritmasını kullanmaktır. Diyabet dozu tahmini için yalnızca Random Forest algoritmasını kullanan ilk yöntem, %96,8 doğruluk, %96,9 kesinlik, %96,8 geri çağırma ve %96,7 F1 puanı ile başarılı bir sonuç verdi. Diyabet dozaj tahmini için OVO stratejisiyle birlikte kullanılan ikinci yöntem olan rastgele orman algoritması, %97,6 doğruluk, %97,6 hassasiyet, %97,6 geri çağırma ve %97,5 F1 puanı ile daha başarılı bir sonuç vermiştir. İnsülin dozu gibi çok sınıflı problemler üzerinde Rastgele Orman Algoritmasının OVO Stratejisi ile birlikte kullanımı umut verici görünmektedir.

Anahtar Kelimeler: İnsülin Dozu, Çok Sınıflı Sınıflandırma, Bire bir (OVO) Stratejisi, Rastgele Orman Algoritması, Denetimli Öğrenme erlit, majör ve minör oksitler, toprak alkali metal, EDXRF

INSULIN DOSAGE DETECTION USING RANDOM FOREST ALGORITHM WITH OVO STRATEGY

ABSTRACT

Obesity and diabetes have increased significantly in recent years. Along with this increase, studies on insulin resistance and dosage have gained importance. Insulin plays a crucial role in physiological processes. In this study, insulin dosage in diabetic patients was determined using a machine learning algorithm. There is used an Insulin Dosage data set in this study. The data set is obtained from 10.000 diabetes in the UK. Several health-associated features to predict insulin dosage on diabetic patients are given in the dataset. The dataset is composed of 13 features such as family history, glucose levels, and physical activity, etc. Insulin dosage in the dataset is separated four groups: steady, up, down, and no. Hence, our study is multiclass problem with four classes. Many methods have been designed to solve the binary classification problem. However, multiclass problems are more delicate. Therefore, careful designs are needed for multiclass problems. In this study, the 4-class diabetes dose estimation problem was successfully estimated using the random forest algorithm. First, preprocessing steps were applied to the dataset. Then, test and train samples were obtained with a test ratio of 30%. Subsequently, diabetes dose estimation was performed in two different ways. One approach is to directly implement the Random Forest algorithm, while the other is to implement it using Random Forest with One-vs-One (OVO) strategy. The first method, using only the Random Forest algorithm for diabetes dosage estimation, yielded a successful result with 96.8% accuracy, 96.9% precision, 96.8% recall, and a 96.7% F1 score. The second method, random forest with the OVO strategy for diabetes dosage estimation, yielded a more successful result with 97.6% accuracy, 97.6% precision, 97.6% recall, and a 97.5% F1 score. The use of the Random Forest Algorithm in combination with the OVO Strategy on multi-class problems, such as insulin dosage, appears promising.

Keywords: Insulin Dosage, Multiclass classification, OVO Strategy, Random Forest algorithm, Supervised Learning

1. INTRODUCTION

Diabetes is a complex and highly prevalent disease (Abdelbaky et al., 2019). In recent years, the incidence of both obesity and diabetes has increased markedly. Parallel to this rise, research focusing on insulin resistance and insulin dosage has gained substantial importance. Insulin plays a critical role in numerous physiological processes, including glucose metabolism, lipid regulation, and protein synthesis. Inadequate glucose control in patients indicates deficiencies

in insulin dosage (Nguyen et al. 2021). Therefore, one of the important factors when determining insulin dosage is glucose level.

Machine learning methods are used in the prediction and treatment of diabetes (Abdelbaky et al. 2019). Random Forest machine learning method can solve multi-class problems (Prinzle and Van den Poel 2008). Hence, Random Forest method was preferred to determine insulin dosage. Multi-class problems involve classifying samples into more than two distinct classes. A multi-class classification problem can be addressed by decomposing it into multiple independent binary classification tasks. This decomposition is commonly achieved using two fundamental strategies: one-vs-all (OVA) and one-vs-one (OVO) (Genesis et al. 2025). Hence, OVO strategy was preferred to solve multi-class problem in this study.

A study is developed an ensemble machine learning model, including Random Forest, boosted trees, and regression, to classify initial inpatient total daily insulin (TDD) requirements as low (<6 units) or high (≥ 6 units). To improve performance and stability, a SuperLearner algorithm is trained, integrating these base models with weighted contributions. While a univariate logistic regression model achieved an AUROC of 0.57 and an AUPRC of 0.29, the SuperLearner attained an AUROC of 0.85 and an AUPRC of 0.65, providing clinically relevant guidance for insulin dosing (Nguyen et al. 2025). A developed a logistic regression method is used to determine insulin dosage following diabetes detection. The model achieves with an accuracy of 51% (Sampath and Deepthi 2025). Insulin dependency prediction, aimed at identifying diabetes patients likely to require insulin therapy, is performed using several machine learning algorithms, including XGBoost, LightGBM, Random Forest (RF), and Logistic Regression (LR). Among these models, XGBoost achieves the highest performance with an accuracy of 0.88 and an F1-score of 0.88, followed by LightGBM with an accuracy of 0.85 and an F1-score of 0.84, Random Forest with an accuracy of 0.82 and an F1-score of 0.81, and Logistic Regression with an accuracy of 0.76 and an F1-score of 0.74. (Yata et al. 2025). Based on these studies, this study was carried out due to the need for a successful and multi-class insulin dosage prediction algorithm.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data set

This dataset was collected from 10,000 diabetic patients in 150 hospitals in the United Kingdom. This dataset contains various health-related features of diabetic patients, such as glucose level, physical activity, and creatinine. Along with these 13 health-related features, an insulin dosage feature is also provided.

2.3. Random Forest Algorithm

The Random Forest classifier generally achieves results with less training time compared to other classifier algorithms (Talla et al. 2019). Random Forests perform well on datasets containing high-dimensional features (Prinzle and Van den Poel 2008). Random forests, a supervised learning algorithm, can be used for classification and regression problems. Random forests create decision trees on data samples. They find the best solution by voting on the predictions obtained from each different tree.

2.4. OVO Strategy

Classification algorithms are generally designed to solve binary classification problems. They require additional solutions for multi-class classification problems. A multi-class problem can be solved by converting it into multiple independent binary classification problems. This conversion is based on two fundamental strategies: OVA (One-vs-All) and OVO (One-vs-One) (Genesis et al. 2025).

The one-vs-one (OvO) strategy employs a granular decomposition of the multi-class classification problem. It divides the problem into a series of binary classification tasks. Each task focuses on distinguishing between a specific pair of classes. In this framework, the dataset is partitioned according to all possible class pairings. The OvO strategy is trained on smaller data subsets, each corresponding to a particular class pair, which can alleviate scalability challenges commonly associated with multi-class classification methods (Genesis et al. 2025).

3. EXPERIMENTAL RESULTS

3.1. Dataset and Preprocessing

In this study, the target variable is the patient's insulin dosage value. This variable is identified as having four different values: steady, up, down, and no. Hence, this problem is a multi-class classification problem.

The meaningless sequence number column in the dataset was cleaned. The remaining 5 categorical string columns were converted to numerical categories using the LabelEncoder function from the sklearn library. The dataset in this study was split into train and test data using the train_test_split function provided by scikit-learn library. 70% of the dataset is allocated for training, and the remainder is allocated for testing.

3.2. Random Forest

In this study, a four-class diabetes dose estimation problem was effectively modeled and classified using a random forest-based machine learning approach. The confusion matrix results

obtained from the classification tests using the Random Forest algorithm for the multi-class problem are presented in Table 1.

Table 1. Confusion matrix for Random Forest

Actual \ Prediction	down	no	steady	up
down	167	0	18	5
no	0	192	31	0
steady	0	4	1590	0
up	2	0	36	955

3.3. Random Forest with OVO strategy

The confusion matrix results obtained from the classification tests using the Random Forest algorithm with OVO strategy for the multi-class problem are presented in Table 2.

Table 2. Confusion matrix for Random Forest with OVO strategy

Actual \ Prediction	down	no	steady	up
down	174	0	11	5
no	0	202	21	0
steady	0	0	1594	0
up	4	0	31	958

In this study, a four-class diabetes dose estimation problem was effectively modeled and classified using a random forest-based machine learning approach and a random forest-based machine learning approach with OVO strategy. Accuracy, precision, recall and F1 score values were obtained from the classification tests using the Random Forest algorithm and for the multi-class problem are presented in Table3.

Table 3. Performance Results of This Study

	Random Forest	Random Forest with OVO strategy
Accuracy	0.968	0.976
Precision:	0.969	0.977
Recall	0.968	0.976
F1 Score	0.967	0.975

CONCLUSION

Insulin Dosage for diabete patients in this study was predicted using two different methods. A dataset consisting of 13 different characteristics, such as gender, glucose levels, and physical activity, obtained from 10,000 diabetes patients was used for testing purposes in this study. Since the target value in the dataset, the insulin dose, was divided into four groups, the study was solved as a multi-class problem. Following the preprocessing steps, two different methods were tested: the Random Forest algorithm and the Random Forest algorithm with the One-vs-One (OVO) strategy. While both methods show quite good success in over 95% of cases, the Random Forest algorithm with the One-vs-One (OVO) strategy shows 1% higher success.

Therefore, it is evident that the OVO strategy is an important strategy that increases success in multi-class problems.

REFERENCES

- Abdelbaky, I., Ahmed, M., & Taha, M. (2025). Machine learning classification approaches for prediction of effective diabetes drugs. *Egyptian Informatics Journal*, 31, 100786.
- Genesis, G., Gomes, I. F., & Barbosa, J. A. A Comparison between the One-vs-All (Ova) and One-vs-One (Ovo) Strategies for Lithofacies Classification Using Support Vector Machines and Logistic Regression Models. Available at SSRN 5085740.
- Nguyen, M., Jankovic, I., Kalesinskas, L., Baiocchi, M., & Chen, J. H. (2021). Machine learning for initial insulin estimation in hospitalized patients. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 28(10), 2212-2219.
- Prinzie, A., & Van den Poel, D. (2008). Random forests for multiclass classification: Random multinomial logit. *Expert systems with Applications*, 34(3), 1721-1732.
- Sampath, O., & Deepthi, P. (2025, November). Machine Learning-Based Model for Predicting Insulin Dosing in Diabetic Patients. In *International Conference on Computer Science and Communication Engineering (ICCSCE 2025)* (pp. 2755-2763). Atlantis Press.
- Talla, S., Venigalla, P., Shaik, A., & Vuyyuru, M. (2019). Multiclass classification using random forest classifier. *Int. J. Sci. Res. Comput. Sci. Eng. Inf. Technol*, 5(2), 493-496.
- Yata, V. K., Das, O. P., Lakshmi, B. V. S., Vaishnavi, M., Uddin, M. A., Srikantam, A., & Bukke, S. P. N. (2025). Development of a machine learning-based interface for insulin dependency prediction using clinical data. *Scientific Reports*, 15(1), 38720.

KÜÇÜK ÖLÇEKLİ YÜZ VERİ SETLERİ ÜZERİNDE KLASİK GÖRÜNTÜ İŞLEME YÖNTEMLERİ VE DERİN ÖĞRENME TABANLI YAKLAŞIMLARIN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Yasin SANCAR

Ataturk University, Faculty of Open and Distance Education, Department of Information Technology, 25240 Yakutiye, Erzurum

ORCID: 0000-0002-4200-1293

ÖZET

Bu çalışmada, klasik görüntü işleme yöntemlerinin küçük ölçekli insan yüzü görüntü veri setinde mevcut derin öğrenme yaklaşımlarıyla ne ölçüde rekabet edebileceğini araştırılmıştır. Deneyler ORL yüz veri seti üzerinde gerçekleştirilmiş ve sınıflandırma, klasik yöntemlerin bir parçası olarak çıkarılan Yerel İkili Desenler (LBP) ve Yönelimli Gradyanların Histogramı (HOG) özellikleri ile Destek Vektör Makineleri (SVM) kullanılarak yapılmıştır. Karşılaştırma için derin öğrenme yaklaşımı dikkate alınmış ve yalnızca MobileNetV2 modelini özellik çıkarıcı olarak kullanarak elde edilen derin temsiller SVM kullanılarak sınıflandırılmıştır. Deney sonuçları, HOG tabanlı klasik yaklaşımın küçük veri koşullarında yüksek ve istikrarlı bir performans sunduğunu (92,5% doğruluk) ve derin öğrenme tabanlı referans yöntemine çok yakın sonuçlar ürettiğini göstermektedir. MobileNetV2 tabanlı hibrit yaklaşım en yüksek doğruluğu (%95) elde etmesine rağmen, klasik yöntemin önemli ölçüde daha düşük hesaplama maliyeti ve harici veri bağımlılığı olmadan benzer performansı, küçük ölçekli uygulamalar için dikkate değerdir. Bulgular, klasik görüntü işleme yöntemlerinin küçük veri senaryolarında hala geçerli ve pratik bir alternatif sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Küçük ölçekli veri kümeleri, klasik görüntü işleme, Histogram Yönelimli Gradyanlar, Destek Vektör Makineleri, derin öznitelik çıkarımı, yüz sınıflandırma

A COMPARATIVE ANALYSIS OF CLASSICAL IMAGE PROCESSING METHODS AND DEEP LEARNING-BASED APPROACHES ON SMALL-SCALE FACE DATASETS

ABSTRACT

This study investigates the extent to which classical image processing methods can compete with existing deep learning approaches on a small-scale human face image dataset. Experiments were conducted on the ORL face dataset, and classification was performed using Support Vector Machines (SVM) with Local Binary Patterns (LBP) and Histogram of Oriented Gradients (HOG) features extracted as part of the classical methods. For comparison, a deep learning approach was considered, and deep representations obtained using only the MobileNetV2 model as a feature extractor were classified using SVM. The experimental results show that the classical HOG-based approach offers high and stable performance (92.5%

accuracy) under small data conditions and produces results very close to the deep learning-based reference method. Although the MobileNetV2-based hybrid approach achieved the highest accuracy (95%), the classical method's significantly lower computational cost and similar performance without external data dependency are noteworthy for small-scale applications. The findings reveal that classical image processing methods still offer a valid and practical alternative in small data scenarios.

Keywords: Small-scale datasets, classical image processing, Histogram of Oriented Gradients, Support Vector Machines, deep feature extraction, face classification

1. INTRODUCTION

Face recognition systems are one of the fundamental computer vision problems widely used in many areas such as biometric authentication, surveillance, mobile device security, and human-computer interaction (Gupta, 2024). In the literature, facial recognition processes are generally addressed through a pipeline consisting of face detection, feature extraction, and classification stages (Almadan & Rattani, 2021). The performance of this pipeline is directly related to the discriminative power of the features used and the suitability of the classification method to the data conditions.

Subspace-based approaches such as PCA and LDA were widely used in early facial recognition studies and yielded satisfactory results in controlled environments (Karakuş et al., 2023). However, it has been shown that the performance of these methods is limited under real-world conditions such as pose changes, lighting variations, facial expressions, and low resolution (Li et al., 2019). To overcome these limitations, handcrafted features based on local texture and edge information have been developed; methods such as Local Binary Patterns (LBP) and Histogram of Oriented Gradients (HOG) have gained significant prominence in the facial recognition literature (Chengeta, 2019; Haq et al., 2025).

In recent years, deep learning-based approaches have become dominant in the field of face recognition, particularly with the development of convolutional neural networks. Deep architectures such as VGG, ResNet, and similar models have achieved very high accuracy rates when trained on large-scale datasets (Rahim et al., 2023). However, it is clearly emphasized in the literature that the success of these models is largely dependent on large datasets and high computational power, and that they are prone to overfitting when trained on limited data (Sáez-Trigueros et al., 2018).

This raises the question of whether classical image processing methods still hold validity in small-scale datasets. Many studies have shown that handcrafted features such as HOG and LBP can produce more stable and predictable results under small data conditions. In particular, the low computational cost of these methods, their ability to operate without external data dependency, and their interpretable structures make them attractive for practical applications. On the other hand, instead of completely excluding deep learning, hybrid approaches that use models trained on large datasets solely as feature extractors have also attracted attention in recent years. In this approach, while taking advantage of the representational power of deep models, more data-efficient methods are preferred in the classification stage. The literature reports that such hybrid structures offer more balanced results in small data scenarios.

This study comparatively examines classical image processing methods and deep learning-based approaches on small-scale face datasets. Within the scope of classical methods, LBP and HOG features are evaluated together with Support Vector Machines, while the deep learning approach is considered not to propose a new model but to establish a reference upper performance limit for comparison. In this regard, the MobileNetV2 model is used solely as a feature extractor.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Dataset

In this study, experimental evaluations were performed on the ORL Face Dataset (AT&T Database of Faces), which is widely used in the literature (Kasikrit, 2020; Samaria & Harter, 1994). The dataset consists of 400 grayscale face images, 10 images per person, from 40 different individuals. The images include different facial expressions, pose variations, and lighting conditions. Due to its limited number of examples, the ORL dataset provides a suitable testing environment for analyzing small-scale data scenarios. Fig 1 shows the sample of dataset images.

In the experiments, a fixed split was applied with 8 images for training and 2 images for testing for each class. The same training-testing split was used for all methods to ensure a fair comparison.



Fig. 1. Sample face images from the ORL face dataset.

2.2. Preprocessing

All images were used in grayscale format. No additional color conversion was applied in classical methods. In the deep learning-based approach, images were converted to a three-channel format and rescaled to the model input size according to the input requirements of the pre-trained models. The spatial information of the images was preserved during this conversion.

2.3. Classical Image Processing-Based Methods

The LBP method has been used to encode local texture information in face images. An LBP operator was applied to each image to obtain a histogram-based feature vector. The obtained features were used together with Support Vector Machines (SVM) in the classification stage. The HOG method was preferred to represent the edges and gradient orientations in facial images. Gradient-based features were extracted for each image and these features were converted into vectors. HOG features were evaluated with SVM during the classification stage. It is widely reported in the literature that HOG provides stable and discriminative representations under small data conditions.

2.4. Deep Learning-Based Hybrid Approach

The MobileNetV2 model was used in the deep learning-based approach. The model was loaded with pre-trained weights on the ImageNet dataset and evaluated solely as a feature extractor. The model's classification layers were removed, and the deep features obtained from the last convolutional layer were kept constant.

The obtained deep features were fed into an SVM classifier to enable a fair comparison with classical methods. In this approach, the deep learning model was not retrained; the model's representational power was used to provide a reference upper performance limit under small data conditions.

2.5. Classification and Evaluation

Support Vector Machines (SVM) were used in the classification stage for all methods. This ensured that different feature types were evaluated under the same classifier. The methods were compared using the metrics Accuracy, Precision, Recall, and F1-score for performance evaluation.

2.6. Experimental Setup

The experiments were conducted using the same training–test split and the same evaluation criteria. This allowed for a direct and fair comparison between classical image processing methods and deep learning-based hybrid approaches. Differences between the methods in terms of computational cost and model complexity are discussed in the discussion section.

3. RESULTS AND DISCUSSION

In this study, the performance of classical image processing methods and a deep learning-based hybrid approach was comparatively evaluated on a small-scale face dataset. All methods were tested using the same training–test split and the same classifier. The obtained quantitative results are presented in Table 1.

Table 1. Comparative Performance of Methods

Method	Accuracy	Precision (macro)	Recall (macro)	F1 (macro)
LBP + SVM	0.650	0.620	0.650	0.613
HOG + SVM	0.925	0.933	0.925	0.915
MobileNetV2 (Embedding) + SVM	0.950	0.946	0.950	0.940

The LBP-based approach demonstrated moderate performance under limited data conditions and achieved an accuracy value of 65%. Although LBP's structure, based on local texture representation, provides a certain robustness against facial expressions and lighting changes, it was observed to be limited in representing more complex structural information.

The HOG-based approach achieved the highest performance among classical methods with an accuracy rate of 92.5%. HOG's representation based on gradients and edge orientations captured the structural features of the face more effectively, producing high and stable results

under small data conditions. This finding confirms that HOG is a powerful classical feature in limited data scenarios.

In the deep learning-based hybrid approach, the MobileNetV2 model was used only as a feature extractor, and the obtained deep representations were classified using SVM. This method achieved the highest performance with 95% accuracy. However, the performance increase obtained is seen to be limited compared to the HOG-based method.

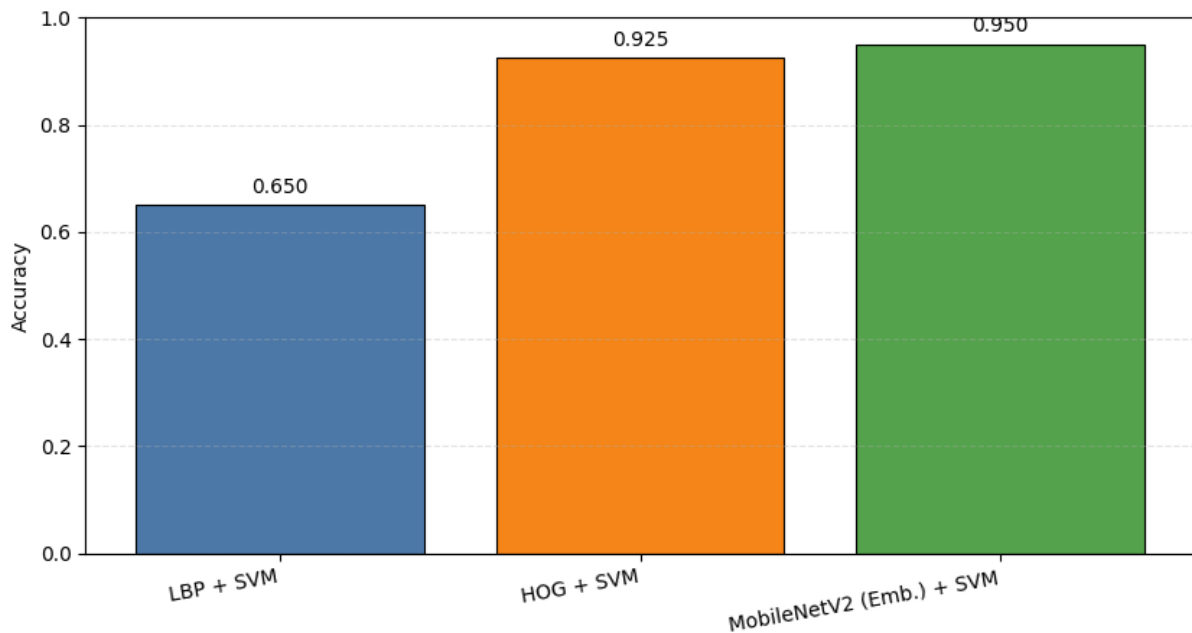


Fig. 2. Accuracy comparison across methods on the ORL face dataset.

The results clearly demonstrate that classical image processing methods remain powerful and competitive on small-scale datasets. It is particularly noteworthy that the HOG-based approach achieves performance quite close to that of a deep learning model trained on large datasets. This highlights that classical methods can provide effective solutions with lower computational costs, without relying on external data. Fig 2 illustrates the accuracy comparison of classical and deep learning-based approaches on the ORL face dataset, highlighting the competitive performance of the HOG-based method with respect to the reference deep learning approach. While it is expected that the MobileNetV2-based hybrid approach achieves the highest accuracy, it should be noted that this method relies on prior knowledge learned on large-scale datasets such as ImageNet. In contrast, the HOG-based method delivered similar performance without requiring any pre-training. In this context, the results obtained should be evaluated in terms of performance-cost balance rather than absolute accuracy values.

Furthermore, it has been observed that using deep learning models solely for feature extraction, rather than training them directly under small data conditions, yields more stable results. This

indicates that using deep learning in a hybrid manner with classical methods in small data scenarios is a more rational approach.

In general, this study demonstrates that classical image processing methods, particularly HOG, offer a practical, computationally efficient, and reliable alternative for small-scale face datasets. The findings emphasize that in real-world applications, the choice of method should be based not only on the highest accuracy value but also on factors such as data volume, computational cost, and applicability.

CONCLUSIONS

In this study, classical image processing methods and a deep learning-based hybrid approach were comparatively evaluated on small-scale face datasets. Experimental results conducted on the ORL face dataset clearly demonstrated that classical methods remain robust and reliable alternatives under limited data conditions. In particular, the HOG-based approach demonstrated high and stable performance without any pre-training or external data dependency.

Although the MobileNetV2-based hybrid approach achieved the highest accuracy value, the performance difference between it and the HOG-based method was found to be limited. This situation shows that classical methods can produce results close to deep learning-based approaches with much lower computational cost and ease of application. Therefore, it has been concluded that the choice of method should be based not only on the highest accuracy value but also on factors such as data quantity, computational requirements, and practical applicability.

Furthermore, the findings indicate that using deep learning models solely for feature extraction, rather than training them directly, is a more stable and rational approach in small data scenarios. In this context, hybrid structures that evaluate classical and deep learning methods together offer an effective solution for small-scale applications.

In conclusion, this study confirms that classical image processing methods, particularly HOG, are a practical, computationally efficient, and reliable option for small-scale face recognition problems. Future studies plan to conduct more comprehensive comparisons using different datasets, alternative handcrafted features, and lightweight deep learning architectures.

REFERENCES

- Almadan, A., & Rattani, A. (2021). *Towards On-Device Face Recognition in Body-worn Cameras*. 1–6. <https://doi.org/10.1109/iwbf50991.2021.9465079>
- Chengeta, K. (2019, January). A Review of Local Feature Algorithms and Deep Learning Approaches in Facial Expression Recognition with Tensorflow and Keras. In *Lecture notes in computer science* (pp. 127–138). Springer Science+Business Media. https://doi.org/10.1007/978-3-030-21077-9_12
- Gupta, A. (2024). Advancements and Challenges in Face Recognition Technology. *International Journal of Computer Trends and Technology*, 72(11), 92–104. <https://doi.org/10.14445/22312803/ijctt-v72i11p110>

- Haq, M. U., Sethi, M. A. J., Ahmad, S., Ahmad, N., Anwar, M. S., & Kutlimuratov, A. (2025, January). A Comprehensive Review of Face Detection/Recognition Algorithms and Competitive Datasets to Optimize Machine Vision. In *Computers, materials & continua/Computers, materials & continua (Print)* (Vol. 84, Issue 1, pp. 1–24). <https://doi.org/10.32604/cmc.2025.063341>
- Karakuş, S., Kaya, M., & Tuncer, S. A. (2023). Real-Time Detection and Identification of Suspects in Forensic Imagery Using Advanced YOLOv8 Object Recognition Models. *Traitement Du Signal*, 40(5), 2029–2039. <https://doi.org/10.18280/ts.400521>
- Kasikrit. (2020). *AT&T Database of Faces*. <https://www.kaggle.com/datasets/kasikrit/att-database-of-faces>
- Li, P., Prieto, L. R., Mery, D., & Flynn, P. J. (2019). On Low-Resolution Face Recognition in the Wild: Comparisons and New Techniques. *IEEE Transactions on Information Forensics and Security*, 14(8), 2000–2012. <https://doi.org/10.1109/tifs.2018.2890812>
- Rahim, A., Zhong, Y., Ahmad, T., Ahmad, S., Pławiak, P., & Hammad, M. (2023). Enhancing Smart Home Security: Anomaly Detection and Face Recognition in Smart Home IoT Devices Using Logit-Boosted CNN Models. *Sensors*, 23(15), 6979–6979. <https://doi.org/10.3390/s23156979>
- Sáez-Trigueros, D., Meng, L., & Hartnett, M. (2018). Face Recognition: From Traditional to Deep Learning Methods. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1811.00116>
- Samaria, F. S., & Harter, A. C. (1994). Parameterisation of a stochastic model for human face identification. *Proceedings of 1994 IEEE Workshop on Applications of Computer Vision*, 138–142.

SANAT TERAPİSİ VE RESİM EĞİTİMİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN ANALİZİ: MASKE TERAPİSİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

Cansu BEYHAN ESEN

Trakya University Faculty of Education, Department of Fine Arts Education,
Department of Painting and Art Education

ORCID: 0009-0008-8113-4807

Aylin GÜRBÜZ

Prof. Dr., Trakya University Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Department
of Painting and Art Education

ORCID: 0000-0001-7258-199X

ÖZET

Sanat terapisi ve resim eğitimi, görsel sanatların çeşitli etkinliklerini kullanarak elde edebileceğimiz ifadeler ve bireylerin kişisel gelişimlerini desteklemeleri açısından ortak bir noktada buluşurlar. Sanat terapisi, duygusal ve psikolojik iyileşme süreçlerine odaklanan resim eğitimi ile alabileceğimiz uygulamalara yöneliktir. Resim eğitimi, sanat terapisinin bir parçası olarak görülebilir. Resim eğitimi, bireylerin bilinçaltındaki düşüncelerine ve bu duygularla başa çıkma sorunlarının iyileştirilmesine yardımcı olabilir. Sanat terapistleri, resim eğitimi sürecini, duygusal ve psikolojik çözümleri ele almak için kullanabilirler. Sanat terapisi ve resim eğitimi, birbirinin tamamlayıcı nitelikte olup, hem performans yeteneklerini hem de duygusal gelişimlerine katkı sağlar. Bu iki alanın bir araya gelmesi, daha bütünsel bir tedaviyle ele alma olanaklarını tanır ve yaratıcı olanaklar sayesinde deneyimlemelerine, iyileşmelerine ve kişisel gelişimlerine yardımcı olur. Bu araştırmanın amacı, Resim eğitiminde maske terapisi ile öğrencilerin kendilerini ifade etme yeteneklerini geliştirmek, sanat yoluyla duygusal ve düşünsel farkındalıklarını artırmak, yaratıcılıklarını ve sanatsal becerilerini geliştirmek, grup içi iletişimi ve paylaşımı teşvik etmektir. 2023-2024 eğitim-öğretim yılında gerçekleştirilen bu nitel araştırmada fenomenolojik araştırma deseni kullanılmıştır. Maske terapisi uygulama örneklerinden bildirinin uzunluğu dikkate alınarak temsili seçilen örneklerle yer verilmiştir. Sonuç olarak, maske sanat terapisi süreci, içsel keşif, duyguların ifadesi ve değişim konularında oldukça etkili ve anlamlı olmuştur. Maske tasarımı ve içerdiği sembollerle, öğrencilerin içsel dünyasını derinlemesine keşfetmesini ve duygusal farkındalık kazanmasını sağlamıştır. Terapi süreci, özgüvenin artması, duygusal denge sağlanması ve içsel huzurun güçlenmesi gibi olumlu etkiler yaratmıştır. Sanat terapisi ve resim eğitimi, birbirini takip edecek ve gerçekleştirecekleri sanatsal ve duygusal gelişimlerine katkıda bulunan iki önemli alandır. Bu değişimin bir araya gelmesi, hem teknik yeteneklerini hem de duygusal sağlıklarını iyileştirmelerine olanak tanır ve onların daha bütünsel bir yaklaşımla ele alınmasına yardımcı olur.

Keywords: resim, sanat, yaratıcılık, terapi

ANALYSING THE RELATIONSHIP BETWEEN ART THERAPY AND ART EDUCATION: MASK THERAPY APPLICATION EXAMPLE

ABSTRACT

Art therapy and painting education meet at a common point in terms of the expressions we can achieve by using various activities of visual arts and supporting the personal development of individuals. Art therapy is orientated towards applications that we can receive with painting education that focuses on emotional and psychological healing processes. Painting education can be seen as a part of art therapy. Painting education can help individuals to improve their subconscious thoughts and problems in coping with these emotions. Art therapists can use the process of painting education to address emotional and psychological solutions. Art therapy and painting education are complementary to each other and contribute to both performance skills and emotional development. The coming together of these two fields recognises the possibilities of a more holistic treatment and helps them to experience, heal and personal development through creative possibilities. The aim of this research The aim of this qualitative research is to improve students' self-expression skills, increase their emotional and intellectual awareness through art, develop their creativity and artistic skills, and encourage communication and sharing within the group with mask therapy in art education. Phenomenological research design was used in this qualitative study conducted in the 2023-2024 academic year. Representative examples of mask therapy application examples are included, taking into account the length of the paper. As a result, the mask art therapy process was very effective and meaningful in terms of inner discovery, expression of emotions and change. The mask design and the symbols it contains enabled the students to explore their inner world in depth and gain emotional awareness. The therapy process had positive effects such as increased self-confidence, emotional balance and inner peace. Art therapy and painting education are two important fields that contribute to the artistic and emotional development of the students. The combination of this change allows them to improve both their technical abilities and their emotional health, and helps them to be addressed in a more holistic approach.

Keywords: painting, art, creativity, therapy

1. GİRİŞ

Sanat terapisi, bireyin ruhsal yaşantısını anlamlandırma ve iyileştirme sürecinde yaratıcı ifadeyi merkeze alan çağdaş bir psikoterapi yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, sanat üretimini yalnızca estetik bir etkinlik olarak değil, bireyin iç dünyasına ulaşmayı sağlayan güçlü bir iletişim ve dönüşüm aracı olarak ele alır. Ruh sağlığı alanında giderek artan biçimde kullanılan sanat terapisi, psikoterapötik yöntemlerle yaratıcı sürecin bütünleşmesi sayesinde bireyin zihinsel, duygusal ve bedensel deneyimlerine çok boyutlu bir şekilde temas etmeyi mümkün kılmaktadır.

Sanat terapisine temel oluşturan düşünce, sanatsal yaratımın bireyin kendini ifade etmesini kolaylaştırdığı ve kişinin içsel yaşantılarını daha derinlikli biçimde fark etmesine olanak tanıdığı yönündedir. Sözel anlatımın sınırlı kaldığı durumlarda sanat, sembolik ve mecazi bir dil sunarak bireyin duygularını, düşüncelerini ve yaşantılarını görünür hâle getirir. Bu süreç, bireyin kendini keşfetmesine, içgörü kazanmasına ve yaşadığı psikolojik güçlüklerle başa çıkabilmek için yeni yollar geliştirmesine katkı sağlar. Böylece sanat terapisi, bireyin yalnızca sorunlarına değil, aynı zamanda potansiyeline ve iyileşme kapasitesine de odaklanan bir yaklaşım sunar.

Sanat terapisi uygulamaları, güvenli ve yargılayıcı olmayan bir terapötik ortamda yürütülür. Bu ortam, bireyin özgürce deneyimlemesine, yeni anlamlar üretmesine ve farklı bakış açıları geliştirmesine olanak tanır. Sanatsal süreç aracılığıyla ortaya çıkan ürünler, bireyin duyuşsal, bilişsel, duygusal ve ilişkisel deneyimlerini bütüncül bir şekilde ele alma fırsatı sunar. Bu yönüyle sanat terapisi, insanı yalnızca zihinsel düzeyde değil; duyuşsal-motor, duygusal, sosyal ve ruhsal boyutlarıyla bir bütün olarak ele alan kapsayıcı bir yaklaşım niteliği taşır.

Özellikle erken dönem yaşantılar, travmatik deneyimler ve gelişimsel çatışmalar çoğu zaman doğrudan sözel anlatımla ifade edilemeyebilir. Sanat terapisi, bu tür deneyimlerin bilinçdışı düzeyde semboller, imgeler ve duyuşsal temsiller aracılığıyla ortaya çıkabileceği varsayımına dayanır. Terapötik ilişkide sanat terapistinin duygusal varlığı, uyumu ve seçtiği sanat süreçleri, bireyin içsel anlatısını yeniden yapılandırmasına ve deneyimlerini anlamlandırmasına destek olur. Bu süreçte sanat, hem bireysel dışavurumun hem de terapötik ilişkinin yansıtıldığı bir alan işlevi görür.

Multidisipliner bir alan olan sanat terapisi; insan gelişimi, psikoloji, görsel sanatlar, rehberlik ve psikoterapi kuramlarından beslenen bütünleşik bir yapıya sahiptir. Sanat terapistleri, farklı kuramsal yaklaşımları ve profesyonel bilgi alanlarını bir araya getirerek esnek ve uyarlanabilir terapi ortamları oluştururlar. Günümüzde sanat terapisi, bireysel ve grup temelli uygulamalarla ruh sağlığını destekleyen, benlik saygısını ve öz farkındalığı artıran, duygusal esnekliği ve

sosyal becerileri geliştiren etkili bir yöntem olarak değerlendirilmektedir. Bu bağlamda sanat terapisi, modern ruh sağlığı hizmetleri içinde önemli ve giderek genişleyen bir uygulama alanı sunmaktadır.

Amerikan Sanat Terapisi Derneği'ne göre sanat terapistleri, renk, doku ve çeşitli sanat medyasının terapötik süreçte oynayabileceği rolleri ve bu araçların kişinin düşüncelerini, duygularını ve psikolojik eğilimini ortaya çıkarmaya nasıl yardımcı olabileceğini anlamak için eğitilir. Sanat terapisi, psikoterapiyi ve bazı görsel sanatları belirli, bağımsız bir terapi biçimi olarak bütünleştirir, aynı zamanda diğer terapi türleriyle birlikte kullanır. Profesyonel bir sanat terapisti tarafından yapılan sanat terapisi, kişisel ve ilişkisel tedavi hedeflerinin yanı sıra grup etkileşimini de etkili bir şekilde destekler. Sanat terapisi bilişsel ve sensorimotor fonksiyonları iyileştirmek, benlik saygısını ve öz farkındalığı arttırmak, duygusal esnekliği geliştirmek, içgörü kazandırmak, sosyal becerileri geliştirmek, çatışmaları ve sıkıntıları azaltmak ve çözmek ve toplumsal ve ekolojik değişimi ilerletmek için kullanılır (Amerikan Sanat Terapisi Derneği, 2009).

2. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

2.1. Sanat Terapisinin Özellikleri

Sanat terapisinin ayırt edici özelliklerinden biri, sözsüz iletişimi temel bir ifade aracı olarak kullanmasıdır. Pek çok birey için duygu ve düşünceleri kelimelere dökmek zorlayıcı olabilirken, sanat yoluyla ifade etmek daha doğal ve güvenli bir alan sunar. Özellikle bireyin belleğinde yer alan yaşantılar, sözel anlatımdan çok sanatsal üretim aracılığıyla daha bütüncül ve samimi biçimde ortaya çıkabilmektedir (Nguyen, 2015). Bu durum, sanatın yalnızca bir anlatım aracı değil, aynı zamanda içsel deneyimlere ulaşmayı kolaylaştıran bir köprü işlevi gördüğünü göstermektedir. Dewey'nin (1934) de vurguladığı gibi, tüm anlamların kelimelerle tam olarak ifade edilebilmesi mümkün olsaydı, resim ve müzik gibi sanat biçimlerine ihtiyaç duyulmazdı. Bu bakış açısı, sanatın insan deneyimindeki vazgeçilmez rolünü ortaya koymaktadır.

Sanatta biçim, duygunun görünür hâle gelmesini sağlayan temel unsurdur. Renk, çizgi, doku ve kompozisyon gibi sanatsal öğeler, bireyin iç dünyasında yaşadığı duyguları yapılandırılmış bir bütün hâline getirir. Langer'e (1953) göre sanatsal biçim, içsel duygunun yalnızca temsil edilmesini değil, aynı zamanda deneyimlenmesini de mümkün kılar. Bu yönüyle sanat ürünü, hem sanatçısı hem de izleyicisi için duygusal bir çağrışım alanı yaratır. Sanat terapisi bağlamında biçim, bireyin sözel olarak ifade edemediği duygularını başkalarına iletebilmesini sağlayan güçlü bir araçtır.

Yaratıcı ifade içeren sanat terapisi uygulamaları, özellikle konuşma ya da yazının sınırlı olduğu durumlarda önemli bir işlev üstlenir. Küçük çocuklar, engelli bireyler ya da travmatik yaşantılar nedeniyle sözel anlatımda zorlanan kişiler için sanat, güvenli bir ifade alanı sunar. Suç mağdurları için yaratıcı ifade, kendini koruma ve duygusal sınır oluşturma işlevi görürken; suç işlemiş bireyler açısından ise suçluluk ve utanç duygularıyla başa çıkmada rahatlatıcı bir araç olabilir (Glazer, 1998; Henderson, 2007; Rogers, 1993). Bu süreçte sanat terapisi, bireyin içsel dünyasından kendiliğinden ortaya çıkan duygulara alan açar ve terapist ile danışanın bu “ruhun sesini” birlikte fark edip anlamlandırmasına olanak tanır (Rowe, 2008; Nguyen, 2015). Böylece terapi süreci, yalnızca iyileştirici değil, aynı zamanda dönüştürücü bir deneyime dönüşür.

2.2. Sanat Terapisi ve Resim Eğitimi Arasındaki İlişki

Sanat terapisi ile resim eğitimi, sanatı merkeze almaları bakımından ortak bir zeminde buluşmakla birlikte, amaç ve uygulama yönünden farklılaşan iki alandır. Resim eğitimi daha çok teknik beceri, estetik algı ve sanatsal üretim sürecine odaklanırken; sanat terapisi, sanatı bireyin duygusal ve psikolojik iyilik hâlini destekleyen bir araç olarak kullanır. Ancak her iki alan da bireyin kendini tanımasına, içsel dünyasını keşfetmesine ve ifade etmesine katkı sağlar. Resim eğitimi, sanat terapisi uygulamalarının önemli bir bileşeni olarak değerlendirilebilir. Sanat terapistleri, resim yapma sürecini danışanın bilinçdışı düşüncelerine, bastırılmış duygularına ve içsel çatışmalarına ulaşmak için kullanırlar. Resim aracılığıyla ortaya çıkan imgeler, bireyin farkında olmadığı duygusal süreçleri görünür kılabilir ve bu süreçlerle başa çıkmayı kolaylaştırabilir. Bu açıdan bakıldığında resim eğitimi, yalnızca sanatsal beceri kazandırmakla kalmaz; aynı zamanda bireyin duygusal farkındalığını artıran bir öğrenme alanı sunar.

Sanat terapisi ve resim eğitimi birbirini tamamlayan niteliktedir. Bu iki alanın bir arada kullanılması, hem sanatsal performansın hem de duygusal gelişimin desteklenmesine olanak tanır. Böyle bir bütünleşme, bireyin sanatsal üretimi yalnızca teknik bir etkinlik olarak değil, aynı zamanda kendini anlama ve dönüştürme süreci olarak deneyimlemesini sağlar.

2.3. Sanat Terapisinin Resim Eğitime Katkısı

Sanat terapisi, resim eğitimi sürecine bireyin ifade özgürlüğünü ve duygusal derinliğini artıran önemli katkılar sunar. Terapi temelli yaklaşımlar, bireylerin resim yapma sürecinde hata yapma kaygısından uzaklaşmalarını ve daha özgür, kendiliğinden üretimde bulunmalarını destekler. Bu durum, resim eğitiminin yalnızca teknik bir öğrenme süreci olmaktan çıkarak anlamlı ve kişisel bir deneyime dönüşmesini sağlar.

Öte yandan resim eğitimi de sanat terapisi uygulamalarını besleyen bir alan olarak değerlendirilebilir. Eğitim sürecinde öğrenilen farklı teknikler, malzeme bilgisi ve görsel ifade yolları, terapötik çalışmalarda daha zengin ve etkili müdahalelerin yapılmasına olanak tanır. Bu çeşitlilik, danışanın kendini ifade edebileceği alternatif yolların artmasını sağlayarak terapi sürecinin derinleşmesine katkıda bulunur.

Sanat terapisi ve resim eğitimi, sanatsal ve duygusal gelişimi destekleyen iki önemli alan olarak karşılıklı bir etkileşim içindedir. Bu alanların bir arada ele alınması, bireyin hem teknik becerilerinin hem de ruhsal iyilik hâlinin güçlenmesini mümkün kılar. Böylece birey, sanat aracılığıyla kendini daha bütüncül bir şekilde tanıma, ifade etme ve geliştirme fırsatı bulur.



Görsel 1: Kız, 21 Yaş

Görsel 1’de öğrenci, maske tasarımıyla ağırlıklı olarak kahverengi tonları ile mavi gibi soğuk renkleri tercih etmiştir. Bu renklerin, öğrenci tarafından uyum ve güven duygularını temsil ettiği görülmektedir. Maskenin yüz kısmında yer alan tebessüm ifadesini “kaçamak bir gülüşle huzur ve sevgiyi hissettiğimdeki ifademi yansıtmak istedim” sözleriyle açıklamıştır. Bu ifade, öğrencinin duygusal farkındalığını artırarak kendini olduğu gibi kabul etmesine katkı sağlamıştır. Maske yapım sürecine heyecanla devam ettiğini belirten öğrenci, çalışmanın sonunda kendi benliğiyle bir diyalog kurduğunu ve bu süreçte farkındalık kazandığını ifade etmiştir.

Öğrenci, maskede yer alan ayrıntıları iç dünyasıyla ilişkilendirmiş; karakterini, bakış açısını ve sevdiği unsurları sembolik biçimde çalışmasına yansıtmıştır. Maskeyi oluştururken hem kendisinden hem de sevdiklerinden esinlendiğini belirtmiştir. Dergi parçalarını keserek oluşturduğu kıyafet tasarımını bir elbise olarak hayal etmesi, öğrencinin yaratıcı düşünme becerisinin etkin biçimde devreye girdiğini göstermektedir. Maskenin baş kısmında kullandığı kırmızı kâğıt, dikkat çekme isteğini simgelerken; saçların arasına eklediği tek ip, uzun süredir yaptırmak istediği rastayı temsil etmektedir. Bu unsurlar, öğrencinin kendi istek ve arzularını eleştirel yargıdan uzak bir biçimde ifade edebildiğini ortaya koymaktadır.

Maske terapisi sürecinin sonunda öğrenci, kendisinin değişebilir bir yapıya sahip olduğunu ve her hâliyle kendini sevebildiğini dile getirmiştir. Yeni bir özelliğini keşfetmenin kendisi için keyifli ve anlamlı bir deneyim olduğunu ifade etmiştir. Farklı materyaller, dokular ve renklerle yapılan çalışma, öğrencinin hem farkındalığını hem de yaratıcılığını artırmış; duygusal ve bilişsel gelişimini desteklemiştir. Bu süreç, öğrencinin sanat yoluyla kendini ifade etme becerilerinin güçlendiğini göstermektedir.



Görsel 2: Kız, 22 Yaş

Maske sanat terapisi süreci, öğrencinin içsel dünyasını keşfetmesi ve duygularını ifade etmesi açısından etkili ve verimli bir deneyim sunmuştur. Öğrenci, maske çizimi ve tasarımı sırasında yaşadığı düşünce ve duyguları; renkler, semboller ve biçimler aracılığıyla dışa vurarak kendini ifade etme fırsatı bulmuştur.

Görsel 2’de çalışmanın başlangıcında öğrencinin, çizdiği yüz şeklini kendi yüzüne benzetemediğini fark etmesi, kendilik algısını sorgulamasına yol açmıştır. Yüz hatlarını daha doğru ve estetik biçimde ifade etme isteği, öğrencinin kendini tanıma ve kabul etme sürecinde önemli bir farkındalık göstergesi olarak değerlendirilmektedir. Maskede yer alan bulmaca figürü yaşamın karmaşıklığını ve çözülmesi gereken zorlukları simgelerken, kelebek motifi hayatın geçiciliğini ve kısılalığını temsil etmektedir. Tüm bu sembollerin yanında yer alan gülen kadın figürü ise, yaşamın zorluklarına rağmen umudu ve olumlu bakış açısını yansıtmaktadır. İçsel keşif sürecinde öğrencinin karmaşık duygular yaşadığı, ancak bu duyguları anlamlandırmaya çalıştığı gözlemlenmiştir. Maskeyi tasarlarlarken başlangıçta bilinmezliğe bağlı olarak kaygı hissetmesi, ardından çizim süreci ilerledikçe mutluluk ve rahatlama duygularının ortaya çıkması, yaratıcı sürecin düzenleyici ve rahatlatıcı etkisini ortaya koymaktadır. Çalışmanın tamamlanmasının ardından öğrencinin iç dünyasında yaşanan olumlu değişimleri fark etmesi, kişisel gelişim ve öz farkındalık kazanımının bir göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Duyguların ifade edilmesi aşamasında öğrenci, yaşam, ölüm, varoluş ve hayatın geçiciliği gibi temaları sembolik anlatımlar yoluyla ele almıştır. Maskede kullanılan bulmaca, kelebek ve

gülen kadın figürleri, öğrencinin içsel düşüncelerini ve duygusal derinliğini yansıtan anlamlı göstergeler olarak öne çıkmaktadır. Bu sembolik anlatım, öğrencinin kendi yaşamına ve duygularına yönelik daha derin bir düşünme sürecine girmesine olanak tanımıştır.

Maske sanat terapisi, öğrencinin kendini daha iyi tanımasına, duygularını kabul etmesine ve ifade etmesine katkı sağlamıştır. Süreç, öğrencinin duygusal farkındalığını ve yaratıcılığını desteklemiştir; sanat yoluyla kendini ifade etme becerilerinin gelişmesine olanak tanımıştır. Bu deneyim, öğrencinin kişisel gelişiminde anlamlı ve destekleyici bir adım olarak değerlendirilmektedir.



Görsel 3: Kız, 21 Yaş

Öğrencinin maske sanat terapisi sürecindeki deneyimi, benlik algısı, duygusal dönüşüm ve kendini kabul etme temaları açısından dikkat çekici bir içsel yolculuğa işaret etmektedir. Görsel 3'te sürecin başlangıcında öğrencinin yüz hatlarını simetrik ve estetik bulmamasıyla yaşadığı şaşkınlık, aslında bireyin kendine yönelik eleştirel bakışını fark etmesine olanak tanımıştır. Bu ilk tepkinin olumsuzlukta kalmayıp yaratıcı bir fırsata dönüştürülmesi, öğrencinin esneklik ve uyum becerisini ortaya koymaktadır. Maskeyi dönüştürme isteği, yalnızca estetik bir düzenleme değil, aynı zamanda kendini yeniden yapılandırma ve içsel yönlerini görünür kılma çabası olarak değerlendirilebilir.

Maske tasarım süreci boyunca öğrencinin yaşadığı duygusal değişim, sanat terapisinin dönüştürücü etkisini açık biçimde yansıtmaktadır. Başlangıçta hissedilen “çirkinlik” algısının zamanla yerini sevinç, rahatlama ve özgürlük duygularına bırakması, yaratıcı sürecin düzenleyici ve iyileştirici işlevini göstermektedir. Öğrencinin maskeyi dilediği gibi şekillendirebilmesi, kontrol duygusunu güçlendirmiş; bu da kendini daha özgür ve güvende hissetmesine katkı sağlamıştır. Sürecin sonunda kendini “daha iyi ve güzelleşmiş” hissetmesi, dışsal bir ürün üzerinden içsel bir kabul ve olumlu benlik algısının geliştiğini düşündürmektedir.

Duyguların ifade edilmesi aşamasında öğrencinin neşe, özgürlük ve kendini ortaya koyma isteğini ön plana çıkarması, bastırılmış ya da geri planda kalan yönlerin sanat aracılığıyla

görünür hâle geldiğini göstermektedir. Renkler, biçimler ve yazılar yoluyla yapılan bu ifade, öğrencinin duygularını sözel olmayan bir dilde serbestçe dışa vurabildiğini ve kendisiyle daha açık bir bağ kurduğunu ortaya koymaktadır. Estetik kaygı ile duygusal ifade arasında kurulan denge, öğrencinin hem içsel hem de yaratıcı gelişimine işaret etmektedir.

Maske sanat terapisi süreci, öğrencinin kendini ifade etme becerilerini güçlendirmiş, içsel dünyasını keşfetmesine ve duygusal farkındalık kazanmasına önemli katkılar sağlamıştır. Öğrencinin yaşadığı içsel değişimleri fark edebilmesi ve bu değişimlerle barışık bir tutum geliştirmesi, terapi sürecinin etkili ve destekleyici olduğunu göstermektedir. Bu deneyim, öğrencinin benlik algısının daha esnek, kabul edici ve olumlu bir yönde geliştiğini düşündürmektedir.



Görsel 4: Erkek, 21 Yaş

Görsel 4'te öğrencinin maske sanat terapisi sürecinde yaşadıkları, benlik algısı, duygusal farkındalık ve içsel dönüşüm bağlamında anlamlı bir terapötik deneyime işaret etmektedir. Maske çizimi ve tasarımının başlangıç aşamasında öğrencinin maskeyi şekilsiz ve renksiz olarak algılaması, bireyin içsel boşluk, belirsizlik ya da henüz yapılandırılmamış duygusal yaşantılarını yansıtan bir durum olarak değerlendirilebilir. Bu ilk algının süreç içerisinde dönüşüme uğraması ve umut ile aydınlık temalarının ön plana çıkması, sanat terapisi sürecinin dönüştürücü ve yapılandırıcı etkisini ortaya koymaktadır.

Maske tasarımında karanlık ve aydınlık kavramlarının birlikte ele alınması, öğrencinin içsel çatışmalarını bütüncül bir bakış açısıyla ele alabildiğini göstermektedir. Özellikle yıldız figürlerinin aydınlığı simgelemesi, bireyin zorlayıcı duygusal yaşantılar içerisinde dahi umut ve anlam arayışını sürdürebildiğine işaret etmektedir. Diğer sembollerin de karanlık ve aydınlık temaları etrafında konumlandırılması, öğrencinin duygusal deneyimlerini sembolik bir dil aracılığıyla ifade edebildiğini ve bu deneyimleri zihinsel olarak yapılandırabildiğini göstermektedir.

İçsel dünyayı keşfetme sürecinde öğrencinin maske oluşturma sırasında özgürlük ve mutluluk duyguları yaşaması, yaratıcı sürecin düzenleyici ve destekleyici işlevini ortaya koymaktadır. Değişebilme ve kendini ifade edebilme özgürlüğünün deneyimlenmesi, öğrencinin benlik algısında esnekliğin arttığını ve öznel deneyimlerine daha açık bir tutum geliştirdiğini düşündürmektedir. Maskenin tamamlanmasının ardından öğrencinin kendini daha özgür ve değişken hissetmesi, terapötik sürecin içsel farkındalık ve benlik bütünlüğü üzerindeki olumlu etkisini yansıtmaktadır.

Duyguların ifade edilmesi aşamasında umut ve özgürlük temalarının ön plana çıkması, öğrencinin duygusal düzenleme becerilerinin güçlendiğini göstermektedir. Maske üzerinde kullanılan sarı ve beyaz renklerin iyilik ve umudu, siyah rengin ise kötülük ya da olumsuz yaşantıları temsil etmesi, öğrencinin duygularını sembolik karşıtlıklar yoluyla ifade edebildiğini ortaya koymaktadır. Bu durum, bireyin içsel deneyimlerini anlamlandırma ve ifade etme kapasitesinin geliştiğine işaret etmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, maske sanat terapisi süreci öğrencinin içsel keşif, duyguların ifadesi ve değişim süreçlerinde etkili bir araç olmuştur. Maske tasarımı ve içerdiği sembolik anlatımlar, öğrencinin iç dünyasını derinlemesine ele almasına ve duygusal farkındalık kazanmasına katkı sağlamıştır. Terapi süreci; özgüvenin artması, duygusal denge sağlanması ve içsel huzurun güçlenmesi gibi olumlu kazanımlar yaratarak, sanat terapisinin bireyin psikolojik iyilik hâli üzerindeki destekleyici rolünü ortaya koymuştur.



Görsel 5: Kız, 21 Yaş

Öğrencinin maske sanat terapisi sürecinde yaşadığı deneyimler, duygusal farkındalık, benlik algısı ve içsel keşif bağlamında anlamlı bir terapötik sürece işaret etmektedir. Görsel 5'te sürecin başlangıcında gözlerini açtığında hissettiği “boşluk” duygusu, henüz yapılandırılmamış içsel yaşantıların ve kendini ifade etmede yaşanan güçlüğü sembolik bir yansıması olarak değerlendirilebilir. Bu durum, bireyin iç dünyasında var olan ancak sözel ya da görsel olarak

henüz biçim kazanamamış duyguların fark edilmesi açısından önemli bir başlangıç noktası oluşturmaktadır.

Maske tasarım sürecinde öğrencinin, aktarmak istediği duygu ve düşünceleri bilinçli bir biçimde ifade etmeye yönelmesi, içsel dönüşüm ve kendini ifade etme ihtiyacının güçlendiğini göstermektedir. Özellikle kadın figürleriyle birlikte güneş sembolünün kullanılması, aydınlık, huzur ve yaşam enerjisi arayışının sembolik bir anlatımı olarak yorumlanabilir. Bu semboller, öğrencinin içsel dünyasında denge ve iyilik hâline ulaşma isteğini yansıtmaktadır.

İçsel keşif sürecinde öğrencinin kendini özgür ve güçlü hissettiğini belirtmesi, maske oluşturma sürecinin benlik algısını destekleyici ve güçlendirici bir işlev üstlendiğini göstermektedir. Bununla birlikte, çalışmanın tamamlanmasının ardından belirgin bir duygusal değişim yaşanmamış olması, terapötik sürecin ani bir dönüşümden ziyade içsel denge, farkındalık ve kabul geliştirmeye odaklandığını düşündürmektedir. Bu durum, sanat terapisinin her zaman dramatik değişimler yaratmak yerine, bireyin mevcut duygusal durumunu anlamlandırmasına ve düzenlemesine katkı sağlayabileceğini göstermektedir.

Duyguların ifade edilmesi aşamasında öğrencinin özgürlük ve özgüven temalarını vurgulamak amacıyla gazete yazıları ve kadın temalı metinleri tercih etmesi, bilinçli sembolik seçimler yaptığını ortaya koymaktadır. Renk kullanımından kaçınması ve maskeyi büyük ölçüde olduğu gibi bırakması ise, öğrencinin kendini değiştirme gereksiniminden çok, kendini mevcut hâliyle kabul etme ve doğallığı koruma eğilimini yansıtmaktadır. Bu yaklaşım, benlik kabulü ve öz saygı açısından olumlu bir gelişim göstergesi olarak değerlendirilebilir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, öğrencinin maske sanat terapisi süreci; içsel keşif, duygusal ifade ve özgüven gelişimi açısından destekleyici ve anlamlı bir deneyim sunmuştur. Süreç, öğrencinin duygularını fark etmesine, sembolik yollarla ifade etmesine ve içsel denge kurmasına katkı sağlamış; kişisel gelişim ve duygusal düzenleme açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilecek nitelikte bir terapötik etki yaratmıştır.



Görsel 6: Kız, 22 Yaş

Görsel 6’da öğrencinin maske sanat terapisi süreci, duygusal farkındalık ve içsel keşif açısından önemli bir terapötik deneyim olarak değerlendirilebilir. Maske çizimi ve tasarımına ilişkin olarak, öğrencinin sürecin başında başarılı bir şekilde çizim yaptığını düşünmesi ve bu durumdan tatmin olması, başlangıçta benlik algısında olumlu bir güven duygusunun mevcut olduğunu göstermektedir. Bu ilk güven hissi, öğrencinin sürece katılımını motive eden ve yaratıcı ifadesini destekleyen bir temel oluşturmuştur.

Maske tasarımı sırasında ortaya çıkan hüznün ve sıkışmışlık duyguları, öğrencinin içsel dünyasında henüz işlenmemiş veya bastırılmış duygulara işaret etmektedir. Öğrencinin müzik dinlerken hissettiği hüznü ve tarihsel olaylardaki yıkımı semboller ve desenler aracılığıyla ifade etmesi, sanatın sözel olmayan bir iletişim biçimi olarak işlev gördüğünü göstermektedir. Bu durum, sanat terapisi sürecinin bireyin bilinçdışı duygusal deneyimlerini dışa vurmasına ve anlamlandırmasına olanak tanıdığını ortaya koymaktadır.

İçsel keşif sürecinde öğrencinin hala sıkışmışlık ve üzüntü hissetmesi, terapinin derin ve katmanlı bir süreç olduğunu göstermektedir. Maskenin tamamlanmasının ardından içsel dünyasında belirgin bir değişiklik yaşamamış olması, sürecin kısa vadeli bir rahatlama sağlamaktan ziyade, farkındalık ve duygusal özgörünü artırmaya odaklandığını düşündürmektedir. Bu, sanat terapisi sürecinin çoğu zaman ani duygusal değişim yerine, bireyin kendi duygusal deneyimlerini gözlemlemesine ve anlamlandırmasına hizmet ettiğinin bir göstergesidir.

Duyguların ifade edilmesi aşamasında öğrencinin koyu renkleri seçmesi ve hüsrânını yansıtması, duygusal deneyimlerin gerçekçi ve doğrudan bir şekilde sembolik anlatım yoluyla dışa vurulduğunu göstermektedir. Öğrencinin maske tasarlarken yaptığı seçimlerin kendisini nasıl etkilediğini sorgulaması, metakognitif farkındalık ve içsel deneyimlere ilişkin bilinçlenme açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir. Bu durum, öğrencinin kendini anlama kapasitesini geliştirdiğini ve duygusal tepkilerini daha bilinçli bir şekilde gözlemleyebildiğini göstermektedir.

Genel olarak, maske sanat terapisi süreci öğrencinin duygusal derinliklerini keşfetmesine, içsel dünyasını anlamlandırmasına ve duygularını sembolik olarak ifade etmesine katkı sağlamıştır. Süreç, öğrencinin farkındalık kazanma ve kendini anlama yetilerini desteklemiş, dolayısıyla terapötik amaçların gerçekleşmesi için temel bir zemin oluşturmuştur. Bununla birlikte, sürecin etkili bir şekilde devam edebilmesi ve içsel dönüşümlerin derinleşmesi için ek terapötik çalışmaların gerekli olduğu söylenebilir.



Görsel 7: Erkek, 22 Yaş

Görsel 7’de öğrencinin maske sanat terapisi süreci, içsel farkındalık, duygusal ifade ve kişisel keşif açısından dikkat çekici bir deneyim sunmaktadır. Öğrencinin gözlerini açtığına “bomboş bir insan” gördüğünü ifade etmesi, kendilik algısı ve öz-farkındalık temalarının terapi sürecinin başlangıcında belirgin olduğunu göstermektedir. Bu algı, bireyin kendi iç dünyasını tanımlama ve anlamlandırma ihtiyacının bir yansıması olarak değerlendirilebilir.

Maske tasarımı sırasında öğrencinin, üzerinde hissettiği baskıları ve keyif aldığı aktiviteleri semboller, desenler ve renkler aracılığıyla ifade etmeye çalışması, yaratıcı sürecin bireysel duygu ve düşünceleri açığa çıkarma işlevini ortaya koymaktadır. Maske üzerindeki sembol ve desenlerin öğrencinin kişisel iç dünyasını yansıtmaları, terapötik sürecin sembolik ifade yoluyla öz-anlayışı desteklediğini göstermektedir. Bu durum, sanat terapisinin bireyin bilinçdışı veya sözel olarak ifade edemediği deneyimlerini görselleştirme potansiyelini ortaya koymaktadır.

Öğrencinin süreç boyunca yaşadığı gariplik ve heyecan duyguları, maske oluşturma sürecinin bireyde yaratıcı enerji ve içsel değişim potansiyelini harekete geçirdiğini göstermektedir. Maskeyi tamamladıktan sonra hissettiği mutluluk, yaratıcılık ve çoklu düşünce deneyimi, terapi sürecinin bireyin duygusal farkındalık ve bilişsel esneklik kazanmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir. Bu durum, sanat terapisi uygulamalarının, bireyin hem duygusal hem de bilişsel süreçlerini eşzamanlı olarak destekleyebileceğini göstermesi açısından önemlidir.

Öğrencinin maske üzerindeki renk, şekil ve yazıları, takım oyunu, satranç ve müzik gibi kendi ilgi alanları ile ilişkilendirmesi, sosyal ve kişisel deneyimlerin terapötik ifadeye etkisini ortaya koymaktadır. Bu, öğrencinin yalnızca içsel duygularını değil, aynı zamanda sosyal bağlamda şekillenen kimliğini de maskeye yansıttığını göstermektedir. Terapi süreci, böylelikle öğrencinin hem bireysel hem de toplumsal kimlik boyutlarını keşfetmesine olanak tanımaktadır.

Öğrencinin maske sanat terapisi deneyimi, içsel dünyasını keşfetme, duygularını ifade etme ve duygusal denge sağlama açısından anlamlı ve olumlu bir süreç olarak değerlendirilebilir. Terapinin etkilerinin sürdürülebilirliği, öğrencinin bu farkındalığı günlük yaşamına ve sosyal

ilişkilerine yansıtabilmesine bağlıdır. Sürecin devamlılığı, öğrencinin kişisel gelişiminde ve duygusal düzenlemesinde kalıcı kazanımlar elde etmesine katkı sağlayacaktır.



Görsel 8: Erkek, 22 Yaş

Görsel 8’de öğrencinin maske tasarlama süreci, duygusal derinlik, içsel farkındalık ve kendini ifade etme açısından anlamlı bir deneyim olarak değerlendirilmelidir. Gözlerini açtığında, kendi yüz hatlarını görmesine rağmen çizmediği unsurların farkına varması, öğrencinin içsel dünyasında henüz bilinçli olarak tanımlanmamış veya bastırılmış duygusal katmanların varlığına işaret etmektedir. Bu durum, terapötik sürecin bireyin farkında olmadığı içsel dinamiklerini ortaya çıkarma potansiyelini yansıtmaktadır.

Maske tasarımı sırasında öğrencinin hüznü ve kaygı duygularının ön planda olması, sürecin duygusal yoğunluğunu göstermektedir. Minimalist bir yaklaşım benimsemesi ve sembol kullanımını sınırlaması, duygularını doğrudan ve sade bir biçimde ifade etme ihtiyacını işaret etmektedir. Beşiktaş oyuncu posterlerini kullanması ve endişeli, üzgün yüz ifadelerini tercih etmesi, öğrencinin tasarım yoluyla mevcut duygusal deneyimlerini somutlaştırma ve dışavurma çabası olarak yorumlanabilir.

Tasarım sürecinde ortaya çıkan yaratıcı duygular, öğrencinin sadece hüznü ve kaygıya odaklanmadığını, aynı zamanda kendini ifade etme ve duygusal dönüşüm arayışında olduğunu göstermektedir. Maske tamamlandıktan sonra, yarım kalan bir işi tamamlama ve hüznü huzura dönüştürme deneyimi, sürecin bireyde içsel dengeyi destekleyici bir işlev gördüğünü ortaya koymaktadır. Bu durum, sanat terapisi uygulamalarının, bireyin duygusal regülasyon ve içsel uyum kazanmasına katkıda bulunduğunu göstermektedir.

Öğrencinin, hüznü siyah renk ve minimalist tasarım yoluyla ifade etmesi, içsel dünyasını anlama ve kontrol etme çabasının bir göstergesidir. Maske oluşturma süreci, öğrencinin duygusal farkındalık kazanmasına, kendini anlamlandırmasına ve içsel deneyimlerini güvenli bir şekilde dışa vurmasına olanak tanımıştır. Bu bağlamda, maske terapisi hem kişisel keşif hem de duygusal işleme açısından etkili ve terapötik bir araç olarak değerlendirilebilir.



Görsel 9: Kız, 22 Yaş

Görsel 9’da öğrencinin maske tasarlama süreci, içsel dünyasını keşfetme, duygusal ifade ve kişisel farkındalık kazanma açısından anlamlı bir deneyim olarak değerlendirilebilir. Öğrencinin gözlerini açtığında kendini başarısız ve çirkin hissetmesi, içsel eleştiri mekanizmalarının ve benlik kabulüyle ilgili zorlukların varlığına işaret etmektedir. Ancak bu olumsuz duyguların, tasarım sürecinde olumlu bir temaya dönüştürülmesi, öğrencinin duygusal regülasyon ve yaratıcı problem çözme becerilerini ortaya koymaktadır. Maske tasarımında, kusurları estetik ve mutlu öğelerle birleştirme çabası, öğrencinin kendi içsel çatışmalarını dönüştürerek bütünleştirici bir yaklaşım geliştirdiğini göstermektedir.

Maske üzerinde mutlu bir aile ve güzel bir ortamı sembolize etme isteği, öğrencinin olumlu yaşam deneyimlerini ve kabullenme duygusunu ön plana çıkardığını ortaya koymaktadır. Kız figürünün makyaj yaparak hazırlandığı detayı, bireysel özen ve kendini ifade etme temalarını destekleyerek tasarımın hem sembolik hem de duygusal derinliğini artırmaktadır. Bu durum, sanat terapisi sürecinde semboller ve detayların, bireyin içsel dünyasını somutlaştırma ve dışa vurma aracı olarak işlev gördüğünü göstermektedir.

Süreç boyunca öğrencinin kabullenme, mutluluk ve rahatlama duygularını deneyimlemesi, maske tasarlamının duygusal iyileşme ve içsel denge sağlama açısından etkili olduğunu desteklemektedir. Maskeyi tamamladıktan sonra ortaya çıkan yaratıcı farkındalık ve neşeli atmosfer, öğrencinin kişisel gelişim ve duygusal dönüşüm açısından önemli bir ilerleme kaydettiğini göstermektedir.

Renkler ve şekiller aracılığıyla ifade edilen neşe, canlılık ve yaşamın pozitif yanları, öğrencinin duygularını sözsüz bir şekilde dışa vurmasına olanak sağlamış ve sürecin terapötik değerini güçlendirmiştir. Bu bağlamda, maske tasarımı hem bireysel farkındalığın hem de duygusal ifade ve olumlu duygusal deneyimlerin gelişimine katkıda bulunan etkili bir araç olarak değerlendirilebilir.



Görsel 10: Kız, 21 Yaş

Görsel 10'da öğrencinin maske çizimi ve tasarım süreci, duygusal çeşitlilik ve içsel derinlik açısından dikkate değer bulgular sunmaktadır. Öğrencinin gözlerini açtığı hayal kırıklığı yaşadığını belirtmesi, başarı ve estetik algısı bağlamında içsel eleştirinin varlığını işaret etmektedir. Bu durum, bireyin kendini değerlendirme süreçlerinde eleştirel bir tutum geliştirmiş olabileceğini ve maske tasarımının, bu duygularla başa çıkma ve ifade etme aracına dönüştüğünü göstermektedir.

Maske tasarımında ön plana çıkan mutluluk, eğlence ve yaşamın keyfini çıkarma temaları, öğrencinin pozitif duyguları bilinçli olarak ön plana çıkarma stratejisi geliştirdiğini ortaya koymaktadır. Bu yaklaşım, sanat terapisi sürecinde içsel denge ve olumlu duygu üretme yönünde bilinçli bir çaba olarak değerlendirilebilir.

Kullanılan sembol ve desenler, öğrencinin içsel dünyasını ifade etme stratejilerini açıkça göstermektedir. Bahar renkleri ve doğa temsilleri canlılık, yenilenme ve umut hissini simgelerken, böcek ve kelebek figürleri endişe ve korku gibi olumsuz duyguların ifade edilmesine aracılık etmiştir. Bu, sanat terapisi sürecinin, duygusal dalgalanmaların sözel olmayan bir biçimde dışa vurulmasını destekleyen işlevini ortaya koymaktadır.

Öğrencinin maske oluşturma sürecinde iyi hissetme, korku ve endişe gibi duygular arasında gidip gelmesi, içsel çatışmaların ve duygusal regülasyonun süreç boyunca aktif olduğunu göstermektedir. Renk ve şekillerin duyguların ifade edilmesinde kullanılması, görsel sembolizmin terapötik işlevini vurgulamaktadır.

Süreç boyunca öğrencinin sınav stresi, zaman yönetimi kaygısı ve odaklanma ile ilgili farkındalık kazanması, maske terapisi uygulamasının bilişsel ve duygusal farkındalığı artırmaya hizmet eden bir işlev gördüğünü göstermektedir. Bu bağlamda, maske terapisi süreci, öğrencinin kaygı yönetimi, yaratıcılık geliştirme ve içsel dengeyi sağlama kapasitesini destekleyen bütünsel bir yaklaşım olarak değerlendirilebilir.

3. SONUÇ VE TARTIŞMA

Bu araştırmada, resim eğitimi sürecine entegre edilen maske terapisi uygulamalarının öğrencilerin kendini ifade etme becerileri, duygusal ve bilişsel farkındalıkları, yaratıcılıkları ve sanatsal gelişimleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. 2023–2024 eğitim-öğretim yılında yürütülen ve fenomenolojik araştırma deseniyle yapılandırılan nitel çalışmanın bulguları, maske sanat terapisi uygulamalarının öğrenciler üzerinde çok yönlü ve olumlu etkiler yarattığını göstermektedir. Araştırma verileri, maske terapisi uygulamalarının öğrencilerin içsel dünyalarını keşfetmelerine olanak sağladığını ve bilinçaltında bastırılmış olan duygu, düşünce ve deneyimlerin sanatsal semboller aracılığıyla görünür hâle gelmesini desteklediğini ortaya koymaktadır (Malchiodi, 2012; Nguyen, 2015).

Öğrencilerin maske tasarlama sürecinde kullandıkları renkler, biçimler, desenler ve semboller, duygularını ifade etmede ve içsel çatışmalarını fark etmede önemli bir araç olarak işlev görmüştür. Örneğin, canlı ve sıcak renklerin kullanımı mutluluk, neşe ve umut duygularını temsil ederken; koyu tonlar, gri ve siyah renkler ise kaygı, stres ve hüznün gibi duyguların yansıtılmasına olanak tanımıştır. Bu semboller, öğrencilerin bireysel duygusal deneyimlerini dışa vurmasına ve kendi içsel süreçlerini gözlemleyerek anlamlandırmasına katkıda bulunmuştur (Henderson, 2007; Rogers, 1993). Maske tasarımının öğrencilerde yarattığı bu duygusal farkındalık, bireysel psikolojik gelişim ve içsel dengeyi destekleyen terapötik bir süreç olarak değerlendirilebilir.

Bulgular, maske terapisi uygulamalarının öğrencilerin özgüven ve öz-değer algısını güçlendirdiğini de göstermektedir. Öğrenciler, maske tasarlama sürecinde kendi tercihlerine ve yaratıcılıklarına dayalı kararlar vererek kendilerini ifade etme özgürlüğünü deneyimlemişlerdir. Bu süreç, öğrencilerin içsel güçlerini fark etmelerini ve kendi yeteneklerine güven duymalarını sağlamıştır. Grup ortamında gerçekleştirilen uygulamalar, ayrıca öğrenciler arasında empati, paylaşım ve iş birliği becerilerini desteklemiş; bireylerin kendilerini daha rahat ifade edebildikleri güvenli bir öğrenme ortamı oluşturulmasına katkıda bulunmuştur (Glazer, 1998; Rowe, 2008).

Araştırma bulguları, maske sanat terapisi ile resim eğitiminin bütüncül bir yaklaşımla birleştiğinde öğrencilerin hem teknik sanatsal becerilerini hem de duygusal ve psikolojik gelişimlerini desteklediğini ortaya koymaktadır. Maske tasarımı sırasında öğrenciler, yaratıcı potansiyellerini keşfetmiş, kendilerini tanıma ve ifade etme süreçlerini derinleştirmiştir. Özellikle semboller aracılığıyla duyguların dışa vurulması, öğrencilerin kendi içsel

çatışmalarını gözlemlmelerine ve duygusal denge sağlamalarına katkıda bulunmuştur (Nguyen, 2015; Malchiodi, 2012).

Bulgular, maske terapisi sürecinin yalnızca duygusal ifade ve farkındalık kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda içsel huzur, kendini kabul etme ve kişisel tatmin duygularını da desteklediğini göstermektedir. Öğrenciler, maske tasarlama sürecinde kendi güçlü ve zayıf yönlerini, sevdikleri ve değer verdikleri unsurları semboller ve renklerle ifade ederek, içsel dengeyi yeniden keşfetme fırsatı bulmuşlardır. Bu süreç, öğrencilerin psikolojik esnekliğini artırmış, stres ve kaygı düzeylerini yönetmelerine yardımcı olmuş ve genel psikolojik iyilik hâline katkı sağlamıştır (Henderson, 2007; Rogers, 1993).

Araştırmanın bulguları aynı zamanda, maske sanat terapisi uygulamalarının eğitim ortamlarında yaygınlaştırılmasının önemini vurgulamaktadır. Resim eğitimi sürecinde sanatsal ve duygusal becerilerin bir arada geliştirilmesi, öğrencilerin çok yönlü gelişimine önemli katkılar sağlayabilir. Gelecek çalışmalar, farklı yaş grupları ve eğitim seviyelerindeki öğrencilerle maske terapisi uygulamalarının karşılaştırmalı olarak incelenmesini sağlayarak, yöntemin etkilerini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirme olanağı sunabilir. Ayrıca, nicel ölçümlerle öğrencilerin duygusal farkındalık, yaratıcılık ve özgüven düzeylerindeki değişimler detaylı olarak ortaya konabilir.

Gelecek araştırmalarda, farklı yaş grupları ve eğitim seviyelerindeki öğrencilerle maske terapisi uygulamalarının karşılaştırmalı olarak incelenmesi önerilmektedir. Nicel ölçümler ve psikometrik ölçekler kullanılarak öğrencilerin duygusal farkındalık, stres düzeyi ve özgüven değişimleri analiz edilebilir. Ayrıca, uzun vadeli takip çalışmaları ile maske terapisi uygulamalarının öğrenciler üzerindeki sürdürülebilir etkileri değerlendirilebilir. Eğitim ortamlarında, resim eğitimi ve sanat terapisi uygulamalarının birlikte kullanılması, öğrencilerin hem teknik hem de duygusal becerilerinin bütüncül gelişimini destekleyecektir.

Sonuç olarak, bu araştırma maske sanat terapisi uygulamalarının resim eğitimi sürecine entegre edilmesinin öğrencilerin hem sanatsal hem de duygusal ve psikolojik gelişimlerini destekleyen etkili bir yöntem olduğunu göstermektedir. Maske tasarımı ve terapötik süreci, öğrencilerin yaratıcı potansiyellerini açığa çıkarmalarına, içsel dünyalarını keşfetmelerine ve duygusal açıdan güçlenmelerine katkıda bulunmuştur. Bu bağlamda, sanat terapisi destekli resim eğitimi uygulamalarının eğitim ortamlarında yaygınlaştırılması, öğrencilerin çok yönlü gelişimi açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKLAR

- American Art Therapy Association, 20.10.2009,
<http://www.americanarttherapyassociation.org/aataaboutarttherapy>.
American Music Therapy Association, 26.12.2009 <http://www.musictherapy.org>
Brooke, S. L. (2006) Creative Arts Therapies Manual. Illinois: Charles C Thomas Publisher
Dewey, J. (1934). Art as experience. New York, NY: Minton, Balch & Company.
Glazer, H. (1998). Art therapy and trauma: A review of theory and practice. New York: Routledge.
Henderson, P. (2007). Creative expression in therapeutic settings. London: Jessica Kingsley Publishers.
Langer, S. K. (1953). *Feeling and form: A theory of art developed from philosophy in a new key*. New York, NY: Scribner.
Malchiodi, C. A. (2012). Handbook of art therapy (2nd ed.). New York: Guilford Press.
Nguyen, T. (2015). Art therapy and nonverbal communication in psychological healing. *International Journal of Art Therapy*, 20(2), 45–56.
Rogers, N. (1993). The creative connection: Expressive arts as healing. Palo Alto, CA: Science and Behavior Books.
Rowe, J. (2008). Art therapy techniques and applications. London: Sage.

ÖZEL GEREKSİNİMLİ BİREYLERDE YARATICILIK: GÖRSEL SANATLAR ALANINDA DÜĞMELERLE GERİ DÖNÜŞÜME DAİR ETKİNLİK ÖRNEĞİ

Semanur ÇAKMIŞ

Trakya University Trakya University Institute of Social Sciences Department of Interdisciplinary Disability Studies

ORCID: 0009-0006-9102-8376

Aylin GÜRBÜZ

Prof. Dr., Trakya University Faculty of Education, Department of Fine Arts Education, Department of Painting and Art Education

ORCID: 0000-0001-7258-199X

ÖZET

Sanat, yaşam boyu öğrenmeye dayalı insan hayal gücünün ve yaratıcılığının en önemli ifade biçimlerinden biridir. Gündelik deneyimlerimize bir alt metin sunup bizi gündeliğin ötesine taşıyarak ruhlarımızı yatıştırmamıza, düşünce ve eylemlerimizi harekete geçirmemize teşvik eder. Yaratıcılık, sanatçının çevresinden hareketle duygu ve düşüncelerini özgün bir biçimde aktarmasını sağlar ve sanatın sürekli olarak yenilenmesine katkıda bulunur. Sanatçının yaratıcı süreci fikir aşamasıyla başlar, deneyimleme ve üretim aşamalarıyla devam eder. Güzel sanatların bir dalı olan görsel sanatlar; resim, heykel, fotoğraf gibi farklı dalları içerir. Bu sanat dallarında kullanılan malzemeler de büyük bir çeşitlilik gösterebilmektedir. Görsel sanatlar alanında geleneksel malzemelerin yanı sıra düğme gibi günlük hayatta sık sık karşılaşılan nesneler de yaratıcı bir şekilde kullanılabilir. Bu doğrultuda araştırmanın temel amacı, özel gereksinimli bireylerin nesnelerle yaratıcılığını desteklemek ve yaratıcılığını ortaya çıkarmaktır. 2024-2025 eğitim-öğretim yılında gerçekleştirilen bu nitel araştırma, toplam 10 katılımcıyla yürütülmüştür. Araştırmada, özel gereksinimli bireylerin öğrenmeye dayalı hayal gücünü ve yaratıcılığını incelemek amacıyla fenomenolojik araştırma deseni kullanılmıştır. Bireylerin düğmeleri kullanarak yaptığı çalışmalar renk, form ve kullanım alanı gibi bakımlardan değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına bakıldığında özel gereksinimli bireylerin hayata dair farklı bakış açılarına sahip oldukları ve çalışmalarda düğmelerin oldukça farklı amaçlarla kullanıldığı görülmüştür. Düğmeleri sıralama, gruplara ayırma, desen oluşturma, yerleştirme, yapıştırma vb. bilişsel ve ince motor beceriler bakımından ileri seviyelerde oldukları tespit edilmiştir. Bireylerin görsel sanatlar etkinliklerinde farklı malzemeler kullanarak duygularını ifade edebildikleri ve bu çalışmaların grup içinde veya bireysel uygulamasıyla özgüven ve bağımsızlık gelişimi sağladığı gözlemlenmiştir. Bu araştırma kullanılan malzemelerin çeşitlendirilmesi ve etkinliklerin devamlılığı ile özellikle çocukların yaratıcı bakış açısı kazanması açısından önem arz etmektedir.

Keywords: Görsel sanatlar, yaratıcılık, atık malzemeler, düğmeler

CREATIVITY IN INDIVIDUALS WITH SPECIAL NEEDS: AN ACTIVITY EXAMPLE ON RECYCLING WITH BUTTONS IN THE FIELD OF VISUAL ARTS ABSTRACT

Art is one of the most important forms of expression of human imagination and creativity based on lifelong learning. It provides a subtext to our daily experiences and encourages us to soothe our souls and mobilise our thoughts and actions by taking us beyond the everyday. Creativity enables the artist to convey his/her feelings and thoughts in an original way based on his/her environment and contributes to the continuous renewal of art. The creative process of the artist starts with the idea stage and continues with the experiencing and production stages. Visual arts, a branch of fine arts, includes different branches such as painting, sculpture and photography. The materials used in these art branches can also show a great variety. In addition to traditional materials in the field of visual arts, objects frequently encountered in daily life such as buttons can also be used creatively. In this direction, the main purpose of the research is to support the creativity of individuals with special needs with objects and to reveal their creativity. This qualitative research, which was conducted in the 2024-2025 academic year, was conducted with a total of 10 participants. In the study, phenomenological research design was used to examine the learning-based imagination and creativity of individuals with special needs. The works made by individuals using buttons were evaluated in terms of colour, form and usage area. When the results of the research were analysed, it was seen that individuals with special needs had different perspectives on life and buttons were used for quite different purposes in the studies. It was determined that they were at advanced levels in terms of cognitive and fine motor skills such as sorting, grouping, patterning, placing, gluing, etc. It has been observed that individuals can express their feelings by using different materials in visual arts activities and that these studies provide self-confidence and independence development through group or individual application. This research is important in terms of diversifying the materials used and the continuity of the activities, especially for children to gain a creative perspective.

Keywords: Visual arts, creativity, waste materials, buttons

GİRİŞ

Sanat, insan hayal gücünün en önemli ifade biçimlerinden biri olarak yaşam boyu öğrenmenin merkezinde yer alır. Bireyin iç dünyasını yansıttığı ve çevresiyle özgün bağlar kurduğu bu süreç, sadece estetik bir üretim alanı değil; aynı zamanda düşünce ve eylemleri harekete geçiren bütüncül bir deneyimdir (Fox & Schirmacher, 2018). Özellikle özel gereksinimli bireyler için sanat; kendilerini ifade edebilecekleri, geleneksel sınırlamalardan uzak ve iç dünyalarını yansıtabilecekleri güvenli bir alan sunar. Bireylerin bu potansiyellerini ortaya koyabilmeleri

için uygun ortamların sağlanması, beş duyu farkındalığının geliştirilerek kullanılması esastır (Fox & Schirmacher, 2018). Bu bağlamda çeşitli atık malzemelerin sanat yaratımı sürecinde uygulanması; örneğin metal, plastik veya farklı maddelerden üretilmiş düğme gibi malzemelerin dokunarak gazete kâğıdı, çakıl taşı gibi malzemelerin işiterek keşfedilmesi uygun ortamın sağlanması kapsamında değerlendirilebilir.

1970'li yıllardan itibaren sanat dünyasında güçlenen ve restorasyon, geri dönüşüm ve yenilenme vurgusuyla kirlenmiş veya atık durumuna düşmüş nesnelerin tekrar kazanılmasına odaklanan "Ekolojik Sanat" hareketi, doğa-insan ilişkisini merkeze alarak çevre bilincini ön planda tutan bir yaklaşım sergilemektedir (Aydın & Zümrüt, 2013; Tan, 2022). Çalışmaya ekolojik sanat felsefesi perspektifinden bakıldığında atık konumundaki düğmelerin kullanımı "çöpün bir hazineye dönüştürülmesini" amaçlayan çağdaş bir ileri dönüşüm (upcycling) pratiği (Tan, 2022) olarak değerlendirilebilir. Özel gereksinimli çocuklar atık tekstil malzemesi olan düğmelerin; kendi ellerinde duygu ve düşüncelerinin bir yansıması olan yaratıcılık ifadelerine yani resimlerine dönüştürdüklerini gözlemlene şansına sahip olurlar.

Bu çerçevede gerçekleştirilen "Özel Gereksinimli Bireylerde Yaratıcılık: Görsel Sanatlar Alanında Düğmelerle Geri Dönüşüme Dair Etkinlik Örneği" başlıklı çalışma; bireylerin günlük ve atık bir nesne olan düğmeleri sanatsal bir formda yeniden yorumladıkları süreci incelemektedir. Araştırma, düğmelerin kullanımıyla bireylerin bilişsel ve ince motor becerilerini nasıl harekete geçirdiklerini ve bu nesneler üzerinden nasıl özgün bir anlatım yarattıklarını ortaya koymayı hedeflemektedir. Düğmelerin kullanımı, bireylere sadece estetik bir bakış açısı kazandırmakla kalmayıp; onları bütün bir ilişkiler ağı içinde düşünmeye sevk eden ekolojik bir farkındalık zemini de sunmaktadır (Aydın & Zümrüt, 2013). Sonuç olarak bu deneyim, özel gereksinimli bireylerin bağımsızlık gelişimini ve özgüvenlerini destekleyen, dönüşümün iyileştirici gücünü vurgulayan ve yaratıcılığa odaklanan bir süreci temsil etmektedir.

MATERYAL VE METOD

Özel gereksinimli bireylerin, günlük hayatta sıkça karşılaşılan nesneler aracılığıyla yaratıcılıklarını desteklemek, ortaya çıkarmak ve nesnelere nasıl farklı anlamlar yüklediklerini belirlemektir. Cropley (2023), tüm araştırma amaçlarının bilgiyi genişletmek olduğunu ve bu amaca hizmet etmek için öncelikle olgunun tanımlanması gerektiğini ve sonra olguya dair bilginin nasıl geliştirilebileceğinin açıklanması gerektiğini belirtir. Araştırmanın olgusu yani fenomeni özel gereksinimli bireylerin düğmelerle yaşadığı yaratıcı deneyimdir. Çalışma; tümüyle yabancı olmadığımız fakat tam olarak da kavranamayan olguların daha net

anlaşılmasını sağlayarak bireylerin yaşantılarını ve bunları anlamlandırma biçimlerini ortaya çıkarmayı hedefleyen olgubilim deseninin bir örneğidir (Yıldırım & Şimşek, 2021).

Nitel araştırmalarda ağırlıklı olarak kullanılan sözel ve yazılı kaynakların yanı sıra video, film, sanat ürünü gibi materyaller de analize tabi tutularak veya analize tabi tutulmadan görüşme verilerini desteklemek amacıyla kullanılmaktadır (Cropley, 2023; Yıldırım & Şimşek, 2021). Kültürel, sosyal, duygusal vb. açılardan zengin bilgi sağlan eserler olan resimler; sözel olarak ifade edilemeyen durumların keşfedilmesini sağlar, gözlem ve görüşme teknikleriyle birlikte kullanıldığında elde edilen sonuçların araştırmacı tarafından yorumlanmasını güvenilir hale getirir (Saldana, 2011; Tisdell & Merriam, 2015). Çalışmadaki dokümanlar, araştırmacı talebiyle katılımcılara yaptırılan birincil kaynak olarak nitelendirilebilecek sanat temelli ifadeler yani resimlerdir.

Toplam 10 öğrenci içinden; 2 kız öğrencinin biri kekemelik diğeri işitme kaybına sahipken 8 erkek öğrencinin dördü kekemelik, ikisi işitme kaybı, biriotizm spektrum bozukluğu biri artikülasyon bozukluğuna sahiptir. Öğrencilerin yaşları 6 ile 16 arasında değişmektedir. Etkinliklerde aynı tipte farklı renklere sahip düğmeler, yapıştırıcı, boyama kalemleri ve A4 kâğıdı kullanılmıştır. Öğrencilere verilen yönerge “İçinde düğmelerin de bulunduğu bir resim yapabilir misin?” şeklindedir. Öğrencilerin hepsi yardım almadan resmini tamamlayabilecek yeterliliğe sahiptir. Dolayısıyla öğrencilere resim yapma aşamasında herhangi bir yardımda veya yönlendirmede bulunulmamıştır. Resim yapımı için her öğrenciye 40 dakika verilmiş ve tamamlandıktan sonra her bir öğrenciyle yaptığı resim hakkında kısa konuşmalar yapılmıştır. Konuşmaların amacı öğrencilerin içsel dünyalarına dair derinlemesine bilgi edinerek bireysel deneyimlerini anlamlandırma biçimlerine yorum yapmaktır.

Verilerin analizi fenomenolojik desenin yorumlayıcı yaklaşımı kullanılarak yapılmıştır. Yorumlayıcı fenomenolojik analiz hem katılımcı deneyimlerinin betimlenmesi hem de araştırmacı açısından yorumlanması aşamalarını içerir ve yalnızca sözcüklerin meydana getirdiği anlatılardan değil resim, fotoğraf, objeler gibi çeşitli kaynaklardan da beslenebilmektedir(Boden et al., 2019; Larkin et al., 2006). Çalışmamızda kullanılan resimlerde de düğmeler başta olmak üzere kullanılan renkler, oluşturulan formlar, verilmek istenen mesajlara odaklanılmıştır. Hem çocukların ifadeleri hem de resimler, bağlam içinde düşünen araştırmacının yorumlarını meydana getirmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sahil: E, 8 Y, DKB



Cin Ali'nin Köydeki Bir Günü: E, 16 Y, DKB



İsimli Resim 1: E, 12 Y,

Sahil isimli resimde düğmelere su ve kumsalın bir parçası olarak yer vermiştir. Mavi düğmelerle oluşturduğu yapının çocuk havuzu olduğunu belirtmiştir. Havuzun parlak düğmelerle oluşturulmuş olması resimde havuzun vurgusunu artırmıştır. Buradan yola çıkarak çocuk için tatilin en çarpıcı noktalarından birinin havuz olduğu söylenebilir. Keyifli anlatımından yola çıkarak ailesiyle mutlu bir tatil yaşadığı düşünülmüştür. Denizin içindeki siyah lekelerin dalganın hareketliliğini yansıttığı düşünülmüştür. Kumsalın sıcak rengiyle denizin soğuk rengi sıcak soğuk kontrastını meydana getirmiştir. Mavi düğmelerle oluşturduğu küçük havuzda mavinin daha doygun haliyle daha pastel halini bir arada kullanarak monokromatik harmoni oluşturmuştur.

Cin Ali'nin Köydeki Bir Günü isimli resmin genel havası olumlu ve dingin duygular hissettirmektedir. Ağaç, güneş, bulutlar gibi doğaya ait unsurların camlı renklerle resimde yer alması sıcak bir hava katmıştır. Kuşlar ve salıncığın siyah rengi huzurlu havayı az da olsa dağıtarak daha kaotik duygular hissettirmiş ve duygularda tezatlığa yol açmıştır. Ağaçta kullanılan yeşil ve kahverengi tonları birbirine yakın renkler olduğundan uyum içinde görünmektedir. Toprak ve çimin renklerine bakıldığında açık, koyu kontrastından söz edilebilir. Bu resimde simetri de oldukça çarpıcı biçimde kendini göstermektedir.

İsimli resim 1'de düğmeler çiçek ve güneşin yanı sıra diğer resimlerden farklı olarak çocuğun yüzü ve kıyafetlerinde de kullanmıştır. Çocuk figürünün kol ve bacakları kafasına göre oldukça silik ve küçük kalarak vurguyu kafaya vermiştir. Figürlerde el ve pati gibi uzuvlarının daire şeklinde çizilmesi dikkat çekmektedir. Yüzde ağız, burun gibi yapıların olmayışı olumsuz duygular hissettirmektedir. Çiçeklerde kullanılan düğme renkleri sıcak-soğuk ve açık-koyu kontrastı oluşturmuştur. Çiçek, köpek ve çocuğun yerden bağımsız çizilmesi dikkat çekmektedir. Bu durum çocuğun perspektif olgusunu tam olarak kavrayamadığının veya hayal gücünden kaynaklanıyor olabileceği düşünülmüştür.



İsimsiz Resim 2: E, 6 Y, İK

İlkbahar: E, 10 Y, DKB

Tatile Gidiyoruz: E, 8 Y, DKB

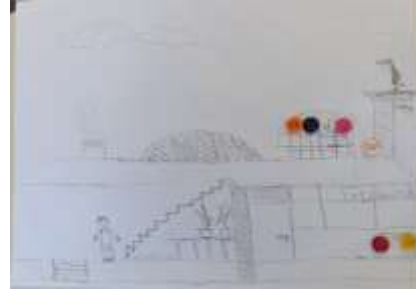
İsimsiz resim 2’de mutlu yüz ifadesi için kırmızı, üzgün yüz ifadesi için beyaz gibi zıt renklerin tercih edilmesi dikkat çekicidir. Diğer yüzlerden farklı olarak üzgün yüzde gözyaşları için de düğme kullanılmıştır. Aynı zamanda üzgün yüzün kaşlarından sinirli olduğu da anlaşılmaktadır. Yorgun yüz ifadesinde sarı rengin tercih edilmesi duyguyla uyum sağlamıştır. Dil çıkaran yüzde ise göz renginin mavi olması öğrencinin mavi gözleri dikkat çekici bulduğunun göstergesi olabilir.

İlkbahar isimli resimde bahar teması çeşitli renkler kullanılarak aktarılmaya çalışılmıştır. Güneş sıcak ve olumlu duygular hissettiren bir unsur olmasına rağmen bu çizimde oldukça silik kalmış ve duygusunu geçirememiştir. Aynı durumun bulut, ağacın gövdesi gibi diğer öğelerde görüldüğü söylenebilir. Resimde genel olarak daha pastel renklerin kullanımı nedeniyle vurgu parlak düğmeler üzerindedir. Dalların eğimi rüzgârın dinamizmini resme katmıştır. Ayrıca resmin sol tarafındaki ağaç ve çiçek daha ayrıntılı çizildiği için ilk bakışta sol kısım daha dikkat çekici görünmektedir.

Tatile Gidiyoruz isimli resimde tatil yolculuğu aktarılmıştır. Deniz ve kumsal olduğu düşünülen sahilde kullanılan pastel renkler ve beyaz düğmelerin etkisiyle sıcak bir hava hakimdir. Kırmızı araba diğer renklere göre daha doymun olduğundan vurgunun arabada olduğu ve doymunluk kontrastının meydana geldiği söylenebilir. Gökyüzündeki düğmelerin bulut olarak kullanılması ve tekerler yerine düğmelerin yerleştirilmesi çocuğun gelişmiş hayal gücünün göstergesidir. Arabanın içi boyanmış olmasına rağmen oldukça küçük çizilen sürücünün görünmesi için saydam alanlar da oluşturulmuştur. Sürücüyü gösterme çabasından bu kişinin hikâyede özel bir yeri olduğu düşünülmektedir.



İskilip ve Çorum, K, 10 Y, İK



Çarşı: E, 11 Y, DKB

İskilip ve Çorum isimli resimde, Çorum'a yapılan bir ziyaret aktarmıştır. Ev canlı ve enerjik renklerden oluşmasına rağmen kapı veya perde gibi ayrıntılara sahip olmadığından olumsuz duygular hissettirmektedir. Gökyüzünün pastel tonunda mavi ve beyaz düğmelerden oluşması sakin bir hava yaratmaktadır. Güneş sarı ve kırmızı renklerle sıcaklığını hissettirirken etrafını saran mavi çizgiyle sıcak-soğuk kontrast oluşturmaktadır. Düğmelerden oluşturduğu kalp ziyaret ettiği mekâna olan sevgisini ifade etmektedir. Ağacın gülün yüzü meyveleri andırarak ilkbaharın huzurlu havasını hissettirmektedir.

Çarşı isimli resimde, öğrencinin kendini ait hissettiği çarşı gezmelerini resmine aktardığı düşünülmektedir. Resimdeki kişinin kendisi olduğunu söylemiştir ve resmin genel havası göz önünde bulundurulduğunda yalnız olmasına rağmen keyifli görünmektedir. Resim oldukça planlanarak düzen içerisinde çizilmiştir. Bu durum çocuğun duygusal denge içinde olduğunu göstergesi olabilir. Elektrik direğinin üzerindeki martı, saksılar ve bitkiler gibi detaylar göz önünde bulundurulduğunda çocuğun iyi bir gözlemci olduğu söylenebilir. Düğmelerin çarşıdaki cami veya binaların süslemesinde ve tabelaların ışıklandırılmasında kullanıldığı düşünülmektedir. Renkli düğmeler siyah çizimle açık-koyu kontrastı oluşturmuştur. Ayrıca öğrenci siyahtan griye sonrasında beyaza yumuşak geçişler sağlamıştır.



Yaz Tatili: K, 11 Y, DKB



Dinozor Dünyası: E, 7 Y, İK

Yaz Tatili isimli resimde düğmelerin köşe, uç, orta bölgelere yerleştirilmesi dikkat çekmektedir. Simetrik olduğu söylenebilecek bu düzenleme çocuğun bir denge arayışında olduğunu göstergesi olabilir. Düğmelerdeki parlaklık resmin pastel tonlarıyla zıtlık

oluşturarak parlaklık kontrastını meydana getirmiştir. Kontrastlar düğmeleri ön plana çıkarmıştır. Resimde vurgu daha yoğun tonlarla nispeten büyük çizilen palmye ağacındadır. Havuzla kumların üst üste olması ağaçla otel binasının aynı boyda olması resme perspektif katarak kuşbakışı izlenimi uyandırmaktadır. Bulutların farklı şekillerde tasarlanan çizgileri dikkat çekmektedir.

Dinozor Dünyası isimli resmin genelinde renkler aynı yoğunlukta kullanılarak denge sağlanmıştır. Sıcak-soğuk, açık-koyu kontrastı tüm resme hakimdir. Güneş ve ateş için kırmızı, turuncu gibi sıcak renklerin bir arada kullanımı akıcı bir harmoni oluşturarak bütünlüğü ve yumuşak geçişi meydana getirmiştir. Vurgu yapılmak istenen dinozor diğer unsurlara göre daha büyük çizilerek merkezde yerini almış ve resme perspektif katmıştır. Dinozorun yamaç gibi görünen bir mekânda tek ayağı havada resmedilmesi hareketlilik hissi uyandırmaktadır.

SONUÇ

Bulgulardan yola çıkarak atık malzeme olan düğmelerin kullanımı; dekoratif, hikâye oluşturma, gözlenen somut nesneleri yerine kullanma, vurguyu sağlama gibi çok çeşitli amaçlara hizmet etmektedir. Atık düğmelerin, yer yer ağaçtaki elmalara yer yer güneş ve bulutlara dönüşmesi ekolojik sanat yaklaşımının “iyileştirme ve yenileme” felsefesine bir örnektir. Elde edilen sonuçlar neticesinde özel eğitim süreçlerinde, sanat eğitimi veya diğer derslere interdisipliner olarak atık malzemelerin dahil edilmesi ve oluşturulan eserlerin sergilenerek farkındalık yaratılması önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Aydın, İ., & Zümrüt, Y. (2013). Doğa ve sanat ekseninde farklı yaklaşımlar. *Sanat ve Tasarım Dergisi*, 4(4), 53-78.
- Boden, Z., Larkin, M., & Iyer, M. (2019). Picturing ourselves in the world: Drawings, interpretative phenomenological analysis and the relational mapping interview. *Qualitative Research in Psychology*, 16(2), 218–236. <https://doi.org/10.1080/14780887.2018.1540679>
- Cropley, A. (2023). *Qualitative research methods: A practice-oriented introduction*. Editura Intaglio.
- Fox, J. E. & Schirrmacher, R. (2014). *Çocuklarda sanat ve yaratıcılığın gelişimi*. (N. Aral & G. Duman, Çev.) Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Larkin, M., Watts, S., & Clifton, E. (2006). Giving voice and making sense in interpretative phenomenological analysis. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 102–120. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp062oa>
- Saldana, J. (2011). *Fundamentals of qualitative research*. Oxford University Press.
- Tan, Y. (2023). Doğanın Sanata Yansımaları ve Ekolojik Sanat. *İnsan Sanat Tasarım ve Mimarlık Araştırmaları Dergisi*, 2(2), 21-41.
- Tisdell, E. J., & Merriam, S. B. (2016). *Qualitative research*. John Wiley & Sons.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2021). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri*. Seçkin Yayıncılık.

YAPAY ZEKA MODELLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE BULANIK COBRA YÖNTEMİ İLE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Dr. Öğr. Üyesi Müslüm ÖZTÜRK

Kilis 7 Aralık University, Department of Computer Technologies, Kilis, Turkey

ORCID: 0000-0003-1941-3115

ÖZET

Bu çalışmada, yapay zeka (YZ) modellerinin değerlendirilmesinde bulanık COBRA (COMprehensive Distance Based RAnking) yöntemi kullanılarak çok kriterli karar verme (ÇKKV) süreci ele alınmıştır. Çalışmada beş kriter (Doğruluk (C1), Eğitim Süresi (C2), Hesaplama Maliyeti (C3), Yorumlanabilirlik (C4), Belirsizlik Yönetimi (C5)) ve beş YZ modeli (Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), XGBoost (XGBoost), k-Nearest Neighbors (k-NN)) değerlendirilmiştir. Kriter ağırlıkları, dört uzman tarafından verilen dilsel ifadeler aracılığıyla belirlenmiş ve üçgen Tip-1 bulanık sayılar kullanılarak normalize edilmiştir. Bulanık COBRA yöntemi ile yapılan analiz sonucunda, kapsamlı uzaklık değerlerine göre alternatifler sıralanmış ve Random Forest (RF) modeli ($S_i = 0.462$) birinci sırada yer almıştır. Bunu XGBoost modeli ($S_i = 0.474$) takip etmiştir. Kriterler için normalize edilmiş bulanık karar matrisinden elde edilen değerlere göre, Doğruluk kriteri (C1) en yüksek ağırlığa sahip kriter olarak belirlenmiş ve model seçiminde kritik rol oynamıştır. Eğitim süresi (C2) ve hesaplama maliyeti (C3) kriterleri ise görece daha düşük ağırlıklarla değerlendirilmiştir. Çalışmanın bulguları, RF modelinin yüksek doğruluk ve belirsizlik yönetimi performansı nedeniyle birinci sırada yer aldığını göstermiştir. Çalışmanın sonuçları, bulanık COBRA yönteminin YZ modeli seçiminde hem performans hem de maliyet ve belirsizlik boyutlarını bütüncül olarak değerlendirmeye imkân sağladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Bulanık COBRA, yapay zeka modeli değerlendirmesi, çok kriterli karar verme (ÇKKV), belirsizlik yönetimi, üçgen Tip-1 bulanık sayılar

MULTI-CRITERIA DECISION MAKING FOR THE EVALUATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE MODELS USING FUZZY COBRA METHOD

ABSTRACT

In this study, a multi-criteria decision-making (MCDM) process for evaluating artificial intelligence (AI) models was addressed using the Fuzzy COBRA (COMprehensive Distance Based RAnking) method. Five criteria—Accuracy (C1), Training Time (C2), Computational Cost (C3), Interpretability (C4), and Uncertainty Management (C5)—and five AI models—Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), XGBoost (XGBoost), and k-Nearest Neighbors (k-NN)—were considered. The criteria

weights were determined based on linguistic assessments provided by four experts and were normalized using triangular Type-1 fuzzy numbers. The analysis conducted with the Fuzzy COBRA method resulted in the ranking of alternatives based on comprehensive distance values, with the Random Forest (RF) model ($S_i = 0.462$) ranked first, followed by the XGBoost model ($S_i = 0.474$). According to the normalized fuzzy decision matrix values for the criteria, Accuracy (C1) was identified as the most significant criterion, playing a critical role in model selection. Training Time (C2) and Computational Cost (C3) were evaluated with comparatively lower weights. The findings of the study indicate that the RF model achieved the top rank due to its high accuracy and effective uncertainty management. Overall, the results demonstrate that the Fuzzy COBRA method enables a holistic evaluation of AI models by simultaneously considering performance, cost, and uncertainty aspects.

Keywords: Fuzzy COBRA, artificial intelligence model evaluation, multi-criteria decision making (MCDM), uncertainty management, triangular Type-1 fuzzy numbers

1. GİRİŞ

Günümüzün dijital dönüşüm çağında, YZ modelleri geniş bir uygulama yelpazesinde kritik kararlar almak için kullanılmaktadır. Ancak farklı modellerin performans, hesaplama maliyeti, eğitim süresi ve yorumlanabilirlik gibi birden çok kriter çerçevesinde karşılaştırılması, karar vericiler için karmaşık bir süreç haline gelmektedir. Bu karmaşıklık, sadece modellerin sayısal çıktılarından ibaret olmayan, aynı zamanda belirsizlik ve öznel uzman görüşlerini de içeren bir değerlendirme gerektirmektedir. Bu tür karmaşık karar verme problemleri, literatürde ÇKKV teknikleri ile ele alınmaktadır; çünkü bu teknikler birden çok kriteri aynı anda dikkate alarak alternatifleri objektif ve sistematik şekilde sıralama olanağı sağlarlar [1].

MCDM yöntemleri, özellikle yapay zeka modellerinin seçimi gibi çok kriterli ve belirsiz ortamlarda geniş çapta uygulanmaktadır. Örneğin literatürde XAI (Açıklanabilir Yapay Zeka) yöntem seçiminde ARAS, CODAS, EDAS, MARCOS ve TOPSIS gibi yöntemlerin kullanıldığı bir çerçeve önerilmiştir. Yine bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklandırılmasında hem subjektif hem objektif veri kullanarak karar verme sürecini güçlendirilmiştir [2]. Ayrıca yapay zeka model seçim problemini açıkça ÇKKV tabanlı bir karar destek çerçevesi olarak ele alan çalışmalar da bulunmaktadır. Bu çalışmalar, seçimin sadece performans ölçütlerine bağlı kalmayıp aynı zamanda modelin güvenilirlik, açıklanabilirlik gibi daha geniş bir kriter seti üzerinden yapılması gerektiğini vurgulamaktadır [3].

Buna rağmen, klasik ÇKKV yaklaşımları çoğu zaman belirsizliklerin tam ölçülebilir olmadığı ve uzman görüşlerinin aralıklarla ifade edildiği durumlarda yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, belirsizliklerin doğrudan modellenebildiği bulanık mantık tabanlı yaklaşımlar

literatürde artan bir ilgi görmektedir. Bulanık ÇKKV teknikleri, belirsiz ve subjektif ifadeleri aritmetik yerine bulanık değerlerle temsil ederek karar süreçlerinin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmaktadır [4]. Son yıllarda ortaya çıkan ve “COMprehensive Distance Based RAnking (COBRA)” adıyla anılan yöntem, mesafe-temelli bir bakış açısıyla alternatifleri pozitif ideal, negatif ideal ve ortalama referans noktalarına göre değerlendirmektedir. COBRA yönteminin kapsamlı mesafe hesaplama mantığı, uygulamalarda hem tek başına hem de MEREC, Gri-Bulanık (Gray-Fuzzy) veya Pisagor-Bulanık (Pythagorean-Fuzzy) gibi genişletmelerle hibrit biçimde kullanıldığı görülmüştür. Örneğin e-ticaret strateji seçimi, tedarikçi seçimleri, sigorta sektöründe performans değerlendirmeleri ve endüstri 4.0 teknoloji önceliklendirmelerinde COBRA tabanlı yaklaşımlar raporlanmıştır. Bu çalışmalar COBRA’nın hem esnekliğini hem de diğer referans-temelli yöntemlere kıyasla rekabetçi sonuçlar ürettiğini göstermektedir [5].

Bulanık COBRA ve onun farklı bulanık genelleştirmeleri (örnek olarak Pisagor, Sezgisel, Aralık Değerli) üzerinde yapılan uygulamalar da mevcuttur. Örneğin drone uygulamalarında engellerin önceliklendirilmesi, demiryolu altyapı değerlendirmeleri ve çeşitli operasyonel performans sıralamalarında bulanık COBRA bileşenleri kullanıldığı görülmüştür [6]. Bu çalışmalar, belirsizliklerin doğrudan modele dahil edilmesinin karar kalitesini artırabileceğini göstermektedir. Ancak literatürde özellikle Yapay Zeka modellerinin seçimi bağlamında Bulanık COBRA’nın doğrudan uygulandığı çalışmaların çok sınırlı veya yok denecek kadar azdır. COBRA tabanlı yaklaşımlar genelde tedarik zinciri, enerji teknolojileri veya işletme uygulamalarına odaklanmış, YZ model seçiminde ise çok daha az sayıda doğrudan uygulama bulunmuştur. Bu durum, YZ model seçiminde Bulanık COBRA uygulamalarına açık bir araştırma boşluğu sunmaktadır [6].

Bu çalışmanın amacı, doğruluk, eğitim süresi, hesaplama maliyeti, yorumlanabilirlik ve belirsizlik yönetimi gibi heterojen kriterler altında bulanık COBRA metodunu kullanarak farklı YZ modellerinin kapsamlı ve belirsizlik-dostu bir değerlendirmesini sunmaktır. Önerilen çerçeve, alanyazına hem teorik katkı sağlayacak (COBRA’nın bulanık ortama uygulanması ve kriter ağırlıkları/uzman görüşlerinin entegrasyonu) hem de pratik rehberlik sunacaktır. Böylece karar vericiler, YZ model tercihlerini sadece tek bir performans metriğine göre değil, çok kriterli ve belirsizlikleri hesaba katan bir perspektifle yapabilecektir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

Bu bölümde, COBRA ve Bulanık COBRA yöntemlerinin literatürdeki gelişimi ve farklı karar verme problemlerindeki uygulamaları ele alınmıştır. Tablo 1’de, COBRA ve Bulanık COBRA yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalar, uygulama alanları ve yöntemlerin kullanım amaçları dikkate alınarak günümüzden geçmişe doğru kronolojik olarak özetlenmiştir.

Tablo 1. COBRA ve Bulanık COBRA yöntemlerini kullanan çalışmaların özeti

Çalışmanın Yazarları	Çalışmanın Yılı	Çalışmada Kullanılan Yöntemler	Yöntemin Kullanım Amacı
Rani ve ark. [7]	2025	Pisagor Bulanık COBRA	Alternatif stratejilerin Pisagor bulanık ortamda değerlendirilmesi ve önceliklendirilmesi
Razak ve ark. [8]	2025	IVPNS-COBRA (Aralık Değerli Pisagor Sezgisel COBRA)	Dilsel değişkenlerin ve aralıklı değerlerin ele alındığı COBRA tabanlı bir çerçeve geliştirme ve belirsiz bilgiyle karar verme.
Ahmadi Pargo ve Hashemkhani Zolfani [9]	2025	COBRA	Donanım seçimi / uzman sistem geliştirme bağlamında COBRA adımlarının uygulanması ve yöntem açıklaması.
Samanlioglu ve ark. [10]	2025	HF-MEREC-COBRA (Teredütlü/Bulanık Hibrit + MEREC + COBRA)	Akıllı telefon seçiminde hibrit MCDM yaklaşımıyla alternatiflerin değerlendirilmesi.
Ünal [11]	2025	MEREC + COBRA (Hibrit ÇKKV modeli)	Bu çalışmada, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde MEREC, sigorta şirketlerinin performanslarının sıralanmasında ise COBRA yöntemi kullanılarak hibrit bir ÇKKV yaklaşımı uygulanmıştır.
Tadić ve ark. [6]	2024	Bulanık COBRA, Bulanık AHP	Son kilometre lojistiğinde drone kullanımını etkileyen engellerin belirsizlik altında sıralanması
Taşci [12]	2024	WARA + MEREC + COBRA (hibrit uygulama)	Sigorta sektörü / işletme performans değerlendirmesi uygulaması.
Sumrit [13]	2024	Hibrit PF-Delphi + PF-SWARA + PF-MEREC + PF-COBRA (PF=Pisagor Bulanık)	İmalat işletmelerinin Endüstriyel Nesnelerin İnterneti (IIoT) benimsenme hazırlık düzeyinin Pisagor bulanık yaklaşımla değerlendirilmesi.
Ulutaş ve ark. [14]	2023	MEREC + COBRA Hibrit Yöntemi	Çalışmada, bina kabukları için en uygun doğal taş alternatifinin seçimi amacıyla MEREC + COBRA hibrit ÇKKV yaklaşımı

			kullanılarak kriter ağırlıkları belirlenmiş ve alternatifler sıralanmıştır.
Deniraraslan [15]	2023	PSI-RB-COBRA (Tercih Seçim İndeksi – Resimsel Bulanık COBRA)	Çalışmada, karar vericilerin olumlu, olumsuz, çekimser ve reddedici değerlendirmelerini aynı anda modelleyebilen resim bulanık küme tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı ele alınmış ve farklı karar problemlerindeki uygulamaları incelenmiştir.
Krstić ve ark. [16]	2022	Hibrit Bulanık Delphi + ANP + COBRA	Bu çalışma, akıllı tersine lojistik gelişim senaryolarını değerlendirmek ve en uygun senaryoyu belirlemek amacıyla bulanık Delphi, bulanık ANP ve bulanık COBRA yöntemlerini içeren yeni bir hibrit ÇKKV modeli önermektedir.
Popović ve ark. [17]	2022	MEREC + COBRA	E-ticaret geliştirme stratejilerinin seçimi için hibrit ÇKKV yaklaşımıyla alternatif stratejilerin sıralanması.
Krstić ve ark. [18]	2022	COBRA + BWM	Çalışma, tersine lojistikte Endüstri 4.0 teknolojilerinin uygulanabilirliğini döngüsel ekonomi perspektifinden değerlendirmekte; kriter ağırlıklarını BWM yöntemiyle belirleyip alternatifleri bu çalışmada ilk kez literatüre kazandırılan COBRA yöntemi ile sıralamaktadır.

3. ÇALIŞMANIN AMACI

Bu çalışmanın temel amacı, yapay zeka (YZ) modellerinin değerlendirilmesi ve seçimi sürecinde, belirsizlik ve çoklu kriter yapısını aynı anda dikkate alabilen bulanık COBRA yönteminin etkinliğini ortaya koymaktır. Günümüzde YZ modellerinin performansı yalnızca doğruluk gibi tekil ölçütlerle değerlendirilememekte; eğitim süresi, hesaplama maliyeti, yorumlanabilirlik ve belirsizlik yönetimi gibi birbirleriyle çelişebilen çok sayıda kriterin birlikte ele alınmasını gerektirmektedir. Bu durum, karar verme sürecini karmaşıktırmakta ve klasik değerlendirme yaklaşımlarının yetersiz kalmasına neden olmaktadır.

Bu kapsamda çalışmada, farklı karakteristiklere sahip yaygın YZ modelleri, belirlenen çok kriterli yapı çerçevesinde bulanık COBRA yöntemi kullanılarak değerlendirilecek ve uzlaşık bir sıralama elde edilecektir. Önerilen yaklaşım, uzman görüşlerinden kaynaklanan

belirsizliklerin bulanık sayılar aracılığıyla modellenmesini sağlarken, aynı zamanda kriterler arasındaki çelişkileri bütüncül bir bakış açısıyla ele alacaktır. Çalışmanın bir diğer amacı, literatürde sınırlı sayıda uygulaması bulunan bulanık COBRA yönteminin YZ modeli seçimi problemine ilk kez uygulanarak yöntemin farklı alanlardaki uygulanabilirliğini gösterecektir. Elde edilen bulguların, hem akademik çalışmalara metodolojik katkı sağlaması hem de pratik YZ uygulamalarında karar vericilere sistematik bir değerlendirme aracı sunması hedeflenmektedir.

4. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, çalışmada kullanılan alternatifler ve değerlendirme kriterleri tanıtılacak, uzman görüşlerinin elde edilme süreci açıklanacak ve son olarak bulanık COBRA yönteminin işlem adımları detaylı bir biçimde açıklanacaktır.

4.1. Alternatifler ve değerlendirme kriterleri

Çalışma kapsamında, yapay zeka modellerinin çok kriterli bir bakış açısıyla değerlendirilmesi amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan ve farklı öğrenme paradigmlarını temsil eden beş alternatif model ele alınmıştır. Bu modeller; Random Forest (RF), Support Vector Machine (SVM), Artificial Neural Network (ANN), Gradient Boosting (XGBoost/LightGBM) ve k-Nearest Neighbors (k-NN) olarak belirlenmiştir. Seçilen alternatifler, hem klasik hem de modern makine öğrenmesi yaklaşımlarını içermesi bakımından karşılaştırmalı bir değerlendirmeye olanak sağlamaktadır.

Yapay zeka modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterler, performans, hesaplama gereksinimleri ve belirsizlik boyutlarını kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Bu doğrultuda çalışmada doğruluk (fayda), eğitim süresi (maliyet), hesaplama maliyeti (maliyet), yorumlanabilirlik (fayda) ve belirsizlik yönetimi (fayda) olmak üzere beş kriter dikkate alınmıştır. Belirlenen kriterler, literatürde YZ modeli seçimi problemlerinde sıklıkla kullanılan ölçütler olup, karar vericilerin modelleri yalnızca performans açısından değil, aynı zamanda uygulanabilirlik ve güvenilirlik boyutlarıyla da değerlendirmesine imkân tanımaktadır.

4.2. Uzman görüşleri ve veri toplama süreci

Çalışmada kullanılan değerlendirme verileri, yapay zeka ve veri bilimi alanlarında deneyime sahip akademisyenler ve sektör profesyonellerinden elde edilen uzman görüşlerine dayanmaktadır. Uzmanlardan, belirlenen kriterler doğrultusunda her bir yapay zeka modelini değerlendirmeleri istenmiş ve katılımcıların kimlik bilgileri gizli tutulmuştur. Uzman görüşlerinden kaynaklanan belirsizlik ve öznel yargılar, bulanık mantık yaklaşımı ile modellenmiştir. Bu kapsamda uzman değerlendirmeleri, bulanık sayılar kullanılarak ifade edilmiş (üçgen tip-1 bulanık sayılar) ve böylece gerçek karar verme ortamlarında karşılaşılan

belirsizliklerin analize dâhil edilmesi sağlanmıştır. Toplanan veriler, bulanık COBRA yönteminin uygulanabilmesi için uygun formata dönüştürülmüştür.

4.3. Bulanık COBRA yönteminin işlem adımları

Bulanık COBRA yöntemi, alternatiflerin ideal, anti-ideal ve ortalama referans çözümlere olan uzaklıklarını dikkate alarak uzlaşık bir sıralama elde etmeyi amaçlayan çok kriterli karar verme yöntemidir. Yöntemin bulanık ortamda uygulanması, belirsiz ve eksik bilgilerin karar sürecine etkin bir şekilde entegre edilmesini sağlamaktadır. Bulanık COBRA yöntemine ait işlem adımları aşağıda sıralanmıştır:

Adım 1: Kriter ağırlıklarının hesaplanması. Bu çalışmada kriter ağırlıkları, uzman görüşlerine dayalı doğrudan değerlendirme yaklaşımı kullanılarak belirlenmiştir. Bu maksatla öncelikle olarak Tablo 2’de yer alan dilsel ifadeler kullanılarak uzmanlarca kriterler değerlendirilir. Ardından kriterlerle ilgili Eşitlik 1 kullanılarak uzman görüşleri birleştirilir:

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K \tilde{w}_j^{(k)} \quad (1)$$

Burada:

$k = 1, 2, \dots, K$: k’nci uzmanı,

$\tilde{w}_j^{(k)}$: k’nci uzmanın j’nci kritere verdiği bulanık önem değerini,

K : Toplam uzman sayısını ifade etmektedir.

Ardından Eşitlik 2 kullanılarak bir önceki adımda hesaplanan kriter değerleri normalize edilerek nihai kriter ağırlıkları hesaplanır:

$$\tilde{W}_j = \frac{\tilde{w}_j}{\sum_{j=1}^n \tilde{w}_j} \quad (2)$$

Tablo 2. Kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan uzman dilsel ifadeler ve üçgen bulanık sayı karşılıkları

Dilsel İfade	Üçgen Bulanık Sayı Değeri
Çok Düşük	(0.0, 0.1, 0.3)
Düşük	(0.1, 0.3, 0.5)
Orta	(0.3, 0.5, 0.7)
Yüksek	(0.5, 0.7, 0.9)
Çok Yüksek	(0.7, 0.9, 1.0)

Adım 2: Bulanık karar matrisi oluşturma. Bu adımda, arar vericilerden elde edilen dilsel değerlendirmeler, üçgen Tip-1 bulanık sayılarla temsil edilir. Bir üçgen Tip-1 bulanık sayı

$\tilde{a} = (l, m, u)$ şeklinde tanımlanır. Buradaki l düşük, m en olası, u yüksek üyelik değerini gösterir. Bulanık karar matrisi Eşitlik 3'te gösterildiği gibi oluşturulur:

$$\tilde{X} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \cdots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \cdots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \cdots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

Burada:

m : alternatif sayısını,

n : kriter sayısını,

x_{ij} : i . alternatifi j . kritere göre bulanık performans değerini ifade etmektedir [19].

Adım 3: Karar matrisinin normalize edilmesi. Bu adımda bulanık karar matrisi, kriterlerin yönlerine (fayda veya maliyet) göre normalize edilir.

Fayda kriteri için Eşitlik 4 kullanılarak karar matrisi normalize edilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j^+}, \frac{m_{ij}}{m_j^+}, \frac{u_{ij}}{l_j^+} \right) \quad (4)$$

Maliyet kriteri için Eşitlik 5 kullanılarak karar matrisi normalize edilir:

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{l_j^-}{u_{ij}}, \frac{m_j^-}{m_{ij}}, \frac{u_j^-}{l_{ij}} \right) \quad (5)$$

Burada u_j^+, m_j^+, l_j^+ en yüksek fayda, l_j^-, m_j^-, u_j^- en düşük maliyet referans değerlerini belirtir [18].

Adım 4: Ağırlıklı normalize karar matrisinin hesaplanması. Bu adımda, Eşitlik 6 kullanılarak her kriterin uzman tarafından belirlenen ağırlığı $\tilde{w}_j$ ile normalize karar matrisi çarpılarak ağırlıklı karar matrisi oluşturulur:

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{w}_j \otimes \tilde{r}_{ij} \quad (6)$$

Bu adım sonucunda her alternatif-kriter çifti için ağırlıklı bulanık değer elde edilir [18].

Adım 5: Bulanık referans çözümleri belirleme. Bu adımda, Her kriter için üç temel referans çözüm ayrı ayrı tanımlanır:

Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPİÇ):

$$\tilde{v}_j^+ = (\max_i l_{ij}, \max_i m_{ij}, \max_i u_{ij}) \quad (7)$$

Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ):

$$\tilde{v}_j^- = (\min_i l_{ij}, \min_i m_{ij}, \min_i u_{ij}) \quad (8)$$

Bulanık Ortalama Çözüm (BOÇ):

$$\tilde{v}_j^0 = (\frac{1}{m} \sum_i l_{ij}, \frac{1}{m} \sum_i m_{ij}, \frac{1}{m} \sum_i u_{ij}) \quad (9)$$

Bu referanslar, alternatiflerin karşılaştırılacağı üç kapsamlı merkeze karşı konumunu oluşturur [18].

Adım 6: Uzaklık hesaplama. Bu adımda, her alternatifin referans çözümlere olan uzaklıkları hesaplanır. Üçgen bulanık sayılar için centroid uzaklık metodu (Eşitlik 10) sıklıkla kullanılır:

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_a - l_b)^2 + (m_a - m_b)^2 + (u_a - u_b)^2]} \quad (10)$$

Eşitlik 10 ile Alternatif ile BPİÇ arasındaki uzaklık D_i^+ , alternatif ile BNİÇ arasındaki uzaklık D_i^- ve alternatif ile BOÇ arasındaki uzaklık D_i^0 değerleri hesaplanır [19].

Adım 7: Kapsamlı uzaklık değerinin hesaplanması. Bu adımda, her alternatif için kapsamlı uzaklık değeri Eşitlik 11 kullanılarak hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^n (D_i^+ + D_i^- + D_i^0) \quad (11)$$

Bu toplam değeri, alternatifin üç referans açısından ne kadar uzak/yakın olduğunu bir ölçekte gösterir [18].

Adım 8: Alternatiflerin sıralanması. Bu adımda, elde edilen kapsamlı uzaklık değerleri artan sırada sıralanır. İdeal referans çözüme daha yakın olan alternatifler, daha iyi performans gösterdiği kabul edilerek üst sıralarda yer alır.

$$\text{Sıralama: } S_{(1)} \leq S_{(2)} \leq \dots \leq S_{(m)} \quad (12)$$

Bu sıralama ile en iyi alternatif en düşük S_i değerine sahip olan alternatif olarak belirlenir [18].

5. BULANIK COBRA YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

Adım 1: Adım 1: Kriter ağırlıklarının hesaplanması. Bu adımda öncelikle yapay zeka modellerinin değerlendirilmesinde kullanılan beş kriterin ağırlıkları, alanında uzman dört karar vericinin görüşlerine dayalı doğrudan bulanık değerlendirme yaklaşımı kullanılarak

belirlenmiştir. Uzmanlardan her bir kriterin göreceli önem düzeyini, Tablo 1’de verilen dilsel ifadeler aracılığıyla değerlendirmeleri istenmiştir. Uzmanların kriterlere ilişkin bulanık önem değerlendirmeleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Uzmanların kriterlere ilişkin bulanık önem değerlendirmeleri

Kriterler	Uzman 1	Uzman 2	Uzman 3	Uzman 4
C1	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)	Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)
C2	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Düşük (0.1, 0.3, 0.5)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C3	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Düşük (0.1, 0.3, 0.5)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C4	Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)	Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Orta (0.3, 0.5, 0.7)
C5	Yüksek (0.5, 0.7, 0.9)	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)	Çok Yüksek (0.7, 0.9, 1.0)

Tablo 3’de yer alan uzman değerlendirmeleri, Eşitlik 1 kullanılarak birleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Birleştirilmiş bulanık kriter ağırlıkları

Kriterler	Birleştirilmiş Bulanık Ağırlıklar
C1	(0.650, 0.850, 0.975)
C2	(0.250, 0.450, 0.650)
C3	(0.250, 0.450, 0.650)
C4	(0.400, 0.600, 0.800)
C5	(0.600, 0.800, 0.950)

Tablo 4’te yer alan birleştirilmiş bulanık kriter ağırlıkları üzerinden Eşitlik 2 kullanılarak kriter değerleri normalize edilmiş ve edilen sonuçlar Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Normalize edilmiş bulanık kriter ağırlıkları

Kriterler	Normalize Edilmiş Bulanık Ağırlıklar
C1	(0.302, 0.270, 0.242)
C2	(0.116, 0.143, 0.161)
C3	(0.116, 0.143, 0.161)
C4	(0.186, 0.190, 0.199)
C5	(0.279, 0.254, 0.236)

Tablo 5'te yer alan değerler, dört uzmanın kriterlere ilişkin üçgen Tip-1 bulanık değerlendirmelerinin birleştirilip, Eşitlik 2 kullanılarak normalize edilmesiyle elde edilmiştir. Bu normalize edilmiş bulanık ağırlıklar, bulanık COBRA yönteminin bir sonraki adımlarında ağırlıklı karar matrisinin oluşturulmasında kullanılacaktır.

Adım 2: Bulanık karar matrisinin oluşturulması. Bu adımda, Eşitlik 3 kullanılarak her uzman görüşüne göre oluşturulmuş bulanık karar matrisi Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Bulanık karar matrisi

Uzman 1'e Göre					
Alternatif / Kriter	C1	C2	C3	C4	C5
RF	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)
SVM	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)
ANN	(0.8, 0.9, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.95)
XGBoost	(0.7, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.95)
k-NN	(0.5, 0.7, 0.85)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)
Uzman 2'e Göre					
Alternatif / Kriter	C1	C2	C3	C4	C5
RF	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.7, 0.9, 1.0)
SVM	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.6, 0.8, 0.95)
ANN	(0.8, 0.9, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
XGBoost	(0.7, 0.85, 0.95)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.95)
k-NN	(0.5, 0.7, 0.85)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
Uzman 3'e Göre					

Alternatif / Kriter	C1	C2	C3	C4	C5
RF	(0.8, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.9)
SVM	(0.7, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.6, 0.8, 0.9)
ANN	(0.8, 0.9, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
XGBoost	(0.7, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.9)
k-NN	(0.5, 0.7, 0.8)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.5, 0.7, 0.9)
Uzman 4'e Göre					
Alternatif / Kriter	C1	C2	C3	C4	C5
RF	(0.7, 0.9, 1.0)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
SVM	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.9)
ANN	(0.8, 0.9, 1.0)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.7, 0.9, 1.0)
XGBoost	(0.7, 0.8, 0.9)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.6, 0.8, 0.9)	(0.6, 0.8, 0.9)
k-NN	(0.5, 0.7, 0.8)	(0.2, 0.4, 0.6)	(0.3, 0.5, 0.7)	(0.4, 0.6, 0.8)	(0.5, 0.7, 0.9)

Tablo 6'da yer alan uzman değerlendirmeleri Eşitlik 1'e göre birleştirilmiş ve birleştirilmiş bulanık karar matrisi Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Birleştirilmiş bulanık karar matrisi

Alternatif / Kriter	C1 (Fayda)	C2 (Maliyet)	C3 (Maliyet)	C4 (Fayda)	C5 (Fayda)
RF	(0.725, 0.900, 1.000)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.325, 0.525, 0.725)	(0.475, 0.675, 0.850)	(0.625, 0.825, 0.950)
SVM	(0.625, 0.800, 0.900)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.275, 0.475, 0.675)	(0.425, 0.625, 0.825)	(0.575, 0.775, 0.912)
ANN	(0.800, 0.900, 1.000)	(0.400, 0.600, 0.800)	(0.500, 0.700, 0.900)	(0.525, 0.725, 0.900)	(0.675, 0.875, 0.988)
XGBoost	(0.700, 0.812, 0.912)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.300, 0.500, 0.700)	(0.550, 0.750, 0.900)	(0.600, 0.800, 0.925)
k-NN:	(0.500, 0.700, 0.825)	(0.200, 0.400, 0.600)	(0.325, 0.525, 0.725)	(0.350, 0.550, 0.750)	(0.500, 0.700, 0.900)

Adım 3: Karar matrisinin normalize edilmesi. Tablo 7'de yer alan veriler üzerinden fayda kriterleri için Eşitlik 4 ve maliyet kriterleri için Eşitlik 5 kullanılarak karar matrisi normalize edilmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Alternatif / Kriter	C1 (Fayda)	C2 (Maliyet)	C3 (Maliyet)	C4 (Fayda)	C5 (Fayda)
RF	(0.725, 1.000, 1.250)	(0.286, 0.800, 2.000)	(0.379, 0.905, 2.077)	(0.528, 0.900, 1.545)	(0.633, 0.943, 1.407)
SVM	(0.625, 0.889, 1.125)	(0.286, 0.800, 2.000)	(0.407, 1.000, 2.455)	(0.472, 0.833, 1.500)	(0.582, 0.886, 1.351)
ANN	(0.800, 1.000, 1.250)	(0.250, 0.667, 1.500)	(0.306, 0.679, 1.350)	(0.583, 0.967, 1.636)	(0.683, 1.000, 1.463)
XGBoost	(0.700, 0.902, 1.140)	(0.286, 0.800, 2.000)	(0.393, 0.950, 2.250)	(0.611, 1.000, 1.636)	(0.607, 0.914, 1.370)
k-NN:	(0.500, 0.778, 1.031)	(0.333, 1.000, 3.000)	(0.379, 0.905, 2.077)	(0.389, 0.733, 1.364)	(0.506, 0.800, 1.333)

Adım 4: Ağırlıklı normalize karar matrisinin hesaplanması. Bu adımda, Tablo 5 ve Tablo 8’de yer alan veriler Eşitlik 6 kullanılarak ağırlıklı normalize karar matrisi değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi

Alternatif / Kriter	C1 (Fayda)	C2 (Maliyet)	C3 (Maliyet)	C4 (Fayda)	C5 (Fayda)
RF	(0.219, 0.270, 0.303)	(0.033, 0.114, 0.322)	(0.044, 0.129, 0.334)	(0.098, 0.171, 0.307)	(0.177, 0.239, 0.332)
SVM	(0.189, 0.240, 0.272)	(0.033, 0.114, 0.322)	(0.047, 0.143, 0.395)	(0.088, 0.158, 0.299)	(0.162, 0.225, 0.319)
ANN	(0.242, 0.270, 0.303)	(0.029, 0.095, 0.242)	(0.036, 0.097, 0.217)	(0.108, 0.184, 0.326)	(0.191, 0.254, 0.345)
XGBoost	(0.211, 0.244, 0.276)	(0.033, 0.114, 0.322)	(0.046, 0.136, 0.362)	(0.114, 0.190, 0.326)	(0.169, 0.232, 0.323)
k-NN:	(0.151, 0.210, 0.250)	(0.039, 0.143, 0.483)	(0.044, 0.129, 0.334)	(0.072, 0.139, 0.271)	(0.141, 0.203, 0.315)

Adım 5: Bulanık referans çözümleri belirleme. Bu adımda, Tablo 9’da yer alan veriler üzerinden Eşitlik 7-9 kullanılarak her kriter için BPİÇ, BNİÇ ve BOÇ değerleri hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Kriterler bazında bulanık referans çözümleri (BPİÇ, BNİÇ ve BOÇ)

Kriter	BPİÇ ($\tilde{v}_j^+$)	BNİÇ ($\tilde{v}_j^-$)	BOÇ ($\tilde{v}_j^0$)
C1	(0.242, 0.270, 0.303)	(0.151, 0.210, 0.250)	(0.202, 0.247, 0.281)
C2	(0.039, 0.143, 0.483)	(0.029, 0.095, 0.242)	(0.033, 0.116, 0.338)
C3	(0.047, 0.143, 0.395)	(0.036, 0.097, 0.217)	(0.043, 0.127, 0.328)
C4	(0.114, 0.190, 0.326)	(0.072, 0.139, 0.271)	(0.096, 0.168, 0.306)
C5	(0.191, 0.254, 0.345)	(0.141, 0.203, 0.315)	(0.168, 0.231, 0.327)

Adım 6: Uzaklık hesaplama. Bu adımda, her alternatifin referans çözümlere olan uzaklıkları Eşitlik 10 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Kriterler bazında bulanık referans çözümleri (BPİÇ, BNİÇ ve BOÇ)

C1 Kriterine Göre			
Alternatif	D_i^+	D_i^-	D_i^0
RF	0.013	0.061	0.021
SVM	0.039	0.031	0.010
ANN	0.000	0.070	0.029
XGBoost	0.028	0.043	0.006
k-NN:	0.070	0.000	0.041
C2 Kriterine Göre			
Alternatif	D_i^+	D_i^-	D_i^0
RF	0.095	0.048	0.009
SVM	0.095	0.048	0.009
ANN	0.142	0.000	0.057
XGBoost	0.095	0.048	0.009

k-NN:	0.000	0.142	0.085
C3 Kriterine Göre			
Alternatif	D_i^+	D_i^-	D_i^0
RF	0.036	0.070	0.004
SVM	0.000	0.106	0.040
ANN	0.106	0.000	0.067
XGBoost	0.020	0.087	0.020
k-NN:	0.036	0.070	0.004
C4 Kriterine Göre			
Alternatif	D_i^+	D_i^-	D_i^0
RF	0.018	0.032	0.002
SVM	0.028	0.022	0.008
ANN	0.005	0.046	0.016
XGBoost	0.000	0.050	0.020
k-NN:	0.050	0.000	0.030
C5 Kriterine Göre			
Alternatif	D_i^+	D_i^-	D_i^0
RF	0.014	0.031	0.008
SVM	0.028	0.018	0.007
ANN	0.000	0.045	0.021
XGBoost	0.022	0.024	0.002
k-NN:	0.045	0.000	0.024

Adım 7: Kapsamlı uzaklık değerinin hesaplanması. Bu adımda, her alternatifi için Eşitlik 11 kullanılarak kapsamlı uzaklık değerler hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir.

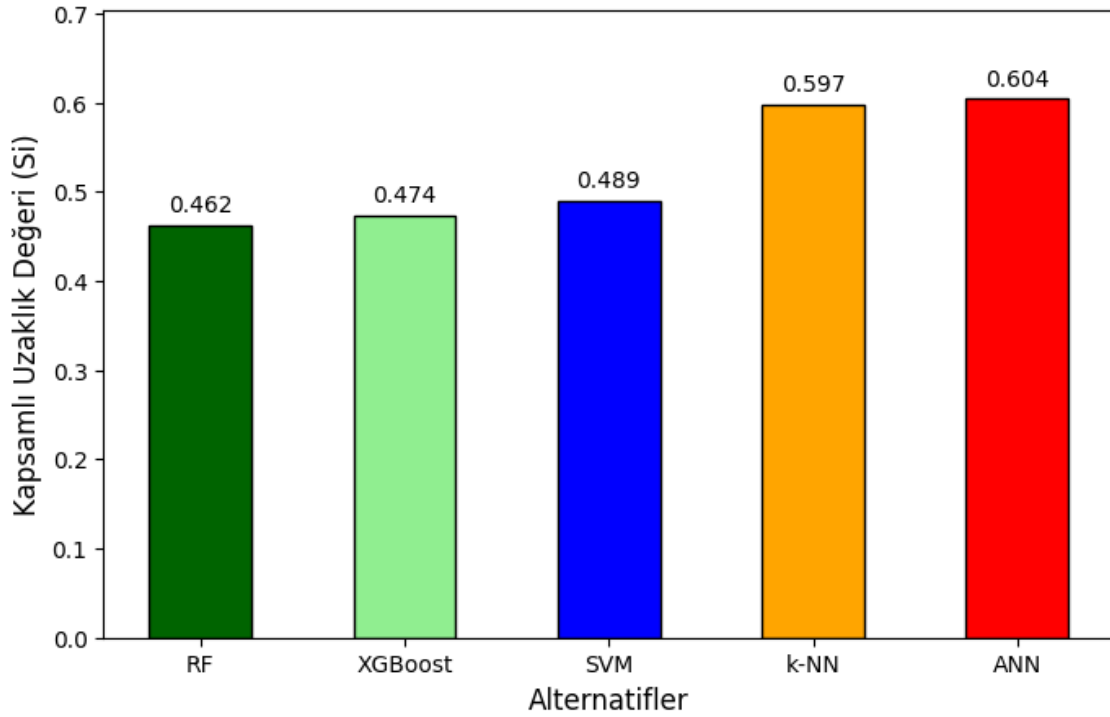
Tablo 12. Her alternatif için hesaplanan kapsamlı uzaklık değerleri

Alternatifler	Kapsamlı Uzaklık Değerleri (S_i)
RF	0.462
SVM	0.489
ANN	0.604
XGBoost	0.474
k-NN:	0.597

Adım 8: Alternatiflerin sıralanması. Bu adımda, bir önceki adımda hesaplanmış kapsamlı uzaklık değerleri (S_i) üzerinden alternatiflerin sıralaması yapılır. En küçük S_i değeri ideal referansa en yakın alternatifi gösterir ve en iyi alternatfi olarak kabul edilir. Buna göre alternatiflerin sıralama değerleri Tablo 13’te sıralama performansları ise Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo 13. Alternatiflerin sıralanması

Alternatifler	Kapsamlı Uzaklık Değerleri (S_i)	Sıralama Performansı
RF	0.462	1
SVM	0.489	3
ANN	0.604	5
XGBoost	0.474	2
k-NN:	0.597	4



Şekil 1. Alternatiflerin sıralama performansları

6. BULGULAR VE YORUMLAR

Bu çalışmada, beş yapay zeka modeli (RF, SVM, ANN, XGBoost ve k-NN) beş kriter (Doğruluk, Eğitim Süresi, Hesaplama Maliyeti, Yorumlanabilirlik ve Belirsizlik Yönetimi) ve dört uzman görüşü temel alınarak Bulanık COBRA yöntemi ile değerlendirilmiştir. Öncelikle, Tablo 5’te gösterildiği gibi kriterlerin normalize edilmiş bulanık ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu ağırlıklar, uzmanların dilsel değerlendirmeleri ve üçgen Tip-1 bulanık sayılar kullanılarak elde edilmiş ve normalize edilmiştir. Ardından, Tablo 8 ve Tablo 9’de gösterildiği üzere, alternatiflerin her kriterdeki performans değerleri normalize edilmiş ve ağırlıklı karar matrisi oluşturulmuştur. Bu adım, her alternatifin kriterler açısından eşit ve adil bir değerlendirmeye tabi tutulmasını sağlamıştır. Tablo 10 ve Tablo 11’de, her kriter için Bulanık Pozitif İdeal Çözüm (BPIÇ), Bulanık Negatif İdeal Çözüm (BNİÇ) ve Bulanık Ortalama Çözüm (BOÇ) hesaplanmış, alternatiflerin bu referans çözümlere olan uzaklıkları belirlenmiştir. Bu uzaklık değerleri, alternatiflerin ideal çözüme ne kadar yakın olduklarını gösteren bir ölçüt sunmaktadır.

Tablo 12’de gösterildiği gibi, her alternatif için kapsamlı uzaklık değerleri S_i hesaplanmıştır.

Bu değerlere göre alternatifler artan sırada sıralanmış ve en düşük S_i değerine sahip RF modeli birinci sırada yer almıştır. XGBoost ve SVM sırasıyla ikinci ve üçüncü, k-NN ve ANN ise daha düşük performans sergileyerek sıralamada sonlarda yer almıştır. Bu sonuçlar, RF

modelinin seçilen kriterler açısından en dengeli ve ideal performansa sahip olduğunu göstermiştir.

Genel olarak, bulanık COBRA yöntemi, belirsiz ve eksik uzman görüşlerini etkin bir şekilde değerlendirme sürecine entegre ederek, yapay zeka modellerinin performanslarını çok kriterli bir perspektiften karşılaştırmayı mümkün kılmıştır. Ayrıca, bu yaklaşım, karar vericilere hangi modellerin stratejik olarak daha uygun olduğunu açık ve sistematik bir şekilde göstermiştir.

7. SONUÇ, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, ÇKKV bağlamında yapay zeka modellerinin değerlendirilmesinde bulanık COBRA yöntemi başarıyla uygulanmıştır. Belirsizliklerin ve uzman görüşlerinin bulanık mantık çerçevesinde modellenmesi, klasik ÇKKV yöntemlerine göre daha esnek bir değerlendirme süreci sunmuştur. Literatürde de görüldüğü gibi bulanık yaklaşımlar, kriter ağırlıklandırma ve sıralama süreçlerini belirsiz bilgi ile çalışma koşullarında daha güçlü sonuçlar üretecek şekilde desteklediği görülmüştür [20, 21, 22].

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, RF (Random Forest) modeli en düşük kapsamlı uzaklığa sahip olarak en uygun alternatif olarak belirlenmiştir. Bunu sırasıyla XGBoost, SVM, k-NN ve ANN takip etmiştir. RF modeli, doğruluk kriterinde yüksek değerler sergileyerek diğer alternatiflere kıyasla daha üstün performans göstermiştir. Ayrıca, eğitim süresi ve hesaplama maliyeti kriterlerinde düşük değerlere sahip olması, maliyet açısından avantaj sağlamış ve kapsamlı uzaklık değerinin düşük çıkmasına katkıda bulunmuştur (bakınız Tablo 8). Yorumlanabilirlik ve belirsizlik yönetimi kriterlerinde dengeli performans göstermesi de modelin genel başarısını desteklemiştir. İkinci sırada yer alan XGBoost modeli ise yüksek doğruluk sağlamasına rağmen eğitim süresi ve hesaplama maliyeti kriterlerinde RF'ye göre daha yüksek değerlere sahiptir, bu da maliyet ve zaman açısından dezavantaj oluşturmıştır. Belirsizlik yönetimi açısından da RF'nin gerisinde kalan XGBoost, kapsamlı uzaklık değerinin RF'ye kıyasla daha yüksek olmasına neden olmuş ve ikinci sırada yer almıştır. Bu sıralama, yapay zeka modellerinin performans, hesaplama maliyeti, yorumlanabilirlik ve belirsizlik yönetimi gibi kriterler ekseninde dengeli bir şekilde değerlendirildiğinde ortaya çıkarmıştır. Ayrıca farklı sektörlerde kullanılan diğer bulanık ÇKKV yöntemlerinin de benzer uygulamalarda tutarlı sıralama sonuçları ürettiği literatürde rapor edilmiştir [23].

Literatürde çok kriterli karar verme yöntemleri, mühendislikten tedarik zincirine, insan kaynakları seçiminden stratejik planlamaya kadar geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bu yöntemlerin etkinliği, kriter ağırlığı ve değerlendirme sürecinde belirsizliğin modellenmesi ile ilişkilendirilmiştir [24]. Özellikle bulanık yöntemler, belirsiz uzman yargılarını sayısal çıktılara dönüştürerek karar süreçlerini daha objektif ve tekrarlanabilir hale getirmektedirler.

Bu çalışmanın bulguları, yapay zeka modeli seçimi gibi karmaşık karar problemlerinde bulanık COBRA yönteminin etkili bir karar destek aracı olarak değerlendirilebileceğini ortaya koymuştur. RF modelinin en yüksek performansı göstermesi, yalnızca doğruluk odaklı bir değerlendirme değil; aynı zamanda eğitim süresi, maliyet ve belirsizlik gibi ölçütlerin dengeli bir şekilde ele alındığı bir değerlendirmeye dayanmıştır. Bu sonuç; hem literatürdeki diğer çok kriterli karar verme uygulamalarıyla tutarlı bir yaklaşım sergilemiş hem de metodun yapısal esnekliğini göstermiştir [25].

Elde edilen bulgular ışığında, çalışma kapsamında aşağıdaki öneriler ileri sürülebilir.

- Metodolojik Geliştirme: Bu çalışmada üçgen Tip-1 bulanık sayılar kullanılmıştır. Gelecekte daha karmaşık bulanık genellemeler (ör. Pisagor, Küresel bulanık kümeler) ile yöntem genişletilerek farklı belirsizlik düzeylerinin nasıl etki ettiği incelenebilir.
- Uygulama Alanı Çeşitlendirme: Yapay zeka modeli seçimi dışındaki diğer stratejik karar problemlerine (örneğin teknoloji yatırım seçimleri, tedarikçi değerlendirme) bulanık COBRA metodunun uygulanması literatüre yeni katkılar sağlayabilir.
- Karşılaştırmalı Çalışmalar: Aynı çerçevede elde edilen sonuçların başka ÇKKV yöntemleriyle karşılaştırılması, metodolojik geçerliliğin daha kapsamlı değerlendirilmesine imkân tanıyacaktır. Bu yaklaşım, farklı yöntemlerin performansını nesnel şekilde ortaya koyabilir.

Bu çalışma bazı konularda sınırlıdır ve elde edilen bulgular belirli kısıtlar altında yorumlanmalıdır. Araştırmamızın sınırlılıkları aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Uzman Sayısı ve Seçimi: Çalışmada yalnızca 4 uzmanın görüşleri alınmıştır. Daha geniş bir uzman grubu daha güvenilir sonuçlar sağlayabilir.
- Kriter ve Alternatif Sayısı: Çalışmada 5 kriter ve 5 alternatif ile sınırlı bir değerlendirme yapılmıştır. Farklı kriter veya alternatiflerin eklenmesi sıralamaları etkileyebilir.
- Bulanık Sayı Tipi: Çalışmada yalnızca üçgen Tip-1 bulanık sayılar kullanılmıştır. Tip-2 veya diğer bulanık sayı tipleri farklı sonuçlar verebilir.
- Veri Toplama Yöntemi: Çalışmada uzman değerlendirmeleri dilsel ifadeler üzerinden alınmış olup subjektif algılar sonuçları etkileyebilir.
- Uygulama Alanı: Çalışma yalnızca yapay zeka modellerinin değerlendirilmesine odaklanmış olup farklı uygulama alanlarında sonuçlar değişebilir.
- Zaman ve Kaynak Kısıtları: Veri toplama ve analiz süreci sınırlı zaman ve kaynaklarla gerçekleştirilmiş olup bu durum çalışmanın kapsamını etkileyebilir.

Etik beyan

“Bu çalışmada insan veya hayvan denekleri üzerinde herhangi bir deneysel uygulama gerçekleştirilmemiştir. Çalışma kapsamında kullanılan veriler, akademisyenler ve ilgili sektörde görev yapan uzmanlardan gönüllülük esasına dayalı olarak, anonim ve kişisel veri içermeyecek şekilde elde edilmiştir. Bu nedenle çalışma için etik kurul onayı veya etik beyan gerekmemektedir. Bununla birlikte, araştırma süreci bilimsel araştırma ve yayın etiği ilkelerine uygun olarak yürütülmüştür.”

KAYNAKLAR

- [1]. Maček, D., Magdalenic, I., & Ređep, N. B. (2020). A systematic literature review on the application of multicriteria decision making methods for information security risk assessment. *International Journal of Safety and Security Engineering*, 10(2), 161-174. <https://doi.org/10.18280/ijssse.100202>
- [2]. Matejová, M., & Paralič, J. (2025). A Multi-Criteria Decision-Making Approach for the Selection of Explainable AI Methods. *Machine Learning and Knowledge Extraction*, 7(4), 158. <https://doi.org/10.3390/make7040158>
- [3]. Joonbakhsh, A., Rostami, A., Kamalinia, A., Nazeri, A., Khunjush, F., Tekinerdogan, B., & Farshidi, S. (2025). Evidence-Driven Decision Support for AI Model Selection in Research Software Engineering. *arXiv preprint arXiv:2512.11984*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2512.11984>
- [4]. Öztürk, M. (2025). A Hybrid Approach for Battery Selection Based on Green Criteria in Electric Vehicles: DEMATEL-QFD-Interval Type-2 Fuzzy VIKOR. *Sustainability*, 17(14), 6277. <https://doi.org/10.3390/su17146277>
- [5]. Popović, G., Pucar, Đ., & Smarandache, F. (2022). MEREC-COBRA approach in e-commerce development strategy selection. *Journal of process management and new technologies*, 10(3-4), 66-74. <https://doi.org/10.5937/jpmnt10-41073>
- [6]. Tadić, S., Krstić, M., & Radovanović, L. (2024). Assessing strategies to overcome barriers for drone usage in last-mile logistics: A novel hybrid fuzzy MCDM model. *Mathematics*, 12(3), 367. <https://doi.org/10.3390/math12030367>
- [7]. Rani, P., Mishra, A. R., Tirkolaee, E. B., Alshamrani, A. M., & Alrasheedi, A. F. (2025). Pythagorean fuzzy comprehensive distance-based ranking approach for assessing industry 4.0 adoption strategies in the automotive manufacturing sector. *Advanced Engineering Informatics*, 65, 103359. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2025.103359>
- [8]. Razak, S. A., Rodzi, Z. M., Al-Sharqi, F., & Ramli, N. (2025). Revolutionizing decision-making in E-Commerce and IT procurement: an IVPNS-COBRA linguistic variable framework for enhanced multi-criteria analysis. *International Journal of Economic Sciences*, 14(1), 1-31. <https://doi.org/10.31181/ijes1412025176>
- [9]. Ahmadi Pargo, T., & Hashemkhani Zolfani, S. (2025). Developing an Expert System for Hardware Selection in Internet of Things-Based System Design: Grey ITARA-COBRA Approach (With an Example in the Agricultural Domain). *Information*, 16(6), 425. <https://doi.org/10.3390/info16060425>
- [10]. Samanlıoğlu, F., Küp, E. T., Sarıhan, S. A., & Gün, A. (2025). Smartphone Selection with HF-MEREC-COBRA and HF-MEREC-TOPSIS. *Journal of Intelligent & Fuzzy Systems*, 18758967251376599. <https://doi.org/10.1177/18758967251376599>
- [11]. Ünal, E. A. (2025). Kasko Üretimi Yapan Sigorta Şirketlerin Performansının Hibrit ÇKKV Modeli ile Değerlendirilmesi. *Verimlilik Dergisi*, 59(1), 77-100. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1530339>
- [12]. Taşci, M. (2024). Measuring sustainability performance with SWARA-MEREC-COBRA multi-criteria model: A case study of Anadolu insurance company. *Decision Science Letters*, 13(4), 829-844. [10.5267/j.dsl.2024.8.008](https://doi.org/10.5267/j.dsl.2024.8.008)

- [13]. Sumrit, D. (2024). Enhancing readiness degree for Industrial Internet of Things adoption in manufacturing enterprises: An integrated Pythagorean fuzzy approach. *Heliyon*, 10(20).
- [14]. Ulutaş, A., Balo, F., & Topal, A. (2023). A new hybrid MCDM method for optimizing natural stone selection for building envelopes. *Revista de la construcción*, 22(3), 646-660. <http://dx.doi.org/10.7764/rdlc.22.3.646>
- [15]. Deniraraslan, P. Ç. (2023). *Resim bulanık (Picture fuzzy) küme tabanlı çok kriterli karar verme yaklaşımı ve uygulamaları*. Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi, Türkiye.
- [16]. Krstić, M., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., & Tadić, S. (2022). Evaluation of the smart reverse logistics development scenarios using a novel MCDM model. *Cleaner Environmental Systems*, 7, 100099. <https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100099>
- [17]. Popović, G., Pucar, Đ., & Smarandache, F. (2022). MEREC-COBRA approach in e-commerce development strategy selection. *Journal of process management and new technologies*, 10(3-4), 66-74. <https://doi.org/10.5937/jpmnt10-41073>
- [18]. Krstić, M., Agnusdei, G. P., Miglietta, P. P., Tadić, S., & Roso, V. (2022). Applicability of industry 4.0 technologies in the reverse logistics: a circular economy approach based on comprehensive distance based ranking (COBRA) method. *Sustainability*, 14(9), 5632. <https://doi.org/10.3390/su14095632>
- [19]. Erdebilli, B., & Weber, G. W. (2022). *Multiple Criteria Decision Making with Fuzzy Sets*.
- [20]. Ulu, S., & Erden, F. (2025). Bir Gıda İşletmesinde Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri İle Tedarikçi Seçimi: Makarna Sanayi Örneği. *Verimlilik Dergisi*, 59(2), 267-288. <https://doi.org/10.51551/verimlilik.1602408>
- [21]. Çalık, A. (2022). Bulanık AHP-Bulanık ARAS yöntemlerine dayalı dayanıklı tedarikçi seçimi. *İstanbul Gelişim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(2), 275-296. <https://doi.org/10.17336/igusbd.798775>
- [22]. Öztürk, M., Torğul, B., & Paksoy, T. (2022). Interval Type-2 Fuzzy Rule-Based Bwm Approach for Sustainable Supplier Selection. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 10(2), 312-336. <https://doi.org/10.36306/konjes.991295>
- [23]. İşci, H., Baykara, Z., & Tülüce, B. (2024). Bulanık TOPSIS ve bulanık AHP yöntemleri ile risk analizi örneği. *ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(1), 28-45. <https://doi.org/10.46740/alku.1316669>
- [24]. R Hindi, K., El-Assal, A., & Sabry, I. (2022). Multi-criteria decision making methods comparative analysis in Fuzzy Environment: Article review. *Benha Journal of Applied Sciences*, 7(5), 227-235. [10.21608/bjas.2022.260612](https://doi.org/10.21608/bjas.2022.260612)
- [25]. Kahraman, C., Onar, S. C., & Oztaysi, B. (2015). Fuzzy multicriteria decision-making: a literature review. *International journal of computational intelligence systems*, 8(4), 637-666. <https://doi.org/10.1080/18756891.2015.1046325>

STEAM YAKLAŞIMININ BİLİŞİM EĞİTİMİNDEKİ ROLÜ**Ayten Memmedova****Orcid 0000-0001-9168-6113**

Azerbaycan Cumhuriyeti Bilim ve Eğitim Bakanlığı

Lenkeran Devlet Üniversitesi

Bilişim (İnformatik) Öğretmeni

ÖZET

Günümüzde dijitalleşmenin ve inovasyonların hızla gelişmesi, eğitim sisteminde yeni pedagojik yaklaşımların uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) yaklaşımı, bilişim dersinde öğrencilerin yalnızca teknik bilgi edinmelerini değil, aynı zamanda yaratıcı, analitik ve eleştirel düşünme becerilerinin geliştirilmesini sağlayan önemli bir model olarak öne çıkmaktadır. STEAM yaklaşımı, bilişimin diğer disiplinlerle bütünleşmesine olanak tanımakta; gerçek yaşam problemlerinin programlama ve teknolojik araçlar yoluyla çözülmesini teşvik etmektedir.

Azerbaycan'da yürütülen eğitim reformları çerçevesinde STEAM yaklaşımının uygulanması, özellikle ortaöğretim kurumlarında bilişim eğitiminin niteliğinin artırılması, öğrencilerin dijital okuryazarlıklarının geliştirilmesi ve 21. yüzyıl becerilerinin kazandırılması açısından büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda okullarda robotik, algoritmik düşünme, kodlama ve proje tabanlı öğrenme etkinliklerinin yaygınlaşması, STEAM yaklaşımının pratikteki uygulamalarına örnek teşkil etmektedir. Bu yaklaşım, öğrencilerin yenilikçi düşünme becerilerini güçlendirmekte; ekip çalışması, iletişim ve problem çözme yetkinliklerini geliştirmektedir.

Sonuç olarak, STEAM yaklaşımının bilişim eğitime entegrasyonu; Azerbaycan'da rekabetçi insan kaynağının yetiştirilmesi, dijital ekonominin gereksinimlerine uygun nitelikli bireylerin hazırlanması ve eğitimin uluslararası standartlara uyumunun sağlanması açısından stratejik bir öneme sahiptir. Bu yaklaşımın sistemli ve sürdürülebilir biçimde uygulanması, bilişim eğitiminin içerik ve yöntem açısından daha etkili bir şekilde yapılandırılmasına olanak sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: STEAM yaklaşımı, bilişim eğitimi, dijital okuryazarlık, bütünleşik eğitim, yenilikçi eğitim, 21. yüzyıl becerileri

GİRİŞ

Eğitim alanı çok yönlü ve karmaşık bir olgudur. Eğitim, hem bir sosyal kurum, hem manevi yaşamın özel bir alanı, kültürün taşıyıcısı ve aktarıcısı, hem de maddi yaşamın sosyo-kültürel alanının ayrılmaz bir parçasıdır. Eğitim yalnız bilgi aktarımını ve öğrenimini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda öğrencilerin kişiliklerinin şekillenmesi, değerlerin benimsenmesi ve toplumun entelektüel gelişimine katkı sağlama işlevini de taşır.

Eğitim alanında yeniliklerin uygulanması, öncelikle küresel ekonomide meydana gelen değişiklikler, teknolojik ilerlemeler ve toplumun makro düzeyde eğitim kurumlarının dönüşümü ve modernizasyonuna yönelik taleplerle ilgilidir. Bu değişiklikler aynı zamanda eğitim sisteminde dijitalleşme, modern öğretim yöntemlerinin uygulanması ve disiplinler arası entegrasyon gibi yaklaşımların hızla gelişmesini gerektirir. Sonuç olarak, eğitim ve bilimin entegrasyonu bugün daha güncel ve önemli bir gereklilik haline gelmiştir.

Tüm eğitim düzeylerine yeniliklerin entegrasyonuna dayalı olarak ulusal eğitim kurumlarında gerçekleştirilen reformlar, eğitim sisteminin modernizasyonunu ve verimliliğinin artırılmasını sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda sosyal yeniliklerin temel kavramsal ilkelerinin anlaşılmasını da zorunlu kılmaktadır.

Bu yaklaşım hem öğretmenlerin mesleki gelişimini hem de öğrencilerin yaratıcı ve eleştirel düşünme becerilerini güçlendirir; onların yenilikçi projelere katılımını ve gelecekte dijital ve teknolojik alanlarda aktif bir şekilde faaliyet göstermelerini sağlar.

Son yıllarda eğitim alanında birçok yenilik hayata geçirilmiştir. Bu yenilikler, öğretim sürecinin modernizasyonuna, öğrenci merkezli yaklaşımın güçlendirilmesine ve dijital kaynakların daha verimli kullanılmasına hizmet etmektedir. Modern öğretim yöntemlerinin uygulanması, öğretmenlerin mesleki gelişim programları ve teknoloji temelli projelerin yaygınlaştırılması, eğitimin kalitesinin artırılmasına önemli katkı sağlamaktadır. Bu değişiklikler sonucunda öğrenciler bilgileri yalnızca ezberlemekle kalmayıp, pratik faaliyetler ve projeler aracılığıyla öğrenir, bağımsız düşünme ve problem çözme becerilerini geliştirirler. Bu yeniliklerden biri de **STEAM eğitim modelidir**. Bu model, eğitim sistemimize yayılmış olup hem genel eğitim okullarında hem de çeşitli pilot projelerde uygulanmaktadır. STEAM yaklaşımı ders içeriklerine entegre edilir, öğretmenler bu yönde özel eğitimlerden geçer ve öğrenciler proje temelli faaliyetlerde aktif olarak yer alır. Bu süreç, öğretimi daha ilgi çekici ve pratik hale getirirken, öğrencilerin gelecekteki meslek ve teknolojik trendlere uygun beceriler kazanmalarına da olanak sağlar.

Azerbaycan Cumhuriyeti Birinci Başkan Yardımcısı Mehriban Aliyeva'nın girişimi ve Eğitim ve Bilim Bakanlığı Eğitim Enstitüsü'nün desteğiyle 2019–2020 öğretim yılından itibaren hayata geçirilen “**STEAM Azerbaijan**” projesi ile “**Dijital Beceriler**” ve diğer programların uygulanması, ülkede STEAM eğitimine olan ilgiyi önemli ölçüde artırmıştır.

2019 yılından itibaren birçok okulda STEAM projelerinin uygulanmasına başlanmıştır. Bu programlar kapsamında pilot okullarda STEAM merkezleri kurulmuş ve öğretim, yenilikçi yöntemlerle organize edilmiştir.



Şekil 1. Steam Yaklaşımı

Kaynak <https://moderator.az/az/ekskluziv/626381/azerbaycanda-steam-tehsil-modeli-biz-nede-geri-qaliriq-arasdirma/>

Pilot okullarda öğrenciler, proje tabanlı öğrenme modeli aracılığıyla robot teknolojileri, programlama ve bilimsel araştırmalara katılmakta; aynı zamanda dijital okuryazarlık, programlama ve mühendislik konularında eğitimlere dahil edilmektedir. Böyle ki, **STEAM** — *Science (Fen)*, *Technology (Teknoloji)*, *Engineering (Mühendislik)*, *Art (Sanat)* ve *Mathematics (Matematik)* kelimelerinin baş harflerinden oluşan bütünleşik bir eğitim modelidir. Bu yaklaşım, farklı dersleri birbirine bağlayarak öğrencilerin eleştirel düşünme, yaratıcı yaklaşım, problem çözme ve ekip çalışması becerilerini geliştirmeyi hedefler. STEAM eğitiminde teorik bilgiler, gerçek hayattan alınan projeler ve pratik görevlerle birleştirilir; öğrenciler robotik, programlama, mühendislik yapıları, bilimsel araştırmalar ve yaratıcı tasarım gibi etkinlikler aracılığıyla öğrenirler. Bu model, öğrencilerin geleceğin mesleklerine hazırlık açısından yenilikçi düşünme yetilerini ve dijital okuryazarlık becerilerini güçlendirir.

Diğer derslerde olduğu gibi, STEAM yaklaşımının **informatik dersi** üzerindeki uygulanması da büyük önem taşır. Bu model, bilgisayar derslerini yalnızca programlama kurallarının öğretilmesi ile sınırlamaz, aynı zamanda öğrencilerin gerçek problemlere teknolojik çözümler geliştirmelerine olanak sağlar. Proje tabanlı görevler, robotik, dijital tasarım ve simülasyonlar aracılığıyla öğrenciler hem mantıksal hem de yaratıcı düşünme becerilerini geliştirir. Sonuç olarak, bilgisayar dersleri daha pratik, etkileşimli ve motive edici hâle gelir.

STEAM aracılığıyla bilgisayar bilimlerine ait bilgi ve becerilerin geliştirilmesi, **dersler arası entegrasyon** temeline dayanır. Bu amaçla, fen bilimleri, teknoloji, mühendislik, sanat ve matematik alanlarına ait konular ve problemler üzerinde bütünleşik yaklaşımlar kullanılabilir.

Bilgisayar bilimi dersi, öncelikle öğrencilerin Azerbaycan dili, yaşam bilgisi ve fen bilimlerinden edindikleri bilgi ve becerilere dayanır. Örneğin, nesneler, onların özellikleri ve işlevleri açıklanırken isim, sıfat ve fiillere benzetmeler yapılabilir; Dünya üzerinde meydana gelen süreçler ise örnek olarak gösterilebilir.

Öğretim süreci, esas olarak matematik ve fen bilimleri (fizik, biyoloji, coğrafya) ile entegrasyon halinde yürütülür. Bu entegrasyon şu şekillerde uygulanır:

- Matematiksel fonksiyonların görselleştirilmesi ve formüllere dayanarak benzer problemleri çözen programların yazılması;
- Geometrik teoremlerin grafiksel olarak ispatlanması;
- Elektronik cihaz ve donanımların yapısında kullanılan kimyasal maddeler ve reaksiyonlar;
- Cihazların çalışması için uygulanan fiziksel olaylar ve yasalar (örneğin, CRT monitörlerde katottan çıkan elektronun kinetik enerjisi ekrana çarptığında potansiyel enerjiye dönüşür ve ekranı kaplayan fosfor sayesinde yeşil ışık noktası oluşarak pikselin yanmasına neden olur);
- CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri) sistemlerinde coğrafi koordinatların uygulanması.

Bunun yanı sıra, bilgi teknolojilerinin gelişim tarihinden bahsedilirken tarih dersi ile de entegrasyon sağlanır.

Ayrıca, bilgisayar bilimi dersini farklı alanlarla ilişkilendirmek mümkündür:

- Günlük yaşamda ve çeşitli ekonomik alanlarda (bilim, finans, sanat, spor vb.) bilgisayar teknolojilerinin uygulanmasını öğrencilerle tartışmak;
- Çevre ile ilgili bazı problemlerin çözümünde bilgi teknolojilerinin (BT) kullanım olanaklarını tartışmak;
- Farklı kültürlerin bilgisayar bilimine katkılarını araştırmak;
- Çeşitli meslek uzmanlarını derslere davet ederek, kendi alanlarında bilgi teknolojilerinin uygulanmasını tartışmak;
- Bilim müzeleri, sergiler ve araştırma ile üretim merkezlerine geziler düzenleyerek, bilgi teknolojilerinin gerçek uygulamalarını gözlemlemek;
- Farklı yazılım programlarını kullanarak, çeşitli ekonomik alanlara ait kavram ve yöntemlerle farklı problemleri çözmek;
- Mantıksal ve algoritmik bilgi ve becerileri geliştiren, çeşitli problem çözme yöntemleri gerektiren bilgi yarışmalarına katılmak (örneğin, programlama olimpiyatları, robotik yarışmalar, start-up yarışmaları).

Bunun sonucunda öğrenciler yalnız teorik bilgi edinmekle kalmaz, aynı zamanda pratik becerilerini de geliştirir, farklı dersler arası bağlantıları ve STEAM prensiplerini gerçek

projelerde uygulamayı öğrenirler. Bu yaklaşım, onların problem çözme, yaratıcı düşünme, ekip çalışması, analitik ve dijital becerilerini geliştirir ve aynı zamanda gelecekte bilimsel, teknolojik ve yenilikçi alanlarda faaliyet göstermeye hazırlık sağlar.

Umuyoruz ki, bu yaklaşımlar eğitim sisteminde yenilikçi öğretim yöntemlerinin uygulanmasını hızlandıracak, öğrencilerin hem teorik hem de pratik bilgi ve becerilerinin gelişimine, yaratıcı, eleştirel ve analitik düşünme yetilerinin oluşmasına katkı sağlayacaktır. Bu yaklaşımlar, eğitim sürecini daha ilgi çekici, pratik ve amaç odaklı hâle getirir, öğrencileri 21. yüzyılın zorluklarına hazırlar. Aynı zamanda, STEAM ve dersler arası entegrasyon prensiplerinin uygulanması, gelecek nesillerin dijital okuryazarlık, teknolojik hazırlık ve sosyal sorumluluk açısından donanımlı bireyler olarak yetişmesini sağlayacaktır.

ABSTRACT

In the modern era, the rapid development of digitalization and innovation has made it necessary to implement new pedagogical approaches in the education system. In this context, the STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) approach emerges as an important model in informatics education, as it not only enables students to acquire technical knowledge but also fosters the development of creative, analytical, and critical thinking skills. The STEAM approach facilitates the integration of informatics with other disciplines and encourages the solution of real-life problems through programming and technological tools. Within the framework of educational reforms in Azerbaijan, the implementation of the STEAM approach is particularly significant in terms of enhancing the quality of informatics education in general secondary schools, developing students' digital literacy, and cultivating 21st-century skills. In recent years, the expansion of activities such as robotics, algorithmic thinking, coding, and project-based learning in schools has served as a practical example of the application of the STEAM approach. This approach strengthens students' innovative thinking and improves their teamwork, communication, and problem-solving skills. In conclusion, the integration of the STEAM approach into informatics education plays a strategic role in developing competitive human capital, preparing qualified individuals in line with the requirements of the digital economy, and aligning education with international standards in Azerbaijan. The systematic and sustainable implementation of this approach enables a more effective organization of informatics education in terms of both content and methodology.

Keywords: STEAM approach, informatics education, digital literacy, integrated education, innovative education, 21st-century skills

Kaynaklar

Cavadov, E. M. (2024). *STEAM İnteraktif eğitim* [Ders kitabı]. Bakü: Müəllim.

- Daşdemirov, A. (2025, 18 Ekim). STEAM eğitim yöntemi: Eğitimde yeniliğin gerekliliği ve uluslararası deneyimler. *Azərbaycan Müəllimi*. Erişim adresi: <https://www.muallim.edu.az/news/steam-tehsilmetodu-tehsilde-innovasiyanin-zerureti-ve-beynelxalq-tecrubeler-671218197e1c71ee03d091d9>
- Fetullayev, V. (2024, 25 Eylül). STEAM ve STEM eğitimlerinin farklı yönleri. *Pedaqoq.az*. Erişim adresi: <https://pedaqoq.az/?p=1153>
- Hemzeyev, V. (2020, 28 Aralık). STEAM nedir ve Azerbaycan'da STEAM eğitiminin amaçları. *İki Sahil*. Erişim adresi: <https://ikisahil.az/post/steam-nedir-ve-azerbaycanda-steam-tehsilin-meqsedleri>
- Azerbaycan Eğitim Bakanlığı. (2021). *Yükseköğretim kurumlarının gelişim stratejisi*. Bakü: Eğitim Bakanlığı Yayınları.
- Khalilov, T., Aliyev, V., Guliyeva, M., & Babayeva, M. (2024). Yükseköğretimde stratejik yönetim mekanizmaları, yönleri ve işlevleri. *Pakistan Journal of Life and Social Sciences*, 22(2), 12146–12162.

**ALGORİTMALARIN GÜCÜ ADINA, GÜÇ BENDE:
EĞİTİM VE DEMOKRASİNİN YAPAY ZEKAYLA İMTİHANI****Feyzullah ELAGÖZ**Gaziantep University, Institute of Education, Department of Social Studies, 27310 Şehitkamil,
Gaziantep**ORCID:** 0009-0003-8946-9162**Prof. Dr. Bülent ALAGÖZ**Gaziantep University, Institute of Education, Department of Social Studies, 27310 Şehitkamil,
Gaziantep**ORCID:** 0000-0001-9158-0036**ÖZET**

Yapay zekâ (YZ), günümüzde hem eğitim sistemlerini hem de demokratik süreçleri dönüştüren en güçlü teknolojik araçlardan biri olarak öne çıkmaktadır. Eğitimde YZ, kişiselleştirilmiş öğrenme, otomatik değerlendirme, veri temelli müfredat geliştirme ve öğretmenlere destek sağlayan dijital asistanlar gibi yenilikler sunmaktadır. Bu gelişmeler, öğrenme süreçlerini hızlandırırken aynı zamanda öğrencilerin eleştirel düşünme ve sorgulama becerilerini zayıflatma riski taşımaktadır. Büyük şirketler, YZ tabanlı eğitim platformlarını küresel ölçekte pazarlarken veriyi merkezileştirmekte ve kullanıcı davranışlarını ticari çıkarlar doğrultusunda yönlendirmektedir. Bu durum, eğitimde fırsat eşitliği yerine piyasa mantığının hâkim olmasına yol açabilmekte, öğrencilerin öğrenme deneyimlerini şirketlerin algoritmik tercihleri şekillendirmektedir.

Demokrasi açısından YZ, kamuoyunun oluşumunda ve siyasal süreçlerin yönetiminde kritik bir rol üstlenmektedir. Büyük devletler, YZ'yi ulusal güvenlik, seçim süreçlerinin gözetimi, dezenformasyonla mücadele ve toplumsal kontrol için kullanmaktadır. Bazı ülkeler YZ destekli gözetim sistemleriyle vatandaş davranışlarını izlerken, diğerleri seçim güvenliği ve şeffaflık adına algoritmalar geliştirmektedir. Ancak bu uygulamalar, demokratik değerler açısından çelişkili sonuçlar doğurabilir: şeffaflığı artırma potansiyeli kadar, ifade özgürlüğünü sınırlama ve toplumsal çeşitliliği azaltma riski de taşır.

Sonuç olarak, YZ'nin eğitim ve demokrasiye etkisi, onu kullanan aktörlerin niyetleriyle doğrudan bağlantılıdır. Büyük şirketler ekonomik çıkarları, büyük devletler ise siyasi ve güvenlik önceliklerini öne çıkarırken; toplumların önünde temel bir soru belirlemektedir: Yapay zekâ, özgürleştirici bir araç mı olacak, yoksa yeni bir bağımlılık ve kontrol mekanizması mı?

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, eğitim, demokrasi, büyük şirketler, büyük devletler, gözetim.

ALGORİTMALARIN GÜCÜ ADINA, GÜÇ BENDE: EĞİTİM VE DEMOKRASİNİN YAPAY ZEKAYLA İMTİHANI

GİRİŞ

Yapay zekâ (YZ), yalnızca teknik bir yenilik değil, aynı zamanda toplumsal ve siyasal düzeni yeniden şekillendiren bir güçtür. Eğitimci ve araştırmacı kimliğimle gözlemlediğim en önemli nokta, YZ'nin artık sınıfların kapısından içeri girmiş olmasıdır. Öğrencilerin öğrenme biçimleri, öğretmenlerin ders işleme yöntemleri ve kurumların karar alma süreçleri bu teknolojinin etkisiyle yeniden tanımlanmaktadır. Öğrenciler YZ tabanlı araçları ödev hazırlarken, araştırma yaparken ve hatta sınavlara çalışırken yoğun biçimde kullanmaktadır. Bu durum bana, öğrenme sürecinin artık yalnızca öğretmen merkezli olmadığını, teknolojinin doğrudan bir aktör hâline geldiğini göstermektedir. YZ'nin öğrencilerin eleştirel düşünme becerilerini geliştirmek yerine yüzeysel bilgiye yönlendirme riskini taşıdığı da görülmektedir. Bir diğer husus, öğretmenlerin ders planlarını yaparken artık müfredatın yanında YZ'nin sunduğu imkânları da hesaba katmak zorunda kalmasıdır. Bu, eğitimde pedagojik yaklaşımı kökten değiştiren bir gelişmedir. Ancak bu dönüşümün yönünü belirleyen en kritik faktör, YZ'nin kim tarafından ve hangi amaçlarla kullanıldığıdır. Büyük şirketlerin ekonomik çıkarlarını öncelemesi, büyük devletlerin ise güvenlik ve kontrol mekanizmalarını öne çıkarması, bu teknolojinin tarafsız bir araç olmadığını açıkça ortaya koymaktadır. YZ'nin özgürleştirici mi yoksa sınırlayıcı mı olacağı sorusu yalnızca teknik bir mesele değil, aynı zamanda etik ve politik bir tercihtir. Bizler eğitimciler, araştırmacılar ve vatandaşlar olarak bu tercihin nereye evrileceğini sorgulamak zorundayız (Han, 2025; Jungherr, 2023).

GELİŞME

Eğitim alanında YZ, kişiselleştirilmiş öğrenme, otomatik değerlendirme ve veri temelli müfredat geliştirme gibi yenilikler sunmaktadır (Li, 2024; Freeman, 2025). Bu gelişmeler, öğrenme süreçlerini hızlandırmakta ve öğrencilerin bireysel ihtiyaçlarına daha uygun çözümler üretmektedir. Özellikle öğrenme analitiği ve adaptif sistemler, öğrencilerin performansını anlık olarak izleyerek öğretmenlere geri bildirim sağlamak ve pedagojik kararların daha veriye dayalı alınmasına imkân tanımaktadır. Bununla birlikte, bu teknolojilerin eğitimde fırsat eşitliğini tehdit eden yönleri de bulunmaktadır. Küresel teknoloji devleri, YZ tabanlı platformları pazarlarken veriyi merkezileştirmekte ve kullanıcı davranışlarını ticari çıkarlar doğrultusunda yönlendirmektedir. Bu durum, eğitimde “dijital sömürgecilik” olarak adlandırılabilir bir tabloyu ortaya çıkarmaktadır: öğrencilerin öğrenme deneyimleri şirketlerin algoritmik tercihleriyle şekillenmekte, veri gizliliği ihlalleri artmakta ve eğitim giderek bir “pazar ürünü” ne indirgenmektedir. Akademik literatürde bu süreç, eğitimde neoliberal politikaların dijitalleşmiş bir uzantısı olarak değerlendirilmektedir.

YZ'nin sunduğu fırsatlar, şirketlerin karanlık yüzüyle birleştiğinde, öğrencilerin özgür öğrenme alanları daralmakta ve eğitim bir tüketim nesnesine dönüşmektedir. Demokratik süreçlerde ise YZ, kamuoyunun oluşumunda ve siyasal süreçlerin yönetiminde kritik bir rol üstlenmektedir. Büyük devletler, YZ'yi ulusal güvenlik, seçim süreçlerinin gözetimi, dezenformasyonla mücadele ve toplumsal kontrol için kullanmaktadır (UN News, 2024; Carnegie Endowment, 2024). Bu bağlamda YZ, bir yandan seçim güvenliğini artırma ve sahte haberleri engelleme potansiyeline sahipken, diğer yandan gözetim sistemleri aracılığıyla vatandaşların davranışlarını izleme ve ifade özgürlüğünü sınırlama riski taşımaktadır. Büyük şirketlerin karanlık yüzü burada da kendini göstermektedir: sosyal medya algoritmaları aracılığıyla kamuoyu manipülasyonu, sahte haberlerin yayılımı ve kullanıcıların politik tercihlerini yönlendirme gibi uygulamalar, demokrasiyi zayıflatmaktadır. Cambridge Analytica skandalı, bu durumun en somut örneklerinden biridir; YZ tabanlı veri analizleriyle seçmen davranışlarının manipüle edilmesi, demokratik süreçlerin kırılmasını gözler önüne sermiştir. Ayrıca, algoritmik filtre balonları ve yankı odaları, bireylerin farklı görüşlere erişimini sınırlayarak demokratik tartışma kültürünü zayıflatmaktadır. Bu tablo, YZ'nin demokratik değerler açısından çift yönlü bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir: şeffaflığı artırma ve bilgiye erişimi kolaylaştırma potansiyeli kadar, ifade özgürlüğünü sınırlama, toplumsal çeşitliliği azaltma ve kamuoyunu tek yönlü biçimde yönlendirme riski de barındırmaktadır (Bulletin of the Atomic Scientists, 2024). Dolayısıyla YZ, hem eğitimde hem de demokraside bir “çifte yüz” taşımaktadır: özgürleştirici bir araç olabileceği gibi, kontrol ve bağımlılık mekanizmasına da dönüşebilir.

BULGULAR

Eğitimde Yapay Zekâ;

Öğrenme Süreçlerinin Hızlanması: YZ, kişiselleştirilmiş öğrenme yolları ve adaptif sistemler sayesinde öğrencilerin bireysel hızlarına uygun içerik sunabilmektedir. Bu durum, özellikle farklı öğrenme stillerine sahip öğrenciler için fırsat eşitliği yaratmaktadır.

Bireysel Farklılıkların Dikkate Alınması: Öğrencilerin güçlü ve zayıf yönlerini analiz eden algoritmalar, öğretmenlere daha hedeflenmiş geri bildirim sağlamak; böylece öğretim süreçleri daha verimli hale gelmektedir.

Riskler: Büyük şirketlerin ticari çıkarları doğrultusunda geliştirilen YZ tabanlı eğitim platformları, erişim imkânı olan öğrencilerle olmayanlar arasında dijital uçurum yaratabilmektedir. Bu durum, eğitimde eşitsizlikleri artırma potansiyeline sahiptir.

Demokraside Yapay Zekâ;

Seçim Güvenliği: YZ, sahte hesapların tespiti, bot faaliyetlerinin engellenmesi ve seçim süreçlerinde şeffaflığın artırılması için önemli bir araçtır.

Dezenformasyonla Mücadele: Sosyal medya üzerinden yayılan yanlış bilgilerin hızlıca tespit edilmesi ve doğrulanması, demokratik süreçlerin korunmasına katkı sağlamaktadır.

Riskler: YZ'nin gözetim mekanizmaları, bireylerin mahremiyetini tehdit edebilir. Ayrıca algoritmaların manipülasyon amacıyla kullanılması, demokratik özgürlüklerin sınırlandırılmasına yol açabilir.

Şirketlerin Karanlık Yüzü Olarak Yapay Zeka;

Veri Sömürüsü: Büyük teknoloji şirketleri, kullanıcıların kişisel verilerini eğitim ve demokratik süreçler bahanesiyle toplayarak ekonomik kazanç elde etmektedir.

Kamuoyu Manipülasyonu: Algoritmalar aracılığıyla bilgi akışının kontrol edilmesi, toplumun yönlendirilmesine ve belirli çıkar gruplarının güç kazanmasına hizmet edebilir.

Ekonomik Bağımlılık: Eğitim kurumları ve devletler, büyük şirketlerin sunduğu YZ altyapılarına bağımlı hale geldikçe, yerel üretim ve bağımsızlık zayıflamaktadır.

Toplumsal Fayda Yerine Güç Aracı: YZ'nin potansiyeli toplumsal fayda için kullanılabilecekken, şirketlerin çıkarları doğrultusunda güç ve kontrol mekanizmasına dönüşmektedir.

SONUÇ

YZ'nin eğitim ve demokrasiye etkisi, onu kullanan aktörlerin niyetleriyle doğrudan bağlantılıdır. Büyük şirketler ekonomik çıkarlarını, büyük devletler ise siyasi ve güvenlik önceliklerini öne çıkarırken; toplumların önünde temel bir soru belirmektedir: Yapay zekâ, özgürleştirici bir araç mı olacak, yoksa yeni bir bağımlılık ve kontrol mekanizması mı? Kendi akademik gözlemlerime göre, bu sorunun cevabı toplumsal bilinç ve katılım düzeyimizde gizlidir. Eğitim ortamlarında öğrencilerin YZ tabanlı araçları kullanma biçimleri, öğretmenlerin bu araçlara yaklaşımı ve kurumların politikaları, teknolojinin hangi yönde evrileceğini belirlemektedir. Eğer bu süreç yalnızca şirketlerin ve devletlerin çıkarları doğrultusunda şekillenir ise, YZ'nin sınırlayıcı ve kontrol edici yönü baskın hâle gelecektir. Ancak sivil toplumun, akademik çevrelerin ve bireylerin aktif katılımı sağlanırsa, YZ'nin özgürleştirici potansiyeli güçlenebilir. Akademik literatürde de vurgulandığı üzere (Han, 2025; Jungherr, 2023), teknolojinin demokratikleşmesi yalnızca teknik bir mesele değil, aynı zamanda etik ve politik bir tercihtir. Bu bağlamda YZ, bir “nötr araç” olmaktan ziyade, onu kullanan aktörlerin değerleri ve amaçları doğrultusunda şekillenen bir güçtür. Eğitimde fırsat eşitliğini destekleyen politikalar geliştirilmediği takdirde, YZ'nin sunduğu kişiselleştirilmiş öğrenme imkânları yalnızca belirli grupların erişebildiği ayrıcalıklar hâline gelebilir. Benzer şekilde, demokratik süreçlerde şeffaflık ve hesap verebilirlik ilkeleri gözetilmezse, YZ gözetim ve manipülasyon mekanizmasına dönüşebilir. Dolayısıyla, YZ'nin gelecekteki rolü toplumsal bilinç, etik sorumluluk ve katılımcı politikalarla doğrudan ilişkilidir. Sonuç olarak

YZ'nin özgürleştirici yönünün ancak toplumun aktif katılımı, eleştirel farkındalığı ve etik denetim mekanizmalarıyla güçlendirilebileceğidir. Aksi hâlde, YZ'nin eğitimde eşitsizlikleri derinleştiren, demokraside ise özgürlükleri sınırlayan bir kontrol aracına dönüşmesi kaçınılmaz olacaktır.

ÖNERİLER

Şeffaflık: Algoritmaların işleyişi kamuya açık hale getirilmeli, eğitimciler ve öğrenciler sürece dahil edilmelidir.

Eşitlik: Eğitimde YZ uygulamaları, fırsat eşitliğini gözeterek tasarlanmalı; ticari çıkarların ötesinde toplumsal faydaya odaklanmalıdır.

Demokratik Denetim: Devletlerin YZ kullanımında bağımsız denetim mekanizmaları oluşturulmalı, gözetim sistemleri demokratik değerlerle uyumlu hale getirilmelidir.

Toplumsal Katılım: YZ politikalarının belirlenmesinde sivil toplum kuruluşları, akademisyenler ve vatandaşlar sürece aktif şekilde dahil edilmelidir.

Uluslararası İşbirliği: YZ'nin küresel etkileri göz önünde bulundurularak, devletler arası etik ve hukuki standartlar geliştirilmelidir.

KAYNAKÇA

- Bulut, M. A., Davarcı, M., Bozdoğan, N. K., & Sarpkaya, Y. (2024). Yapay zekânın eğitim üzerindeki etkileri. *Ulusal Eğitim Dergisi*, 4(3).
- Göz Öz, M. M. (2025). Yapay zekânın demokrasiye etkileri: Fırsatlar ve tehditler. *Akademik İzdüşüm Dergisi*, 10(2), 629–660.
- Innerarity, D. (2024). Yapay Zeka ve Demokrasi. TASAM Yayınları.
- Han, S. J. (2025). The Question of AI and Democracy: Four Categories of AI Governance. *Philosophy & Technology*, 38(83). <https://doi.org/10.1007/s13347-025-00904-6>
- Jungherr, A. (2023). Artificial Intelligence and Democracy: A Conceptual Framework. *Social Media + Society*, 9(3), 1–14. <https://doi.org/10.1177/20563051231186353>
- Ulnicane, I. (2025). Governance fix? Power and politics in controversies about governing generative AI. *Policy and Society*, 44(1), 70–84. <https://doi.org/10.1093/polsoc/puae022>
- Li, Z. (2024). Generative AI in Higher Education Academic Assignments (Master's thesis, MIT).
- Freeman, K. (2025). Perceptions of Artificial Intelligence in Higher Education (Doctoral dissertation, Seton Hall University).
- Allen, B. (2022). Towards a Framework for Teaching Artificial Intelligence in Higher Education (Doctoral thesis, Newcastle University).
- UN News. (2024). Unchecked AI threatens democracy, warns UN chief.
- Bulletin of the Atomic Scientists. (2024). How AI surveillance threatens democracy everywhere.
- Carnegie Endowment for International Peace. (2024). Can Democracy Survive the Disruptive Power of AI?.
- EdTech Wire. (2025). Top 20 AI EdTech Startups to Watch in 2025.

İLKOKULLARDA FEN EĞİTİMİ KAPSAMINDA LABORATUVAR ŞARTLARI: GÜNEYDOĞU ANADOLU BÖLGESİ ÖRNEĞİ¹

Dr. Öğr. Üyesi Memet ŞAHAN

Atatürk University, Faculty of Education, Basic Education Department, Department of Classroom Education, 25240 Erzurum.

ORCID: 0000-0002-3812-221X

Doç. Dr. Pelin METE

Atatürk University, Faculty of Education, Basic Education Department, Department of Classroom Education, 25240 Erzurum.

ORCID: 0000-0002-3075-2575

ÖZET

Son zamanlarda bilim ve teknoloji alanında yaşanan gelişmeler hızla artmaktadır. Bu hızlı artışa ayak uydurmak bilimsel süreç becerilerini ve bilgiye ulaşma yollarını bilen, araştırma-inceleme ve problem çözme becerisine hâkim bireyler yetiştirmekle mümkündür. Söz konusu beceriler de fen ve teknoloji alanında kazanılmaktadır. Eğitim kademelerinde ise temel eğitim düzeyinde fen bilimleri dersinde kazandırılmaya başlanmaktadır. Bu anlamda ilkokullarda verilen fen bilimleri dersi büyük önem taşımaktadır. Fen Bilimleri dersi öğrencilerin temel bilim kavramlarını anlamalarını, bu sayede bilimsel okuryazarlıklarını geliştirmeyi, yaşadıkları hayatta bilim ve teknolojinin ilişkisini keşfetmelerini, okulda ve okul dışında fen bilimleri ile ilgili çalışmalar yapmalarını desteklemektedir. Durum böyleyken öğrencilerin günlük hayatta karşılaştıkları olayları neden-sonuç ilişkisi içerisinde incelemelerine, düşünmelerine ve olaylar arasındaki ilişkiler için mantıksal bir çerçeve kurmalarına olanak sağlayan fen bilimleri dersinde birtakım problemler de yaşanmaktadır. Bu problemlerin kaynağının ise öğrenci, öğretmen, veliler, müfredat, eğitim-öğretim ortamı, fen eğitimi laboratuvarı ve materyal eksikliği, ders saati yetersizliği gibi çok çeşitli olduğu görülmektedir. Bu sorunlardan okullarda fen eğitimine yönelik laboratuvarların olmayışı veya olsa bile malzeme, araç-gereç eksiklikleri öğretmenlerin en çok karşılaştığı sorunlar arasında yer almaktadır. Bu anlamda bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan illerde bulunan ilkokullardaki laboratuvar şartlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda bölgede yer alan ilkokullarda görev yapan sınıf öğretmenlerine laboratuvar şartları ölçeği uygulamak suretiyle anket yapılmıştır. Uygulama sonunda 443 adet veri elde edilmiştir. Elde edilen veriler frekans analizlerine tabi tutularak laboratuvar şartlarının illere göre gösterdiği farklılıklar, tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu farklılıkların bölgedeki illerin gelişmişlik düzeylerinden ve fen eğitimine verilen önemden kaynaklandığı düşünülmekte olup, fen eğitimi konusunda oluşturulacak farkındalıkla bu farklılıkların ortadan kaldırılabilceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fen Eğitimi, İlkokul, Laboratuvar Şartları

LABORATORY CONDITIONS IN SCIENCE EDUCATION IN PRIMARY SCHOOLS: THE SOUTHEAST ANATOLIA REGION EXAMPLE

ABSTRACT

Recent developments in science and technology have been rapidly increasing. Keeping pace with this rapid increase is possible by cultivating individuals who possess scientific process skills, know how to access information, and are proficient in research, investigation, and problem-solving skills. These skills are acquired in the field of science and technology. At the educational level, these skills are beginning to be taught in science classes at the primary education level. In this sense, science classes taught in elementary schools are of great importance. Science classes help students understand basic scientific concepts, thereby developing their scientific literacy, discovering the relationship between science and technology in their lives, and supporting them in conducting science-related activities both in and out of school. However, despite this, there are certain problems in science classes, which enable students to examine and think about events they encounter in their daily lives in terms of cause and effect and to establish a logical framework for the relationships between events. The sources of these problems are seen to be diverse, including students, teachers, parents, curriculum, the educational environment, science education laboratories, lack of materials, and insufficient class hours. Among these issues, the absence of science education laboratories in schools or, even if present, the lack of materials and equipment are among the most common problems faced by teachers. In this sense, this study aims to examine the laboratory conditions in primary schools located in the provinces of the Southeastern Anatolia Region. Within this scope, a survey was conducted by applying a laboratory conditions scale to classroom teachers working in primary schools in the region. At the end of the application, 443 data were obtained. The obtained data were subjected to frequency analyses, and the differences in laboratory conditions according to provinces were determined. It is thought that these differences stem from the levels of development of the provinces in the region and the importance given to science education, and it is believed that these differences can be eliminated by raising awareness about science education.

Keywords: Science Education, Elementary School, Laboratory Conditions

GİRİŞ

Fen Eğitimi öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini kazanmaları ve problem çözme becerilerini geliştirmeleri açısından önemli görülmektedir (Balbağ ve Karaer, 2017). Çocukların doğuştan gelen merak duygusunu geliştirerek dünyayı keşfetmeleri ve karar verme becerisi kazanmalarında da oldukça önemlidir (Convertini vd., 2024). Bu becerilerin çocuklara kazandırılması da fen okuryazarlığını gerektirmektedir (Aydın Ceran, 2021).

Çocuklara fen okuryazarlığı kazandırmak da fen okuryazarı öğretmenlerin varlığıyla mümkündür. Fen okuryazarlığı konusunda uzman olan ve bilimsel süreç becerilerine hakim olan öğretmenlerin öğrencilere rol-model olarak verdikleri Fen Eğitimi onların üst düzey düşünme becerilerini geliştirmelerini ve fen okuryazarlığı hususunda yetkin olmalarını sağlayacaktır.

Öte yandan fen eğitiminin kalitesi yalnızca öğretmenlerin yetkinliğiyle değil, bunun yanında fiziksel koşullarla da ilgili olduğunu belirtmek gerekmektedir. Nitekim fen eğitiminin fen laboratuvarlarında uygulamalı olarak yapılmasının da eğitimin kalitesini artırdığını kanıtlayan çalışmalar mevcuttur (Aydın Ceran, 2021; Kılıç, 2018). Ayrıca bazı araştırmalar fen eğitiminde laboratuvar olanaklarının yetersiz olmasını fen eğitiminde öğretmenlerin karşılaştığı problemler olarak değerlendirmiştir (Balbağ ve Karaer, 2017; Demirtaş ve Demirci Güler, 2019). Bu bağlamda okullardaki fen eğitime yönelik laboratuvarların varlığı ve sahip olduğu olanaklar önem kazanmaktadır. Zira laboratuvar olanaklarının yeterli düzeyde olduğu okullarda fen eğitimi uygulamalı olarak gerçekleştirmek öğrencilerin bilimsel süreç becerilerini ve problem çözme becerilerini kazanmalarında etkili olacaktır. Bu anlamda bu çalışmada, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan ilkokullardaki laboratuvar koşullarının durumunu ve bu koşulların illere göre farklılaşıp farklılaşmadığını tespit etmek amacıyla yapılmıştır.

YÖNTEM

İlkokullarda Fen Eğitimi Kapsamında Laboratuvar Şartları: Güneydoğu Anadolu Bölgesi Örneği adlı çalışmanın yürütülmesinde nicel araştırma yöntemlerinden yararlanılmıştır. Bu bölümde evren ve örneklem, veri toplama aracı, verilerin analizi bölümleri incelenecektir.

Evren ve Örneklem: Araştırma evreni Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan illerdeki ilkokullarda görev yapan sınıf öğretmenlerden oluşmaktadır. Araştırma örneklemini araştırma evreni içerisinde seçilen, farklı evrenler için makul, asgari örneklem büyüklüğü olan 384 kişiden oluşmaktadır (Gürbüz & Şahin, 2018). Araştırmada örneklem belirlemede kartopu örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Bu kapsamda araştırma için gerekli veriler internet ortamında Google form aracılığıyla online olarak ve yüz yüze toplanmıştır.

Veri Toplama Aracı: Araştırmada ihtiyaç duyulan veriler anket tekniği ile elde edilecektir. Araştırmada kullanılan anket 2 bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümü oluşturan ve sınıf öğretmenlerinin görevli oldukları okuldaki laboratuvar şartları hakkındaki görüşlerini ölçmek amacıyla kullanılacak olan “Laboratuvar Şartları Ölçeği” 9 ifadeden; ikinci bölüm ise katılımcılara yönelik demografik ifadelerden oluşmaktadır. Ölçeklerdeki ifadeler 5’li likert şeklindedir. “Laboratuvar Şartları” ölçeğinin uyarlanmasında Uluçınar vd.’nin (2004) çalışmalarından yararlanılmıştır.

Ölçekler araştırma verilerinin toplanması amacıyla alan yazın taranarak oluşturulmuştur. Ayrıca ölçeği geliştiren araştırmacılara da ölçek kullanım izni için e-mail atılmış ve onay e-maileri alınmıştır.

Verilerin Analizi: Araştırma kapsamında toplanan veriler birtakım ön işlemlerden geçirilerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Bu amaçla verilere kayıp değer analizi ve uç değer analizi yapılmıştır. Kayıp verileri tespit etmek amacıyla yapılan analiz sonucunda veri setinde eksik veri olmadığı görülmüştür. Ardından uç değerleri tespit etmek için Mahalanobis uzaklığı incelenmiştir (Hair ve diğ., 2014). Elde edilen Mahalanobis değerlerine göre veriler arasında herhangi bir uç değer tespit edilmemiştir. Verilerin normalliğini çarpıklık ve basıklık değerlerine göre değerlendirilmiştir. Yapılan bu incelemelere göre basıklık değeri -1,063 ve çarpıklık değeri 0,298 olarak hesaplanmıştır. Kline (2016)'na göre bu değerler -2 ile +2 arasında yer alması durumunda veriler normal dağılım göstermektedir. Buradan hareketle de verilerin normal dağılıma sahip olduğu söylenebilir. Dolayısıyla verilerin analizinde parametrik testlerden ANAVO testi yapılmıştır.

BULGULAR

Bu bölümde araştırma kapsamında toplanan verilerin analiziyle elde edilen bulgular yer almaktadır. Bu bulgular; katılımcılarla ilgili demografik bulgular, ölçeklerin geçerlik ve güvenirliğini sağlamaya yönelik faktör analizi bulguları, parametrik testlerden Anova nalizi bulguları ve Post Hoc Testi bulgularıdır.

Tablo 1: Katılımcılara Ait Demografik Bulgular

Özellikler	Gruplar	f	%
Cinsiyet	Kadın	216	48,8
	Erkek	227	51,2
Yaş	18-30	84	19,0
	31-45	260	58,7
	46-59	99	22,3
Medeni durum	Bekar	114	25,7
	Evli	318	71,8
	Dul/Boşanmış	11	2,5
Eğitim durumu	Ortaöğretim	3	0,7
	Ön lisans	4	0,9
	Lisans	373	84,2
	Lisansüstü	63	14,2
Görev yaptığı il	Adıyaman	128	30,7
	Batman	31	7,0
	Diyarbakır	58	13,1
	Gaziantep	79	17,8
	Kilis	57	12,9
	Mardin	24	5,4

Siirt	23	5,2
Şanlıurfa	28	6,3
Şırnak	15	1,6

Tablo 1’de araştırmaya katılan öğretmenlere ait demografik bulgular yer almaktadır. Elde edilen değerler incelendiğinde %51,2 (227 kişi)’sinin erkeklerden oluştuğu; %58,7 (260 kişi)’sinin 31-45 yaş gurubunda olduğu; %71,8 (318 kişi)’inin evli öğretmenlerden oluştuğu; %84,2 (373 kişi)’sinin lisans mezunu olduğu; %30,7 (128 kişi)’sinin Adıyaman ilinde görev yaptığı görülmektedir.

Tablo 2: Laboratuvar şartları ölçeğine ilişkin geçerlik ve güvenirlik bulguları (AFA)

İfadeler	Faktör Yükleri	Ortak varyans	Özdeğerler	Açıklanan varyans	Cronbach Alpha
LAB_1	0,971	0,944	7,517	82,383	0,97
LAB_2	0,981	0,958			
LAB_3	0,971	0,944			
LAB_4	0,400	0,200			
LAB_5	0,982	0,960			
LAB_6	0,962	0,931			
LAB_7	0,960	0,929			
LAB_8	0,964	0,934			
LAB_9	0,815	0,718			
Kaier-Meyer-Olkin Örneklem yeterliliği ölçümü				0,936	
Bartlett’in küresellik testi	Yaklaşık ki-kare			8883,072819	
	Serbestlik derecesi			36	
	Anlamlılık			0.000	

Araştırma kapsamında veri toplamak için kullanılan laboratuvar şartları ölçeğinin geçerlik ve güvenirliğini sağlamak amacıyla yapılan Açıklayıcı Faktör Analizi (AFA) ve Cronbach Alpha güvenirlik analizi sonucu elde edilen bulgular ve örneklem yeterliliğine yönelik Kaier-Meyer-Olkin Örneklem Yeterliliği’ne (KMO) ait bulgular Tablo 2’de verilmiştir. Öncelikle Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) Örneklem Yeterliliği Ölçütü ve Bartlett Küresellik Testi incelenmiştir. KMO değerinin 0,50’nin üzerinde olması (Tabachnick ve Fidell, 2014), ve Bartlett Küresellik Testi’nin anlamlı çıkması, ölçeği oluşturan ifadelerin korelasyonlarının yeterli olduğunu göstermektedir (Pallant, 2010). Bu değerler faktör analizinin değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Tabloya göre ölçeğe ait ifadelerin faktör yüklerinin eşik değerin üzerinde olduğu görülmektedir. Nitekim faktör yüklerinin 0.40’ın üzerinde olması geçerliliği sağlama konusunda yeterli olduğu belirtilmektedir (Boateng et al., 2018). Cronbach Alpha değerinin 0.97 olarak çıkması ölçeğin güvenirliği noktasında yeterli düzeyde olduğunu göstermektedir (Hair ve diğ., 2014). Yine Tablo 2’de açıklanan varyans değeri 82,383 olarak tespit edilmiştir.

Bu değerin kabul görmesi için 0.50'nin üzerinde olması beklenmektedir. Dolayısıyla ölçme aracının ölçülmek istenen özelliği yeterli düzeyde ölçtüğü söylenebilir. Tüm bu bulgulardan hareketle ölçüm aracının yapı geçerliliğinin sağlandığını söylemek mümkündür.

Tablo 3: Görev Yaptığı İle Göre Tek Yönlü ANOVA Sonuçları

	Görev İli	Sayı (N)	Ortalama	F	P	Kabul/ Red
Laboratuvar şartları	Adıyaman	136	2,469	12,398	0.000	Kabul
	Batman	31	2,3907			
	Diyarbakır	58	2,3487			
	Gaziantep	79	2,7426			
	Kilis	57	3,8986			
	Mardin	24	2,4398			
	Siirt	23	2,8261			
	Şanlıurfa	28	1,9802			
	Şırnak	7	2,5238			
Post Hoc Testi*						
	Görev ili	Ortalama fark	P			
Adıyaman	Batman	0,07827	1.00			
	Diyarbakır	0,1203	1			
	Gaziantep	-0,27366	0,92			
	Kilis	-1,42968*	0			
	Mardin	0,02914	1.00			
	Siirt	-0,35713	0,976			
	Şanlıurfa	0,4888	0,782			
	Şırnak	-0,05486	1.00			
Batman	Adıyaman	-0,07827	1.00			
	Diyarbakır	0,04202	1.00			
	Gaziantep	-0,35194	0,967			
	Kilis	-1,50795*	0			
	Mardin	-0,04913	1.00			
	Siirt	-0,43541	0,976			
	Şanlıurfa	0,41052	0,977			
	Şırnak	-0,13313	1.00			
Diyarbakır	Adıyaman	-0,1203	1.00			
	Batman	-0,04202	1.00			
	Gaziantep	-0,39396	0,814			
	Kilis	-1,54998*	0			
	Mardin	-0,09116	1.00			
	Siirt	-0,47743	0,919			
	Şanlıurfa	0,3685	0,974			
	Şırnak	-0,17515	1.00			
Gaziantep	Adıyaman	0,27366	0,92			
	Batman	0,35194	0,967			

	Diyarbakır	0,39396	0,814
	Kilis	-1,15602*	0
	Mardin	0,3028	0,993
	Siirt	-0,08347	1.00
	Şanlıurfa	0,76246	0,248
	Şırnak	0,21881	1.00
Kilis	Adıyaman	1,42968*	0
	Batman	1,50795*	0
	Diyarbakır	1,54998*	0
	Gaziantep	1,15602*	0
	Mardin	1,45882*	0
	Siirt	1,07255*	0,043
	Şanlıurfa	1,91848*	0
	Şırnak	1,37483	0,261
Mardin	Adıyaman	-0,02914	1.00
	Batman	0,04913	1.00
	Diyarbakır	0,09116	1.00
	Gaziantep	-0,3028	0,993
	Kilis	-1,45882*	0
	Siirt	-0,38627	0,993
	Şanlıurfa	0,45966	0,968
	Şırnak	-0,08399	1.00
Siirt	Adıyaman	0,35713	0,976
	Batman	0,43541	0,976
	Diyarbakır	0,47743	0,919
	Gaziantep	0,08347	1.00
	Kilis	-1,07255*	0,043
	Mardin	0,38627	0,993
	Şanlıurfa	0,84593	0,46
	Şırnak	0,30228	1.00
Şanlıurfa	Adıyaman	-0,4888	0,782
	Batman	-0,41052	0,977
	Diyarbakır	-0,3685	0,974
	Gaziantep	-0,76246	0,248
	Kilis	-1,91848*	0
	Mardin	-0,45966	0,968
	Siirt	-0,84593	0,46
	Şırnak	-0,54365	0,994
Şırnak	Adıyaman	0,05486	1.00
	Batman	0,13313	1.00
	Diyarbakır	0,17515	1.00
	Gaziantep	-0,21881	1.00
	Kilis	-1,37483	0,261
	Mardin	0,08399	1.00
	Siirt	-0,30228	1.00
	Şanlıurfa	0,54365	0,994

*: Scheffe'ye göre kıyaslama yapılmıştır.

Tablo 3'te laboratuvar şartlarının öğretmenlerin görev yaptıkları illere göre farklılaşıp farklılaşmadığını tespit etmek amacıyla yapılan Tek Yönlü ANOVA Analizi sonucu elde edilen bulgular yer almaktadır. Bu bulgulara göre laboratuvar şartları Güneydoğu Anadolu Bölgesi'ndeki okullarda farklılık göstermektedir. Bu farklılığın hangi iller arasında olduğunu tespit etmek için yapılan Post Hoc testine göre laboratuvar şartlarının Kilis'teki okullarda farklılaştığını söylemek mümkündür.

SONUÇ

Bu çalışma Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan illerde yer alan ilkokullardaki Fen Eğitimi'ne yönelik laboratuvar şartlarını incelemek amacıyla yapılmıştır. Zira Fen Eğitimi'nin laboratuvarında uygulamalı olarak yapılmasının eğitimin verimliliği hususunda önemli olduğu bilinmektedir (Aydın Ceran, 2021; Kılıç, 2018). Bu kapsamda veriler Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer alan 9 ilde (Adıyaman, Batman, Diyarbakır, Gaziantep, Kilis, Mardin, Siirt, Şanlıurfa ve Şırnak) bulunan ilkokullarda görev yapan sınıf öğretmenlerinden Google form aracılığıyla online ve yüz yüze toplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda elde edilen demografik bulgular araştırmaya katılan sınıf öğretmenlerinin çoğunluğunun erkeklerden oluştuğu, 31-45 yaş grubunda, evli ve lisans mezunu oldukları tespit edilmiştir. Bu sonucun, verilerin genellikle şehir merkezlerindeki okullarda görev yapan öğretmenlerden toplanmasından kaynaklandığı söylenebilir. Zira şehir merkezlerindeki öğretmenlerin hizmet puanından dolayı yaş ortalaması yüksek ve dolayısıyla bu öğretmenler evli olduğu düşünülebilir. Öğretmenlerin lisans mezunu olmalarının da üniversitelerin öğretmen yetiştirme programlarının lisans düzeyinde eğitim vermelerinden kaynaklandığı söylenebilir.

Demografik faktörlerin yanı sıra okullardaki laboratuvar şartlarına yönelik analiz sonucunda, laboratuvar şartlarının araştırmaya katılan öğretmenlerin görev yaptıkları illere, yani okulun bulunduğu illere göre farklılaştığı ortaya çıkmıştır. Buradan hareketle de H1 hipotezi "Laboratuvar şartları görev yapılan ile göre farklılık göstermektedir" kabul edilmiştir. Bu anlamda hangi illerde farklılaştığına dair yapılan Post Hoc Testine göre laboratuvar şartlarının Kilis ilinde farklılaştığı görülürken, diğer illerde anlamlı bir farklılaşma görülmemiştir. Söz konusu bu farklılığın nedeni bilinmemekle birlikte bu nedenleri araştırmak için ayrıca bir çalışma yapılabilir.

KAYNAKÇA

Aydın Ceran, S. (2021). Öğretim Yöntemlerine Dayanan Fen Eğitimi Araştırmalarında Güncel Eğilimler: İlkokul Düzeyinde Bir Analiz. *Journal of Individual Differences in Education*, 3(2), 113–131. <https://doi.org/10.47156/jide.1026165>

- Balbağ, M. Z., & Karaer, G. (2017a). Sınıf Öğretmenlerinin Fen Öğretiminde Karşılaştıkları Sorunlar. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 8(1), 28–46. <https://doi.org/10.24315/trkefd.364015>
- Boateng, G. O., Neilands, T. B., Frongillo, E. A., Melgar-Quinonez, H. R., & Young, S. L. (2018). Best Practices for Developing and Validating Scales for Health, Social, and Behavioral Research: A Primer. *Frontiers in Public Health*, 6, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2018.00149>
- Convertini, J., Arcidiacono, F., & Miserez-Caperos, C. (2024). Teachers' interventions in science education at primary school. The role of semiotic resources during argumentative interactions in classroom. *Research in Science and Technological Education*, 42(1), 94–113. <https://doi.org/10.1080/02635143.2023.2243835>
- Demirtaş, E., & Demirci Güler, M. P. (2019a). Problems that Classroom Teachers Face in Teaching Science. *Türk Akademik Yayınlar Dergisi*, 3(1), 40–60.
- Gürbüz, S. ve Şahin, F. (2018). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri FelsefeYöntem-Analiz (5. Baskı.). Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B. J. ve Anderson, R. E. (2014). Multivariate Data Analysis (Seventh Ed.). USA: Pearson Education.
- Kılıç, M. S. (2018). Öğretmenlerin Fen Bilimleri Dersi Kapsamında Laboratuvar Uygulamaları Hakkındaki Görüşlerinin Planlanmış Davranış Teorisi Yardımıyla İncelenmesi. *Kastamonu Üniversitesi Kastamonu Eğitim Dergisi*, 26(1), 1–6.
- Kline, R. B. (2016). Principles and Practices of Structural Equation Modelling (Fourth Edi.). New York: The Guilford Press
- Pallant, J. (2010). SPSS Survival Manual (4. Baskı.). Australia: Allen & Unwin.
- Tabachnick, B. G. ve Fidell, L. S. (2014). Using Multivariate Statistics (Sixth Edit.). USA: Pearson Education.
- Uluçınar, Ş., Cansaran, A., & Karaca, A. (2004). Fen bilimleri laboratuvar uygulamalarının değerlendirilmesi. *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 2(4), 465-475.

ÖMRÜ TÜKENMİŞ LASTİKLERİN GERİ DÖNÜŞÜMÜNDE OBJEKTİF KRİTER AĞIRLIKLANDIRMA VE UZLAŞIK SIRALAMA: CRITIC–MARCOS YAKLAŞIMI

Gülçin CANBULUT

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, 38040
Kocasinan, Kayseri

ORCID: 0000-0001-7106-4528

ÖZET

Ömrü tükenmiş lastiklerin (ÖTL) geri dönüşümü, çevresel sürdürülebilirlik ve ekonomik verimlilik açısından kritik bir karar problemidir. Bu çalışmada, farklı ÖTL geri dönüşüm sistemleri CRITIC–MARCOS bütünlük çok kriterli karar verme yaklaşımı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Çalışma kapsamında, mekanik parçalama, piroliz ve enerji geri kazanımı gibi alternatif geri dönüşüm yöntemleri; çevresel, ekonomik ve teknik kriterler doğrultusunda değerlendirilmiştir. Değerlendirmede kullanılan kriterler; ÖTL tesisi kapasitesi, çelik tel işleme, pirolitik yağ ve karbon karası üretimi, aylık elektrik ve işçilik giderleri, lastik ÖTL geliri, elektrik geliri, karbon karası ve çelik tel ince gelirleri, yatırımın geri dönüş süresi ve geri dönüşüm sonrası aylık kârlılık gibi performans göstergelerinden oluşmaktadır.

Kriter ağırlıkları, kriterler arasındaki varyasyon ve karşılıklı korelasyonları dikkate alan CRITIC yöntemi ile objektif olarak belirlenmiştir. Alternatiflerin sıralanması ise, ideal ve anti-ideal çözümleri referans alan ve uzlaşık çözüme dayalı bir değerlendirme sunan MARCOS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu yapı sayesinde, geri dönüşüm sistemleri yalnızca ideal çözüme yakınlıklarına göre değil, aynı zamanda referans çözümlerle olan göreceli performansları dikkate alınarak analiz edilmiştir.

Elde edilen bulgular, CRITIC–MARCOS bütünlük yaklaşımının ÖTL geri dönüşüm sistemlerinin değerlendirilmesinde tutarlı, ayırt edici ve karar vericiye doğrudan yorumlanabilir sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Çalışma, sürdürülebilir atık yönetimi alanında çok kriterli karar verme literatürüne, MARA ve benzeri klasik sıralama yaklaşımlarına alternatif oluşturan bir karar destek çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ömrü Tükenmiş Lastikler, Geri Dönüşüm Sistemleri, CRITIC–MARCOS, Çok Kriterli Karar Verme, Sürdürülebilir Atık Yönetimi

OBJECTIVE CRITERIA WEIGHTING AND COMPROMISE RANKING IN END-OF-LIFE TIRE RECYCLING: A CRITIC–MARCOS APPROACH ABSTRACT

The recycling of end-of-life tires (ELTs) constitutes a critical decision-making problem in terms of environmental sustainability and economic efficiency. In this study, alternative ELT recycling systems are evaluated using an integrated CRITIC–MARCOS multi-criteria decision-making approach. Within the scope of the study, alternative recycling methods such

as mechanical shredding, pyrolysis, and energy recovery are assessed based on environmental, economic, and technical criteria. The evaluation criteria include ELT processing capacity, steel wire processing, production of pyrolytic oil and carbon black, monthly electricity and labor costs, ELT revenue, electricity revenue, carbon black and steel wire fines revenues, payback period of the investment, and post-recycling monthly profitability.

Criterion weights are objectively determined using the CRITIC method, which accounts for both the variation of criteria and their mutual correlations. The ranking of alternatives is carried out using the MARCOS method, which provides a compromise-based evaluation by referencing both ideal and anti-ideal solutions. This framework enables the analysis of recycling systems not only in terms of their proximity to the ideal solution but also through their relative performance with respect to reference solutions.

The findings demonstrate that the integrated CRITIC–MARCOS approach yields consistent, discriminative, and directly interpretable results in the evaluation of ELT recycling systems. The study contributes to the multi-criteria decision-making literature in sustainable waste management by offering a decision support framework that serves as an alternative to MARA and similar conventional ranking approaches.

Keywords: End-of-Life Tires, Recycling Systems, CRITIC–MARCOS, Multi-Criteria Decision Making, Sustainable Waste Management

THE USE OF PHASE CHANGE MATERIALS IN COOLING THERMOELECTRIC MODULES

***Perihan ÇULUN**

*Bingöl university, faculty of engineering and architecture, mechanical engineering

ORCID: 0000-0002-1797-9695

Özet

Termoelektrik modüllerin (TEM) soğutulmasında faz değişim(PCM) malzemeleri pik değerlendirilmesi, sıcaklık farkının kararlı olarak devam etmesi için etkili olmaktadır. PCM TEM'lerin sıcak tarafında sıcaklığın aşırı yükselmesini yavaşlatarak ilgili ısının daha düşük sıcaklıkta depolanmasını, kullanılmasını ve dolayısıyla ani yük değişimlerini sönümleyebilirler. Peltier modüllerde kullanılan PCM'ler ile sıcak yüzeylerinin sıcaklıklarının aşırı yükselmesi önlenabilir. Yine uygun malzeme seçimi ile modüllerin soğuk tarafındaki sıcaklığı da daha düşük tutulabilir. Bu şekilde modüllerin hasara uğraması önlenabilir, modül ömürleri uzatılabilir, modül COP'leri düşük maliyetlerle artırılabilir. Termoelektrik malzeme performansı için kullanılan PCM'ler tamamen erimesi durumunda soğutma etkisi kaybolacağı için malzemenin ısını hızlı transfer etmesi sağlanmalıdır. Oysa malzemelerin sahip oldukları ısı iletim katsayıları genel olarak düşüktür. Bu bakımdan sürekli çalışma rejimlerinde PCM etkisini arttırmak için bu malzemeler ısı iletim katsayıları yüksek olan metaller, metal köpükler, grafit veya nano malzemeler ile birlikte kullanılmalıdır. Bu nedenle ilgili malzemeler ısı yayıcı, ısı emici, ısı borusu gibi diğer pasif soğutma sistemleri ile birlikte kullanılmaktadır. Bu çalışmada PCM malzemelerin termoelektrik modüller veya peltierler ile entegreli olarak kullanıldığı çalışmalar analiz edilmiştir. PCM malzemelerin termoelektrik modül entegrasyonlarında sıcaklık farkının 5-15C etkilenebileceği, peltierlerde COP'lerin %10-30 arasında artabileceği anlaşılmıştır.

Anahtar sözcükler: TEG, TEM, Termoelektrik, PCM

Abstract

Phase change (PCM) materials are effective in cooling thermoelectric modules (TEMs) by ensuring a stable temperature difference. PCMs can slow down the excessive temperature rise on the hot side of TEMs, allowing the heat to be stored and used at a lower temperature, thus dampening sudden load changes. PCMs used in Peltier modules can prevent excessive temperature rises on their hot surfaces. Similarly, with appropriate material selection, the temperature on the cold side of the modules can also be kept lower. In this way, module damage can be prevented, module lifespans can be extended, and module COPs can be increased at low cost. For optimal thermoelectric material performance, PCMs must have rapid heat transfer properties, as their cooling effect is lost if they completely melt. However, materials generally have low thermal conductivity coefficients. Therefore, to enhance the



PCM effect in continuous operation, these materials should be used in combination with metals, metal foams, graphite, or nanomaterials that have high thermal conductivity coefficients. Therefore, these materials are used in conjunction with other passive cooling systems such as heat spreaders, heat sinks, and heat pipes. This study analyzes research where PCM materials are integrated with thermoelectric modules or peltier. It was found that in thermoelectric module integrations of PCM materials, the temperature difference can be affected by 5-15°C, and in peltier, the COPs can increase by 10-30%.

Keywords: TEG, TEM, Thermoelectric, PCM

RETİNAL OCT GÖRÜNTÜLERİNDE HASTALIK SINIFLANDIRMASI İÇİN MODERN DERİN ÖĞRENME MİMARİLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ

Hasan ULUTAŞ

Department of Computer Engineering, Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey

ORCID: 0000-0003-3922-934X

Muhammet Emin ŞAHİN

Department of Computer Engineering, İzmir Bakircay University, İzmir, Turkey

ORCID: 0000-0001-7729-990X

ÖZET

Optik Koherens Tomografi (OCT), retinal hastalıkların erken tanısında kritik bir rol oynamakta olup, oftalmolojik görüntülemeye standart bir yöntem haline gelmiştir. Ancak artan OCT veri hacmi, klinisyenlerin iş yükünü önemli ölçüde artırmaktadır. Bu çalışmanın amacı, retinal OCT görüntülerinde sekiz farklı patolojinin (AMD, CNV, CSR, DME, DR, Drusen, MH ve Normal) otomatik sınıflandırılması için güncel derin öğrenme mimarilerinin performanslarını karşılaştırmalı olarak değerlendirmektir. Çalışmada, Kaggle platformunda erişime açık olan ve 24.000 yüksek çözünürlüklü OCT görüntüsünden oluşan “Retinal OCT Image Classification – C8” veri seti kullanılmıştır. Veri seti, %75 eğitim, %12.5 doğrulama ve %12.5 test olacak şekilde bölünmüştür. Swin Transformer, ConvNeXt ve EfficientNetV2 modelleri, ImageNet ön-eğitilmiş ağırlıklar kullanılarak transfer öğrenme yaklaşımıyla eğitilmiştir. Eğitim sürecinde AdamW optimizasyon algoritması ve cosine annealing öğrenme oranı planlaması uygulanmıştır. Deneysel sonuçlara göre tüm modeller %97’nin üzerinde genel doğruluk elde etmiştir. En yüksek performans, %97.64 doğruluk, 0.9764 F1-skoru ve 0.9974 AUC değeri ile EfficientNetV2 mimarisi tarafından sağlanmıştır. Swin Transformer ve ConvNeXt modelleri sırasıyla %97.46 ve %97.43 doğruluk oranlarıyla bu modeli takip etmiştir. McNemar testi sonuçları, modeller arasındaki performans farklarının istatistiksel olarak anlamlı olmadığını göstermiştir ($p > 0.05$). Sınıf bazlı analizlerde AMD, CSR ve MH sınıflarında %100 başarı elde edilirken, Drusen ve Normal sınıflarının ayrımının en zorlayıcı olduğu belirlenmiştir. Grad-CAM analizleri, EfficientNetV2’nin patolojik bölgeleri daha net ve gürültüsüz şekilde vurguladığını, Transformer tabanlı modellerin ise ızgara benzeri artefaktlar ürettiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak, tüm modeller klinik düzeyde başarı sergilemiş olup, EfficientNetV2 oftalmolojik karar destek sistemleri için güçlü bir aday olarak öne çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Optik Koherens Tomografi; Retinal Hastalıklar; Derin Öğrenme; Görüntü Sınıflandırma; Karar Destek Sistemleri

COMPARATIVE ANALYSIS OF MODERN DEEP LEARNING ARCHITECTURES FOR DISEASE CLASSIFICATION IN RETINAL OCT IMAGES

ABSTRACT

Optical Coherence Tomography (OCT) plays a crucial role in the early diagnosis of retinal diseases and has become a standard modality in ophthalmic imaging. However, the rapidly increasing volume of OCT data significantly raises the workload of clinical experts. This study aims to comparatively evaluate the performance of modern deep learning architectures for the automatic classification of eight retinal pathologies (AMD, CNV, CSR, DME, DR, Drusen, MH, and Normal) using OCT images. The experiments were conducted on the publicly available “Retinal OCT Image Classification – C8” dataset from Kaggle, consisting of 24,000 high-resolution images. The dataset was split into training (75%), validation (12.5%), and test (12.5%) sets. Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2 models were trained using a transfer learning approach initialized with ImageNet-pretrained weights. AdamW optimizer and cosine annealing learning rate scheduling were employed during training. Experimental results showed that all models achieved overall accuracies exceeding 97%. EfficientNetV2 achieved the best performance with 97.64% accuracy, an F1-score of 0.9764, and an AUC of 0.9974, followed by Swin Transformer (97.46%) and ConvNeXt (97.43%). McNemar’s test indicated no statistically significant differences among the models ($p > 0.05$). Class-wise analysis revealed perfect classification performance for AMD, CSR, and MH, while distinguishing between Drusen and Normal classes remained the most challenging task. Grad-CAM visualizations demonstrated that EfficientNetV2 focused more clearly and consistently on pathological regions such as cysts or fluid accumulations, whereas Transformer-based models exhibited grid-like artifacts in attention maps. Overall, all evaluated architectures achieved expert-level performance, with EfficientNetV2 emerging as a strong candidate for ophthalmic clinical decision support systems due to its high accuracy and superior interpretability.

Keywords: Optical Coherence Tomography; Retinal Diseases; Deep Learning; Image Classification; Decision Support Systems

1. INTRODUCTION

Visual impairment represents a major public health concern worldwide, affecting both individual well-being and socioeconomic sustainability. Global health assessments indicate that a substantial proportion of vision loss cases could be avoided through timely diagnosis and appropriate intervention, underscoring the importance of early detection strategies (World Health Organization, 2019). Retinal disorders, including Age-related Macular Degeneration

(AMD), Diabetic Retinopathy (DR), and Diabetic Macular Edema (DME), remain among the most prevalent causes of permanent visual disability on a global scale (Flaxman et al., 2017). Optical Coherence Tomography (OCT) has established itself as the gold standard for non-invasive retinal imaging. By using low-coherence light to capture micrometer-resolution, cross-sectional images of the retina, OCT allows ophthalmologists to visualize histological layers and identify pathological changes (Fujimoto & Swanson, 2016). However, the widespread adoption of OCT devices has led to an explosion in data volume. A single patient visit can generate hundreds of scans, making manual interpretation by clinicians labor-intensive, time-consuming, and prone to inter-observer variability (Ting et al., 2019). Consequently, there is an urgent demand for automated Computer-Aided Diagnosis (CAD) systems capable of assisting clinicians in making rapid and accurate decisions. In recent years, deep learning (DL) has revolutionized medical image analysis by automatically learning hierarchical features from raw data. While numerous studies have demonstrated the efficacy of convolutional neural networks (CNNs) in detecting retinal diseases, the majority of existing literature focuses on a limited spectrum of conditions—typically classifying only three or four categories such as Normal, AMD, DME, and CNV (Kermany et al., 2018). However, clinical scenarios are often more complex, involving a wider variety of pathologies such as Macular Holes (MH), Central Serous Retinopathy (CSR), and Drusen. This study addresses this limitation by focusing on a multi-class classification problem involving eight distinct retinal conditions (AMD, CNV, CSR, DME, DR, Drusen, MH, and Normal) using the Retinal OCT C8 dataset. By leveraging advanced deep learning architectures, we aim to demonstrate that high diagnostic accuracy can be maintained even when the number of disease categories increases, thereby providing a more comprehensive tool for clinical decision support. The application of artificial intelligence in ophthalmology has evolved rapidly, shifting from traditional machine learning methods relying on handcrafted features to end-to-end deep learning approaches. A foundational study in this domain was conducted by Kermany et al. (2018), who published a large-scale dataset of over 80,000 OCT images. Using a transfer learning approach, they achieved an accuracy of 96.6% in classifying four categories (CNV, DME, Drusen, and Normal), demonstrating that deep learning models could perform comparably to human experts. Following this breakthrough, researchers explored deeper and more efficient architectures. Li et al. (2019) proposed a method based on the ResNet-50 architecture, emphasizing the importance of transfer learning in scenarios with limited labeled data. Their results highlighted that pre-trained networks could significantly decrease training time and improve convergence. Similarly, Gargeya and Leng (2017) demonstrated high efficacy in detecting diabetic retinopathy, noting that deep learning models could identify

distinct features such as fluid presence and hard exudates without manual segmentation. Fang et al. (2019) introduced a Lesion-Aware Convolutional Neural Network (LACNN) that utilizes an attention mechanism to focus on pathological regions within OCT scans rather than the entire image background. Their approach achieved a classification accuracy of 93.3%, outperforming traditional CNN baselines. Sahin (2022) proposed a CNN-based framework for automatic retinal disease diagnosis using OCT images and reported an accuracy of approximately 94% on four disease categories, highlighting the clinical potential of deep learning approaches despite the limited number of classes.

To address the scarcity of labeled medical data, Li et al. (2024) introduced a semi-supervised learning framework that effectively fuses labeled and unlabeled samples. Their experiments on OCT datasets showed improved generalization and robustness compared to conventional supervised CNN models. Dai et al. (2024) further improved OCT classification accuracy by employing medical-domain pre-training using RadImageNet and a sample replication strategy, demonstrating that medical-specific pre-training can outperform traditional ImageNet-based transfer learning. In another recent study, Gueddena et al. (2024) developed a CNN-based system for detecting AMD and DME from OCT images, achieving classification accuracies exceeding 99%, although their analysis was restricted to a small number of disease categories. Similarly, Elkholy and Marzouk (2024) proposed a CNN-driven framework for classifying OCT images into Normal, DME, CNV, and AMD classes, confirming the capability of deep learning models to capture complex retinal patterns while highlighting the need for broader multi-class diagnostic systems.

In this study, contrasting with the limited scope of common literature, we performed a comparative performance analysis of modern deep learning architectures (Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2) to classify 8 distinct retinal conditions (AMD, CNV, CSR, DME, DR, Drusen, MH, and Normal), thereby representing clinical scenarios more comprehensively. Beyond mere classification accuracy, the study rigorously evaluated the models' statistical reliability using McNemar's test and their clinical explainability via Grad-CAM, demonstrating the potential of these architectures for ophthalmic decision support systems.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Dataset

In this study, the publicly available Retinal OCT C8 dataset was utilized (Kaggle, 2023). The dataset comprises a total of 24,000 high-quality OCT images categorized into eight distinct retinal conditions. A critical advantage of this dataset is its perfectly balanced class distribution, which eliminates the class imbalance problem frequently encountered in medical

image analysis and ensures unbiased model training. As summarized in Table 1, the dataset is divided into three mutually exclusive subsets: training (75%), validation (12.5%), and testing (12.5%). For each of the eight categories, 2,300 images are allocated for model training, while 350 images were reserved for evaluation. This configuration yields 18,400 training samples and 2,800 test samples in total.

The classes included are:

1. **AMD:** Age-related Macular Degeneration
2. **CNV:** Choroidal Neovascularization
3. **CSR:** Central Serous Retinopathy
4. **DME:** Diabetic Macular Edema
5. **DR:** Diabetic Retinopathy
6. **Drusen:** Subretinal deposits
7. **MH:** Macular Hole
8. **Normal:** Healthy retinal tissue

2.2. Deep Learning

To evaluate the performance of modern computer vision paradigms on retinal disease classification, three state-of-the-art architectures are selected: Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2.

2.2.1. Swin Transformer

The Swin Transformer (Liu et al., 2021) is a hierarchical Vision Transformer designed to reduce computational complexity through hierarchical feature maps and a shifted window mechanism. Its key features include:

- **Hierarchical Structure:** It generates feature maps at different resolutions, capturing both local and global contexts, which is critical for detecting lesions of varying sizes in OCT scans.
- **Shifted Window Self-Attention:** It reduces the $O(n^2)$ cost of global self-attention to $O(n \cdot M^2)$, where $M \times M$ is the window size. When M is fixed, this is approximately linear in n (i.e., $O(n)$). The shift operation enables cross-window interaction by connecting neighboring windows.
- **Patch Merging:** Similar to pooling in CNNs, this progressively reduces the dimension of feature maps.

This model selected for its pre-trained success on ImageNet-22K and its ability to detect multi-scale anomalies in retinal layers.

2.2.2. ConvNeXt

ConvNeXt (Liu et al., 2022) is a modern CNN architecture that adapts the design principles of Transformers into a purely convolutional structure. Developed through systematic modernization of ResNet, it includes:

- **Depthwise Separable Convolution:** Uses a 7×7 depthwise kernel (often followed by a 1×1 pointwise conv) to achieve a large receptive field, mimicking the global context of self-attention.
- **Inverted Bottleneck:** Adapts the Transformer MLP-style expand–compress structure to CNNs with an expansion ratio $r = 4$, i.e., $C \rightarrow 4C \rightarrow C$.
- **Layer Normalization & GELU:** Replaces Batch Normalization and ReLU with Layer Normalization and GELU activation, respectively.

ConvNeXt is chosen because it achieves Transformer-level performance while maintaining the inference efficiency and inductive bias of CNNs, which is advantageous in limited data scenarios.

2.2.3. EfficientNetV2

EfficientNetV2, introduced by Tan and Le (2021), is a deep learning architecture designed to enhance both training efficiency and computational scalability through the integration of Neural Architecture Search (NAS) and compound scaling strategies. The primary advancements of this architecture include:

- **Fused-MBConv Blocks:** Replaces depthwise convolutions with standard convolutions in early layers to accelerate training.
- **Progressive Learning:** Gradually increases image size and regularization strength during training.
- **Compound Scaling:** Balances depth, width, and resolution in an optimal manner.

Here, its parameter efficiency makes it ideal for clinical applications, offering high potential for deployment on mobile and edge devices for remote healthcare services.

2.3. Evaluation Metrics

To quantitatively evaluate the performance of the proposed deep learning architectures (Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2), we utilized standard classification metrics derived from the confusion matrix. These metrics are essential for assessing the model's ability to correctly distinguish between the 8 distinct retinal disease categories. The primary metrics used in this study include Accuracy, Precision, Recall (Sensitivity), and F1-Score (Sahin, 2022). Given the multi-class nature of the problem, these metrics are calculated for each class and then averaged (macro-average) to provide an performance assessment. The metrics are defined as follows:

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1-Score = 2 \cdot \frac{Precision \cdot Recall}{Precision + Recall} \quad (4)$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

All experimental evaluations are performed on a high-performance computing workstation featuring an NVIDIA GeForce RTX 3090 Ti GPU. The models were implemented using the PyTorch deep learning framework (version 2.4.1) with full CUDA acceleration enabled. The training parameters are standardized across all models to ensure a fair comparison: a batch size of 128 and a total of 25 epochs were utilized using the Adam optimizer. The dataset is split into training (18,400 images), validation (2,800 images), and testing (2,800 images) sets to evaluate generalization capability. Dataset class distribution is given in Figure 1.

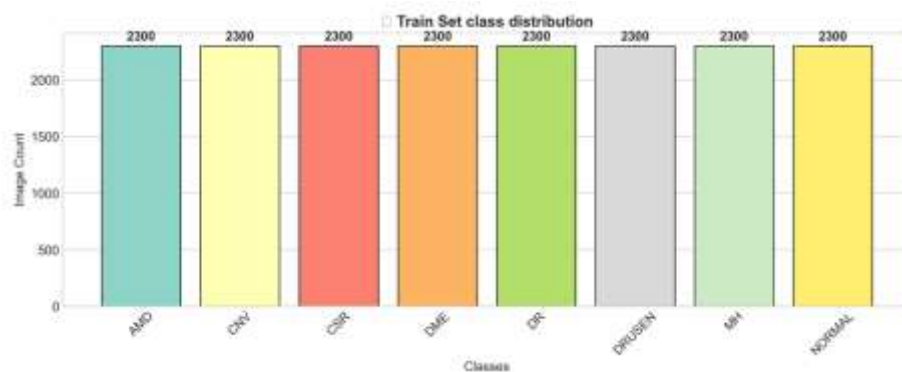


Fig. 1. Dataset class distribution

To overcome the limited size of the dataset and accelerate convergence, a Transfer Learning strategy is adopted. All models (Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2) are initialized with pre-trained weights from ImageNet-1K/22K and fine-tuned on the Retinal OCT C8 dataset and hyperparameters are given in Table 1.

Table 1. Hyperparameters and training configuration.

Parameters	Value
Optimizer	AdamW ($\beta_1=0.9$, $\beta_2=0.999$)
Learning Rate	1×10^{-4}
Weight Decay	1×10^{-4}
Learning Rate Scheduler	Cosine Annealing Warm Restarts ($T_0=10$, $T_{mult}=2$)
Batch Size	32
Maximum Epochs	25
Early Stopping Patience	7 epoch
Label Smoothing	0.1
Mixed Precision Training	FP16 (Automatic Mixed Precision)

3.1. Quantitative Performance Analysis

The comprehensive performance metrics for Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2 on the test set are summarized in Table 2. All three architectures demonstrated exceptional performance, achieving accuracy rates above 97.4%. EfficientNetV2 emerged as the top-performing model with the highest Accuracy (97.64%), F1-Score (97.64%), and Kappa Score (0.9731), indicating its superior ability to handle fine-grained retinal features. Swin Transformer and ConvNeXt followed closely with accuracies of 97.46% and 97.43%, respectively.

Table 2. Comparison of metrics for the proposed models on the test set

Model	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score	Kappa
Swin Transformer	97.46%	0.9748	0.9746	0.9747	0.9710
ConvNeXt	97.43%	0.9745	0.9743	0.9743	0.9706
EfficientNetV2	97.64%	0.9766	0.9764	0.9764	0.9731

To verify the statistical significance of these differences, McNemar's Test is conducted. The results ($p > 0.05$ for all pairs) suggest that while EfficientNetV2 is numerically superior, the performance difference between the models is not statistically significant, proving that all three modern architectures are highly effective for this task.

3.2. Training Dynamics and Stability

The training and validation curves for Loss and Accuracy are presented in Figure 2. All models showed rapid convergence within the first 5 epochs. The gap between training and validation accuracy is minimal, indicating that no significant overfitting occurred.

EfficientNetV2 exhibited the most stable validation loss trajectory towards the end of the training.

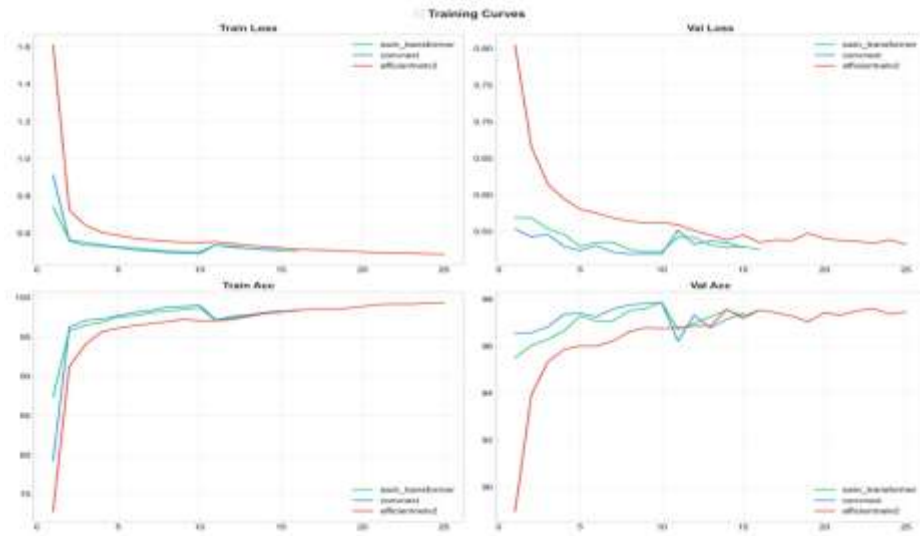


Fig. 2. Training and validation learning curves showing Loss and Accuracy

3.3. Class-wise Performance and Confusion Matrix

To analyze the misclassifications, confusion matrices are visualized in Figure 3. All models exhibited strong diagonal dominance, confirming high classification success across all 8 classes. The AMD class was detected with 100% precision and recall by all models. Minor confusion was observed between DRUSEN and CNV, likely due to the visual similarity of subretinal deposits in early-stage CNV and dry AMD (Drusen).

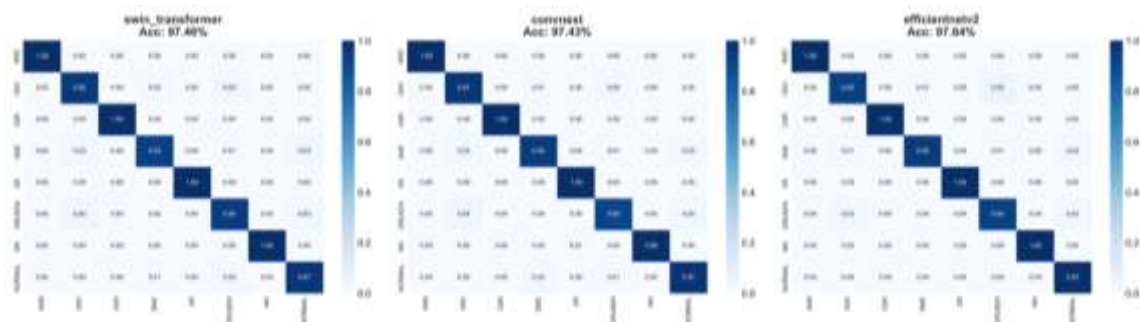


Fig. 3. Confusion Matrices for Swin, ConvNeXt, and EfficientNetV2

Furthermore, the ROC curves in Figure 4 demonstrate the robust discriminative power of the models, with AUC values exceeding 0.99 for almost all classes, confirming high sensitivity and specificity.

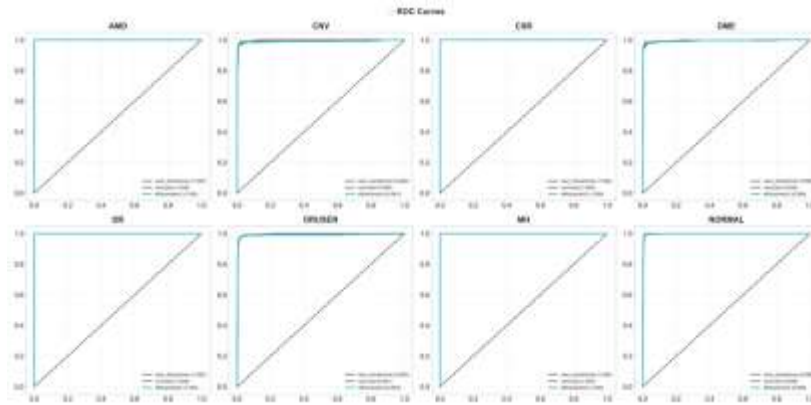
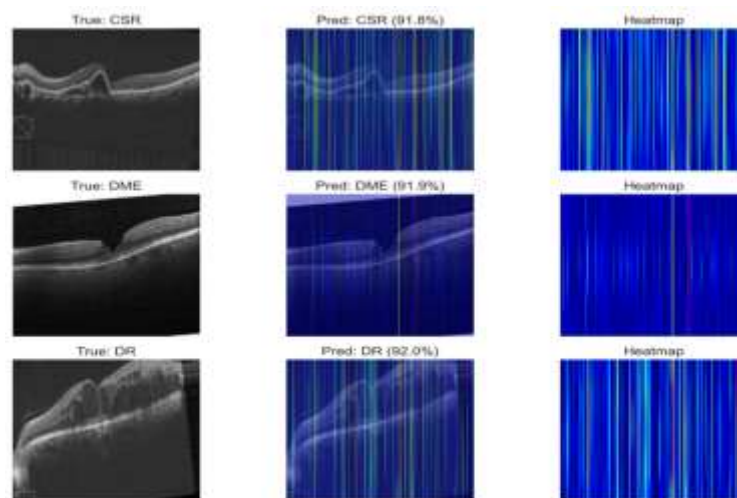


Fig. 4. ROC Curves for each class

3.4. Explainability with Grad-CAM

To validate the clinical relevance of the models, Grad-CAM (Gradient-weighted Class Activation Mapping) is employed to visualize the regions of interest (ROI) focused on by the networks. As shown in Figure 5, the heatmaps generated by EfficientNetV2 specifically highlight pathological areas (e.g., fluid accumulation in DME, retinal breaks in MH) rather than irrelevant background noise. This confirms that the model is learning medically relevant features.



(a) ConvNetx

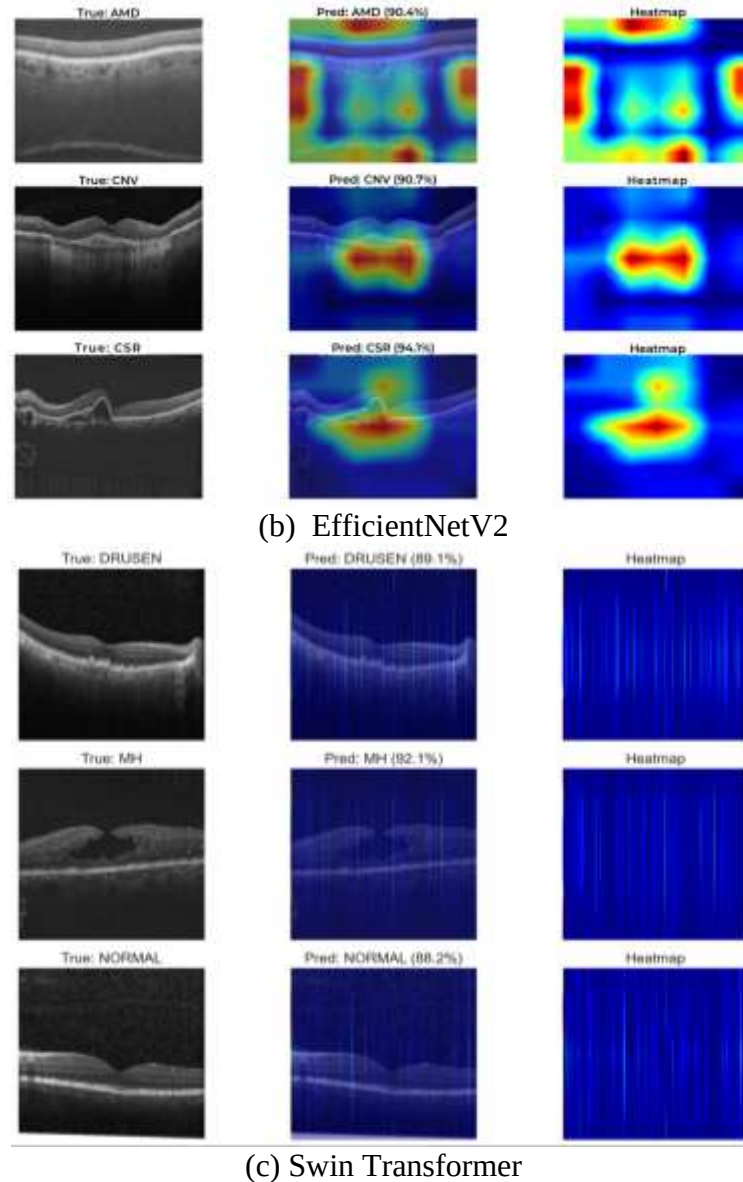


Fig. 5. Grad-CAM visualization samples for distinct retinal conditions

In this study, we performed a comparative evaluation of three state-of-the-art deep learning architectures—Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2—for the multi-class classification of eight retinal diseases. All models achieved expert-level performance, with accuracies exceeding 97.4%, confirming the effectiveness of transfer learning in retinal image analysis. Although EfficientNetV2 achieved the highest accuracy (97.64%) and Kappa score (0.9731), McNemar’s test shows no statistically differences among the models ($p > 0.05$), indicating comparable robustness and clinical applicability. A major contribution of this work is the classification of eight disease categories, exceeding the scope of most prior studies that typically focus on three or four classes. Despite the increased diagnostic complexity, the models maintained high precision. Confusion matrix analysis showed that most misclassifications occurred between Drusen and CNV, a clinically expected challenge due to their similar early-stage morphology. In contrast, distinct conditions such as AMD, CSR, and

Macular Hole (MH) were identified with near-perfect sensitivity across all models. Additionally, Grad-CAM-based interpretability analysis provided insights into the models' decision-making processes. While the Swin Transformer exhibited some grid-like artifacts, EfficientNetV2 demonstrated more accurate localization of pathological regions, such as retinal fluid and cysts. This level of interpretability is crucial for building trust in AI-assisted diagnostic systems. Future work will focus on external validation to evaluate model generalizability in diverse clinical settings.

CONCLUSIONS

This study submit a comprehensive comparative analysis of modern architectures: Swin Transformer, ConvNeXt, and EfficientNetV2 for the multi-class classification of eight distinct retinal diseases using OCT imagery. The experimental results demonstrated that all three models achieved expert-level performance with accuracy rates exceeding 97.4%. EfficientNetV2 emerged as the most robust architecture, achieving the highest accuracy (97.64%) and demonstrating superior stability during training. Furthermore, the Grad-CAM visualizations confirmed that the model's high performance is driven by clinically relevant features (e.g., fluid accumulation, retinal breaks) rather than background artifacts, enhancing the transparency and trustworthiness of the AI system. Despite the visual similarities between classes such as Drusen and CNV, the proposed models successfully distinguished these pathologies with high precision. These findings suggest that state-of-the-art CNNs and Transformers, particularly EfficientNetV2, have significant potential to be integrated into clinical workflows as reliable decision support tools, reducing the workload of ophthalmologists and facilitating early diagnosis. Future work will focus on validating these models on external datasets from diverse clinical settings to assess their generalization capabilities.

REFERENCES

- Fang, L., Wang, C., Li, S., et al. (2019). "Attention to Lesion: Lesion-Aware Convolutional Neural Network for Retinal OCT Image Classification." *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 38(8), 1959-1970.
- Flaxman, S. R., Bourne, R. R., Resnikoff, S., et al. (2017). "Global causes of blindness and distance vision impairment 1990–2020: a systematic review and meta-analysis." *The Lancet Global Health*, 5(12), e1221-e1234.
- Fujimoto, J. G., & Swanson, E. A. (2016). "The development, commercialization, and impact of optical coherence tomography." *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 57(9), OCT1-OCT13.
- Gargeya, R., & Leng, T. (2017). "Automated identification of diabetic retinopathy using deep learning." *Ophthalmology*, 124(7), 962-969.
- H. Dai, Y. Yang, X. Yue, and S. Chen, "Improving retinal OCT image classification accuracy using medical pre-training and sample replication methods," *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 91, p. 106019, 2024, doi: 10.1016/j.bspc.2024.106019.

- Kaggle. (2023). Retinal OCT Image Classification - C8 Dataset. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets/obulisainaren/retinal-oct-c8>
- Kermany, D. S., Goldbaum, M., Cai, W., et al. (2018). "Identifying medical diagnoses and treatable diseases by image-based deep learning." *Cell*, 172(5), 1122-1131.
- Li, F., Chen, H., Liu, Z., et al. (2019). "Deep learning-based automated detection of retinal diseases using optical coherence tomography images." *Biomedical Optics Express*, 10(12), 6204-6226.
- Liu, Z., Lin, Y., Cao, Y., Hu, H., Wei, Y., Zhang, Z., Lin, S., & Guo, B. (2021). "Swin Transformer: Hierarchical Vision Transformer using Shifted Windows." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, pp. 10012-10022.
- Liu, Z., Mao, H., Wu, C., Feichtenhofer, C., Darrell, T., & Xie, S. (2022). "A ConvNet for the 2020s." *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pp. 11976-11986.
- M. E. Sahin, "A Deep Learning-Based Technique for Diagnosing Retinal Disease by Using Optical Coherence Tomography (OCT) Images," *Turkish Journal of Science & Technology*, vol. 17, no. 2, pp. 417–426, 2022, doi: 10.55525/tjst.1128395.
- M. Elkholy and M. A. Marzouk, "Deep learning-based classification of eye diseases using Convolutional Neural Network for OCT images," *Frontiers in Computer Science*, vol. 5, p. 1252295, 2024, doi: 10.3389/fcomp.2023.1252295.
- S. Li, P. Kou, M. Ma, H. Yang, S. Huang, and Z. Yang, "Application of Semi-Supervised Learning in Image Classification: Research on Fusion of Labeled and Unlabeled Data," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 27331–27345, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3367772.
- Sahin, M. E. (2022). Deep learning-based approach for detecting COVID-19 in chest X-rays. *Biomedical Signal Processing and Control*, 78, 103977.
- Tan, M., & Le, Q. (2021). "EfficientNetV2: Smaller Models and Faster Training." *International Conference on Machine Learning (ICML)*, PMLR 139, pp. 10096-10106.
- Ting, D. S. W., Pasquale, L. R., Peng, L., et al. (2019). "Artificial intelligence and deep learning in ophthalmology." *Nature Medicine*, 25(1), 90-98.
- World Health Organization. (2019). World report on vision. World Health Organization.
- Y. Gueddena, N. Aboudi, H. Zgolli, S. Mabrouk, D. Sidibe, H. Tabia, and N. Khelifa, "A new intelligent system based deep learning to detect DME and AMD in OCT images," *International Ophthalmology*, vol. 44, p. 191, 2024, doi: 10.1007/s10792-024-03115-8.

MİNİMUM OLMAYAN FAZLI SİSTEMLER İÇİN GEÇİCİ REJİM KONTROLÜNE DAYALI PID KONTROLÖR TASARIMI

Serdar Ethem HAMAMCI

İnönü University, Engineering Faculty, Electrical-Electronics Eng. Department, 44280 Malatya

ORCID: 0000-0002-1868-6843

ÖZET

Minimum olmayan fazlı sistemler, sağ yarı düzlem sıfırları nedeniyle kontrolör tasarımında ciddi performans ve kararlılık kısıtlarına neden olmaktadır. Bu çalışmada, minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için kapalı çevrim sistemine ait geçici hal cevabının maksimum aşım ve yerleşme süresi gibi performans ölçütlerine göre biçimlendirilmesine dayalı iki serbestlik dereceli bir PID kontrolör tasarım yaklaşımı sunulmaktadır. Tasarım için Katsayı Diyagram Metodu'nun (KDM) kuramsal sonuçlarından faydalanılmaktadır. Ancak literatürdeki çoğu tasarım yönteminde olduğu gibi, zaman gecikmesi terimi yerine onun Pade yaklaşıklığını tercih etmek yerine bu terim doğrudan kullanılarak arzu edilen zaman cevabına sahip bir kontrol sistemi tasarlanmaktadır. Önerilen yöntemin en önemli özelliği, hedef kapalı çevrim sistemi için maksimum aşım ve yerleşme süresi değerlerinin tasarım öncesinde belirlenebilmesidir. Bu yöntemle PID kontrolör parametrelerinin hesaplanması için minimum olmayan fazlı sistemin ikinci dereceden zaman gecikmeli model terimlerine bağlı olarak açık formüller elde edilmiştir. Tasarım sürecinde minimum olmayan faz karakteristiğini belirleyen sağ yarı düzlem sıfırlarının iptal edilmesinden kaçınılmış ve kararlılık indeksleri ile eşdeğer zaman sabiti KDM tekniğine uygun şekilde seçilmiştir. Elde edilen kontrolör, referans izleme ve bozucu bastırma performansları açısından değerlendirilmiştir. Zaman cevabı simülasyon sonuçları, önerilen KDM tabanlı PID kontrol metodunun zaman cevabı açısından tatmin edici sonuçlar verdiğini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, sunulan yöntemin minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için etkili ve uygulanabilir bir alternatif sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Minimum olmayan fazlı sistem, PID kontrol, katsayı diyagram metodu, zaman cevabı.

DESIGN OF PID CONTROLLER BASED ON TRANSIENT RESPONSE CONTROL FOR NON-MINIMUM PHASE SYSTEMS

ABSTRACT

Non-minimum phase systems impose significant performance and stability constraints on controller design due to their right half-plane zeros. In this study, a two-degree-of-freedom PID controller design approach is presented for the control of non-minimum phase systems, based on shaping the transient response of the closed-loop system according to performance specifications such as maximum overshoot and settling time. The design utilizes the theoretical results of the Coefficient Diagram Method (CDM). However, as with most design

methods in the literature, rather than selecting the Pade approximation of the time delay term, a control system with the desired time response is designed using this term directly. The most important feature of the proposed method is that the maximum overshoot and settling time values for the target closed-loop system can be determined prior to design. With this method, explicit formulas have been obtained for the calculation of PID controller parameters, based on the second-order time-delay model terms of the non-minimum phase system. During the design process, the cancellation of the right half-plane zeros that determine the non-minimum-phase characteristic is avoided, and the stability indices and the equivalent time constant are selected according to the CDM technique. The obtained controller is evaluated in terms of its reference tracking and disturbance rejection performance. Time response simulation results show that the proposed CDM based PID control method provides satisfactory time response results. These results demonstrate that the proposed method is an effective and applicable alternative for controlling non-minimum phase systems.

Keywords: Non-minimum phase systems, PID control, coefficient diagram method, time response.

1. GİRİŞ

Kontrol sistem tasarımı, kontrol edilmesi istenen sistemin temel karakteristiklerinin önceden bilinmesi tasarımcı için önemli avantajlar sağlamaktadır. Sistemin doğrusal olmayan, kararsız veya ölü zaman gecikmeli vb. özelliklere sahip olması, uygun kontrolör tasarımı için daha fazla çaba gerektiren bir durumdur (Goodwin ve diğ. 2001; Morari 1992). Bundan başka, sağ yarı-düzlemde sıfır/sıfırları bulunan bir sistemin minimum olmayan fazlı (non-minimum phase) bir davranışa sahip olması da arzu edilen kontrol kalitesini etkileyen temel sınırlamalardan birisidir (Åström ve Murray 2010). Bunun en önemli sebebi, minimum olmayan fazlı sistemlerin birim basamak fonksiyonu cevabının genellikle ters cevaplı (inverse response) bir özelliğe sahip olmasıdır (Franklin ve diğ. 2015; Yadav ve diğ. 2025). Minimum olmayan fazlı sistemlere endüstride ve mühendisliğin farklı alanlarında yaygın olarak rastlanmaktadır. Kazan tamburu seviye sistemleri, Van de Vusse tipi reaktörler, damıtma kolonları ve ekzotermik sürekli karıştırılmalı tank reaktörleri (CSTR) gibi kimyasal prosesler (Chen ve diğ. 2004), uçakların boylamasına (longitudinal) dinamikleri (Levine 2000), esnek bağlantılı robot kolları (Book 1993), vinç yük salınım sistemleri (Åström ve Murray 2010) ve sürekli iletim modundaki yükseltici dc-dc dönüştürücüler (boost converters in continuous conduction mode) (Erickson ve Maksimovic 2020) bu tür sistemlere örnek olarak verilebilir.

Literatürde minimum fazlı dinamik sistemler için çok sayıda kontrol yöntemi önerilmiştir (Åström ve Hägglund 2005). Ancak bu yöntemlerin çoğu, minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için kullanıldığında arzu edilen performans sağlamakta yetersiz kalmaktadır (Huang

ve Wang 2001; Chen ve diğ. 2004). Bu nedenle, minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için iç model kontrol (internal model control-IMC) (Insuasti ve diğ. 2025), uyarlamalı kontrol (adaptive control) (Eves ve Valasek 2023), aktif bozucu bastırma kontrolü (active disturbance rejection control-ADRC) (Liu ve diğ. 2022), kayan kipli kontrol (sliding mode control-SMC) (Laila ve diğ. 2017), yinelemeli öğrenme kontrolü (iterative learning control) (Noueili ve diğ. 2017) ve öngörülü kontrol (predictive control) (Barot ve Kubalcik 2014) gibi modern kontrol yöntemleri kullanılarak arzu edilen kontrol performansının elde edilmesine yönelik çeşitli çalışmalar rapor edilmiştir. Kontrol teorisinde son zamanlarda meydana gelen önemli gelişmelere karşın, endüstride kullanılan sistemlerin kontrolünde halen PID kontrolörler yaygın olarak kullanılmaktadır (Åström ve Hägglund 2005; Cokmez ve Kaya 2024). Dolayısıyla minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü üzerine PID tabanlı kontrolörlerin kullanıldığı çok sayıda çalışma göze çarpmaktadır. Uren ve Van Schoor (2011), Smith öngörücüsü ve IMC yöntemini birlikte kullanarak öngörülü PID kontrolör tasarımı yapmıştır. Yadav ve diğ. (2015), gri kurt optimizasyonunu kullanarak klasik Ziegler Nichols yöntemine göre daha düşük aşımli zaman cevabı elde etmiştir. Son zamanlarda popüler olan kesir dereceli PID kontrolörü kullanan Verma ve diğ. (2016), Nelder-Mead algoritmasını kullanarak optimizasyon yöntemi ile kontrolörün parametrelerini belirlemiştir. Santos ve diğ. (2019), çok-girişli çok-çıkışlı minimum olmayan fazlı sistemler için optimizasyon tabanlı PID kontrol yöntemi önermiştir. Goud ve diğ. (2021), birinci ve ikinci dereceden zaman gecikmeli minimum olmayan fazlı sistemlerin PID kontrolü için analitik denklemler geliştirerek kontrolör parametrelerinin hesaplanması için basit bir yöntem geliştirdiklerini rapor etmiştir. Hem minimum fazlı hem de minimum olmayan fazlı zaman gecikmeli sistemlerin birlikte göz önüne alınarak oluşturulan PID kontrol tasarım metodu Goud ve diğ. (2022) tarafından önerilmiştir. Patil ve diğ. (2022), kararsız ikinci dereceden minimum olmayan fazlı sistemleri göz önüne alarak optimizasyon tabanlı bir PID kontrol tasarımı gerçekleştirmiştir. Kumar ve diğ. (2024) ise IMC tabanlı ve filtre içeren PID kontrolör tasarımı ile daha iyi kontrol performansı sağlayan bir yöntem geliştirmiştir. Yapılan bu çalışmalar, minimum olmayan fazlı sistemlerin PID kontrolör kullanılarak kontrolünde halen ileri çalışmalar yapılabileceğini göstermektedir.

Bu çalışmada minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için yeni bir PID kontrol yaklaşımı sunulmaktadır. Önerilen yöntemde, kontrol edilmesi istenen minimum olmayan fazlı sistemin ikinci dereceden zaman gecikmeli modeli göz önüne alınmaktadır. PID kontrolör parametrelerinin belirlenmesi için, literatürde bulunan PID kontrol yöntemlerine göre daha iyi bir performans elde etmek amacıyla Katsayı Diyagram Metodu'ndan (KDM) faydalanılmaktadır. KDM, 1998'de Shunji Manabe tarafından doğrusal ve zamanla

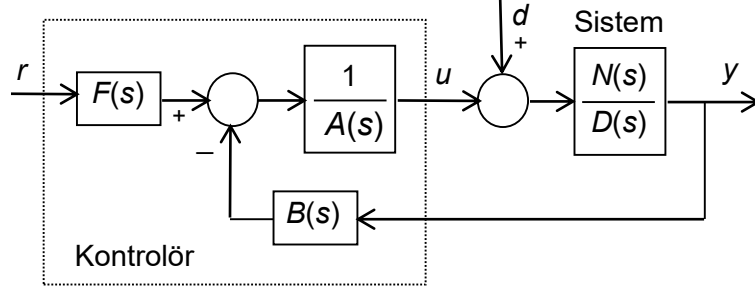
değişmeyen tek-girişli tek-çıkışlı sistemlerin kontrolü için geliştirilmiş bir yöntemdir (Manabe 1998). KDM'in en önemli özellikleri tasarımda polinomsal gösterimin kullanılması, iki serbestlik dereceli (two-degrees of freedom) kontrol sistem yapısının kullanılması ve aşısız birim basamak cevabı elde etmek için Standard Manabe formundan faydalanılmasıdır. Ayrıca **kontrol sistemi için arzu edilen yerleşme süresinin tasarıma başlamadan önce belirlenebilmesi KDM'in tasarımcıya sağladığı en önemli avantajlardan birisidir.** Bu çalışmada önerilen yöntem, kontrol sistem tasarımı üzerine fazla bir deneyimi olmayan tasarımcıların kullanabileceği basit ve kullanışlı bir yöntemdir. Çünkü yöntemde PID kontrolörün katsayılarının doğrudan hesaplanabilmesi için açık formüller türetilmiştir. Bu formülasyon, kontrolör katsayıları ile sistem parametreleri ve kontrolörün zaman cevabı özellikleri arasında doğrudan bir ilişki kurulmasını sağlamaktadır. Önerilen yöntemin en önemli avantajlarından birisi, literatürde bulunan çoğu yöntemin aksine zaman gecikmesinin yerine onun Pade yaklaşıklığı kullanılmaksızın doğrudan zaman gecikmesi elemanın kendisinin göz önüne alınmasıdır. Bu durum, arzu edilen performans, kararlılık ve dayanıklılık (robustness) özelliklerinin sağlanmasında kolaylık sağlamaktadır. Önerilen yöntemin bir diğer avantajı ise, iki serbestlik dereceli kontrol sistem yapısının kullanılmasının bir sonucu olarak ana kontrolör olan PID kontrolör ile birlikte geri besleme döngüsünün önünde bir ileri-yönlü kontrolör (feedforward controller) bulunması ve bu kontrolörün parametrelerinin hesaplanan PID kontrolör parametreleri cinsinden analitik olarak ifade edilebilmesidir.

2. KATSAYI DİYAGRAM METODU

Kontrol sistem tasarımında kontrolör için bazı pratik sınırlamaların göz önüne alınması zorunludur. Kontrolör mümkün olduğunca düşük dereceli olmalı, (eğer mümkünse) minimum fazlı ve kararlı olmalıdır (Ogata 2010; Dorf ve Bishop 2016). Ayrıca kontrolörün pratikte yeterli bant genişliği ve güç sınırlamasına sahip olması gerekir. Bu sınırlamalar göz önüne alınmadan kontrolör tasarımı yapılırsa, kontrol sisteminin kararlılık ve zaman cevabı gereksinimleri sağlanabilmesine rağmen dayanıklılık özelliği zayıf olacaktır (Sidi, 2001). Tüm bu problemler göz önüne alınarak temelleri oluşturulan KDM ile tasarlanan kontrolör en düşük dereceli ve en uygun bant genişliğine sahip olmakta, ayrıca kapalı çevrimli sistemin zaman cevabı da aşısız özelliğe sahip olmaktadır. Bu özellikler ise dayanıklılık, bozucu etkinin yeterince söndürülmesi ve düşük maliyet özelliklerini garantilemektedir (Kim ve Manabe 2001).

Tek giriş-tek çıkışlı bir sistem için KDM standart blok diyagramı Şekil 1'de verilmiştir. Burada r kontrol sisteminin girişini, y çıkışını, u kontrol işaretini ve d ise sisteme etkiyen

bozucu işareti ifade etmektedir. Şekilde kontrol edilmesi istenen sistemin transfer fonksiyonu için $N(s)$ pay polinomu ve $D(s)$ ise payda polinomu olarak gösterilmiştir. Aynı şekilde kontrolör transfer fonksiyonu için $A(s)$ payda polinomu, $F(s)$ referans pay polinomu ve $B(s)$ ise geri besleme pay polinomu olarak verilmiştir. $A(s)$ ve $B(s)$ polinomları



Şekil 1. KDM kontrol sistemine ait blok diyagram.

$$A(s) = \sum_{i=0}^p l_i s^i \text{ ve } B(s) = \sum_{i=0}^q k_i s^i \quad (1)$$

şeklinde tanımlanırken, $F(s)$ ise sıfırıncı dereceden bir polinom formundadır. İki serbestlik dereceli kontrol sistem yapısı şeklindeki bu yapı ile hem arzu edilen referans işaret takip edilmekte ve hem de sisteme etkiyen bozucu işaret rahatlıkla söndürülebilmektedir (Manabe ve Kim 2000). Kapalı çevrim sistemine ait çıkış ifadesi

$$y = \frac{N(s)F(s)}{P(s)} r + \frac{N(s)A(s)}{P(s)} d \quad (2)$$

şeklinde olup, $P(s)$ karakteristik polinomu

$$P(s) = A(s)D(s) + N(s)B(s) = \sum_{i=0}^n a_i s^i \quad (3)$$

ile ifade edilmektedir.

KDM’de tasarım parametreleri eşdeğer zaman sabiti τ , kararlılık indeksi γ_i ve kararlılık sınır indeksi γ_i^* olup, karakteristik polinomun Denklem (3)’teki katsayıları cinsinden

$$\gamma_i = \frac{a_i^2}{a_{i+1}a_{i-1}}, \quad i=1 \sim (n-1), \quad \gamma_0 = \gamma_n = \infty \quad (4)$$

$$\tau = a_1/a_0 \quad (5)$$

$$\gamma_i^* = \frac{1}{\gamma_{i-1}} + \frac{1}{\gamma_{i+1}} \quad (6)$$

şeklinde tanımlanırlar (Manabe, 1994). Eşdeğer zaman sabiti kontrol sisteminin zaman cevabının hızını tayin ederken, kararlılık indeksi ve kararlılık sınır indeksi ise zaman cevabının şeklini, kontrol sisteminin kararlılık ve dayanıklılığını tayin eder. Denklem (4)-(6)'dan yola çıkılarak Denklem (3)'teki a_i katsayıları

$$a_i = \frac{a_0 \tau^i}{\gamma_{i-1} \gamma_{i-2}^2 \dots \gamma_1^{i-1}} \quad (7)$$

şeklinde ifade edilir. Son olarak Denklem (3)'teki karakteristik polinom, Denklem (4)-(7) yardımıyla tasarım parametreleri cinsinden

$$P_h(s) = a_0 \left[\sum_{i=2}^n \left(\prod_{j=1}^{i-1} \frac{1}{\gamma_{i-j}^j} \right) (\tau s)^i \right] + \tau s + 1 \quad (8)$$

olarak elde edilir. Denklem (8), tasarıma başlarken belirlenen tasarım parametreleri göz önüne alınarak oluşturulan hedef karakteristik polinom olarak kullanılmaktadır.

KDM'de hedef karakteristik polinomun seçilmesi işlemi için Standart Manabe Formunun kullanılması tavsiye edilir. Bu formda, kararlılık indeksleri

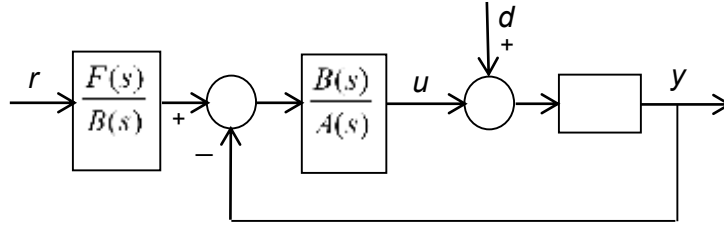
$$\gamma_1=2.5, \quad \gamma_i=2, \quad i=2 \sim (n-1), \quad \gamma_0=\gamma_n=\infty \quad (9)$$

olarak seçilir. Formun en önemli özellikleri şu şekilde özetlenebilir (Manabe 1998):

- Standart form kullanılarak tasarlanan kontrol sistemine ait basamak fonksiyonu cevabının aşırımsız olması,
- Kapalı çevrimli sistemin birim basamak fonksiyonuna olan cevabı için yerleşme süresinin $(2.5 \sim 3)\tau$ civarında olması,
- Tasarlanan kontrolörün kabul edilebilir kazanç ve faz sınır payı değerlerine sahip olması.

Kararlılık indeksleri standart formdaki gibi seçildiğinde, kontrol sisteminin dayanıklılığı oldukça iyi olmaktadır. Denklem (9)'da verilen standart değerler tasarımcının arzu ettiği performansın özelliğine göre $\gamma_i > 1.5\gamma_i^*$ için değiştirilebilir. Bu sayede tasarımcı kontrolör tasarımında tam bir serbestliğe kavuşmuş olur (Manabe ve Kim, 2000).

KDM ile ilgili daha ayrıntılı bilgi edinmek için Manabe (1998), Koksall ve Hamamci (2004) ile Manabe ve Kim (2021) yayınları incelenebilir. KDM kullanarak yapılan çeşitli kontrol sistem tasarımları Kim ve diğ. (2000), Ucar ve Hamamci (2000), Kim ve diğ. (2001), Hwang ve diğ. (2002), Hamamci ve diğ. (2002), Hamamci ve Koksall (2003), Hamamci (2004), Hamamci ve diğ. (2007), Kayan ve diğ. (2014), Hamamci (2014), Deniz ve Günay (2022) ile Hamamci ve Kaygusuz (2025) tarafından rapor edilmiştir.



Şekil 2. KDM kontrol sistemi için birim geri beslemeli eşdeğer blok diyagramı.

3. ÖNERİLEN PID TASARIM PROSEDÜRÜ

Fiziksel olarak endüstride kullanılan sistemlerin çoğu ölü zaman gecikmesine sahiptir ve bu durum minimum olmayan fazlı sistemler için de geçerlidir. Literatürde bu tür sistemler için birçok matematiksel model önerilmiştir. Bu çalışmada minimum olmayan fazlı bir sistemin

$$G(s) = \frac{K(-T_z s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\theta s} \quad (10)$$

şeklinde ifade edilen ikinci dereceden zaman gecikmeli modeli göz önüne alınacaktır (Cimen ve Boz 2019). Burada K kazanç, θ zaman gecikmesi, T_1 ve T_2 sistemin zaman sabitlerini ve T_z ise ters cevap zaman sabiti değerini ifade eder.

Şekil 2’de KDM kontrol sisteminin birim geri beslemeli eşdeğer şeması verilmiştir. Şekilde görülen $B(s)/A(s)$ ana kontrolör olup yapısı

$$G_c(s) = K_p + K_i/s + K_d s \quad (11)$$

şeklinde olan PID kontrolör tipindedir. İleri-yönlü kontrolör olan $F(s)/B(s)$ ise bir ön-filtre (prefilter) elemanı olup değeri tasarımın sonunda belirlenmektedir. Şekilde görülen kapalı çevrim sisteminin karakteristik denklemi

$$P(s) = 1 + (K_p + K_i/s + K_d s) \frac{K(-T_z s + 1)}{(T_1 s + 1)(T_2 s + 1)} e^{-\theta s} = 0 \quad (12)$$

şeklinde elde edilir. Eşitlik düzenlenerek payda ifadesi ortadan kaldırılırsa

$$s(T_1 s + 1)(T_2 s + 1) + K(K_d s^2 + K_p s + K_i)(-T_z s + 1)e^{-\theta s} = 0 \quad (13)$$

bulunur.

Kapalı çevrim kontrol sistemi için arzu edilen kutupların yerleri $s = \alpha$ ve $s = \sigma \mp j\omega$ şeklinde olduğu farz edilsin ($\alpha, \sigma < 0$). Bu kutup değerlerinin Denklem (13)’te yerine konulması ile PID parametrelerine bağlı denklemlerin elde edilmesi mümkündür. Buna göre $s = \alpha$ ifadesi, Denklem (13)’te yerine konulup, eşitlik düzenlendiğinde

$$\alpha K_p + K_i + \alpha^2 K_d = -M e^{\alpha \theta} \quad (14)$$

elde edilirken, aynı denklemde $s = \sigma + j\omega$ ifadesi yerine konulup gerekli düzenlemeler yapıldıktan sonra gerçel ve sanal kısımlar ayrı ayrı sıfıra eşitlendiğinde

$$EK_p + FK_i + GK_d = -Ae^{\sigma\theta} \quad (15)$$

$$HK_p + JK_i + LK_d = -Be^{\sigma\theta} \quad (16)$$

elde edilir. Denklem (14)-(16)'da verilen denklem sisteminde, ifadeyi basitleştirmek amacıyla kullanılan katsayılar

$$M = (T_1 T_2 \alpha^3 + (T_1 + T_2) \alpha^2 + \alpha) / (-KT_z \alpha + K)$$

$$A = T_1 T_2 (\sigma^3 - 3\sigma\omega^2) + (T_1 + T_2)(\sigma^2 - \omega^2) + \sigma$$

$$B = T_1 T_2 (3\sigma^2 \omega - \omega^3) + (T_1 + T_2)(2\sigma\omega) + \omega$$

$$E = (K\sigma - KT_z(\sigma^2 - \omega^2)) \cos \omega\theta + (K\omega - 2KT_z\sigma\omega) \sin \omega\theta$$

$$F = (K - KT_z\sigma) \cos \omega\theta - KT_z\omega \sin \omega\theta$$

$$G = (K(\sigma^2 - \omega^2) - KT_z(\sigma^3 - 3\sigma\omega^2)) \cos \omega\theta + (2K\sigma\omega - KT_z(3\sigma^2\omega - \omega^3)) \sin \omega\theta$$

$$H = (K\omega - 2KT_z\sigma\omega) \cos \omega\theta - (K\sigma - KT_z(\sigma^2 - \omega^2)) \sin \omega\theta$$

$$J = -KT_z\omega \cos \omega\theta - (K - KT_z\sigma) \sin \omega\theta$$

$$L = (2K\sigma\omega - KT_z(3\sigma^2\omega - \omega^3)) \cos \omega\theta - (K(\sigma^2 - \omega^2) - KT_z(\sigma^3 - 3\sigma\omega^2)) \sin \omega\theta$$

şeklinde tanımlanır. Son olarak, Denklem (14)-(16)'da verilen denklem sistemi çözülerek PID kontrolör parametreleri elde edilir. Bu noktada, denklem sisteminde bulunan α , σ ve ω değerlerinin nasıl belirleneceği önem kazanmaktadır. Bu konuda Denklem (8) ile verilen hedef karakteristik polinomundan yararlanılacaktır. Buna göre $n=3$ için bu polinom

$$P_h(s) = (\tau^3 / \gamma_1^2 \gamma_2) s^3 + (\tau^2 / \gamma_1) s^2 + \tau s + 1 \quad (17)$$

şeklinde elde edilir. τ , γ_1 ve γ_2 değerleri Denklem (17)'de yerine konularak denklemin kökleri ve dolayısı ile α , σ ve ω değerleri kolayca bulunabilir.

Şekil 1'de referans pay polinomu olarak tanımlanan $F(s)$, aslında sıfırıncı dereceden bir polinom olup

$$F(s) = P(s) / N(s)|_{s=0} = K_i \quad (18)$$

şeklinde seçilir. Böylece kapalı çevrimli sistemin kalıcı hal cevabında meydana gelebilecek olan herhangi bir kalıcı hal hatası sıfıra indirilmiş olur. Bu durumda Şekil 2'deki ileri-yönlü kontrolör ise

$$G_f(s) = \frac{F(s)}{B(s)} = \frac{K_i}{(K_d s^2 + K_p s + K_i)} \quad (19)$$

olarak belirlenir. Denklem (19)'a dikkat edilirse ileri yönlü kontrolörün parametreleri doğrudan PID kontrolör parametrelerine bağlıdır. İki serbestlik dereceli kontrol sistemleri için önerilen çoğu kontrol metodunda ileri yönlü kontrolör için farklı parametreler ve ekstra

hesaplamalara ihtiyaç vardır. Önerilen yöntem bu noktada tasarımcıya önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Son olarak, Şekil 2’de verilen kontrol sistemi simüle edilerek kontrol işaretinin doyum seviyesine ulaşp ulaşmadığı kontrol edilir. Eğer sistem doyuma gidiyorsa τ yeterince artırılır ve işlemler tekrar edilir. Benzer şekilde $|u(t)|$ çok küçükse τ arzu edilen miktarda küçültülerek sistem cevabı hızlandırılabilir.

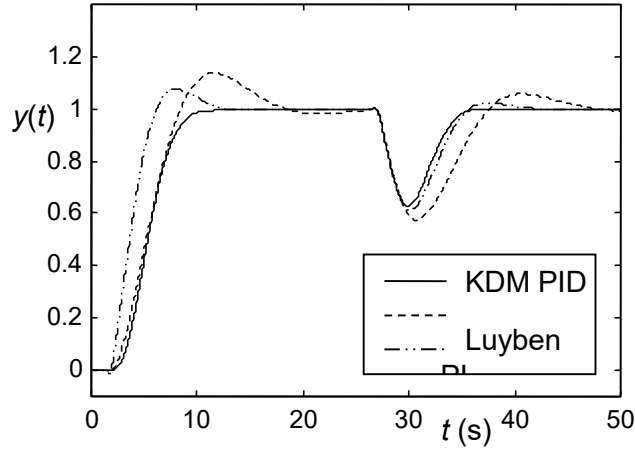
4. SİMULASYON ÖRNEĞİ

Bu örnekte, daha önce Luyben (2003) ile Chien ve diğ. (2003) tarafından kontrol edilen

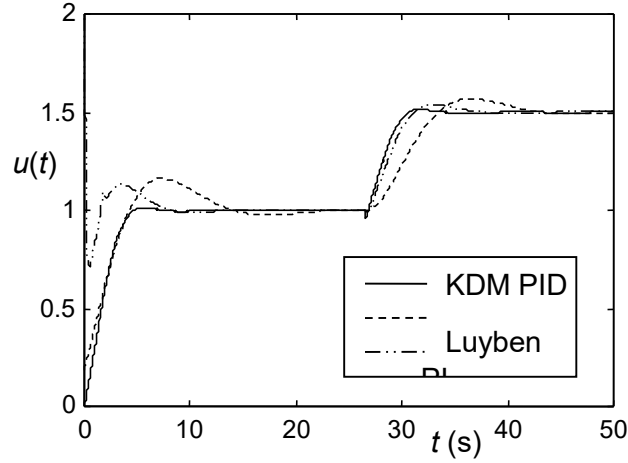
$$G(s) = \frac{-0.2s + 1}{(s + 1)^2} e^{-1.6s} \quad (20)$$

sistemi göz önüne alınacaktır. Büyük zaman gecikmesine sahip bu sisteme $t=30$ s’de ve genliği -0.5 olan basamak fonksiyonu şeklinde bir bozucu işaret uygulanmaktadır.

Denklem (20)’de verilen sistemi kontrol etmek için Luyben parametreleri $K_c=0.19$ ve $T_i=0.2209$ olan bir PI kontrolör, Chien ise parametreleri $K_c=0.29$, $T_i=1$, $T_d=1$ ve $\alpha_c=0.1$ olan bir PID kontrolör kullanmıştır. Her iki kontrol sistemi için birim basamak fonksiyonu cevapları göz önüne alındığında en iyi yerleşme süresinin 11.2 s. olduğu görülmektedir. Buna göre daha iyi bir zaman cevabı elde etmek için, KDM tabanlı PID kontrol metodunda hedef yerleşme süresi yaklaşık olarak 9 s. olarak belirlenmiştir. $t_s \approx 3\tau$ ilişkisinden faydalananarak $\tau=3$ olarak seçilmiş ve γ_i kararlılık indeksi ise standart Manabe formundaki değerler olarak seçilmiştir. Yapılan hesaplamalar sonucu KDM tabanlı PID kontrolör parametreleri $K_p=0.7061$, $K_i=0.3082$, $K_d=0.4145$ olarak elde edilmiştir. Her üç kontrol yöntemi ile tasarlanan kontrolör için, kapalı çevrim sistemine ait birim basamak fonksiyonu cevapları Şekil 3’te ve kontrolörün ürettiği kontrol işaretleri ise Şekil 4’te görülmektedir. Her iki şekilden KDM tabanlı PID kontrol sisteminin, ölü zaman gecikmesine sahip minimum olmayan fazlı sistemin kontrolünde hem birim basamak fonksiyonu cevabı ve hem de kontrol işaretinin genliği açısından daha başarılı bir sonuç verdiği görülmektedir. Ayrıca önerilen PID kontrol yönteminin bozucu işareti söndürme özelliği bakımından da daha başarılı olduğu açıktır.



Şekil 3. Kapalı çevrim birim basamak fonksiyonu cevapları.



Şekil 4. Kapalı çevrimli sistemlerin ürettiği kontrol işaretleri.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, PID kontrolör kullanılarak minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolü için KDM'nin temel prensipleri kullanılarak yeni bir tasarım prosedürü verilmiştir. Bu prosedürde en önemli nokta, ölü zaman gecikmesi yerine onun Pade yaklaşımının kullanılmaması ve KDM tasarım parametrelerinin uygun bir şekilde seçilerek arzu edilen zaman cevabına sahip kontrol sisteminin kolayca tasarlanmasıdır. Sunulan PID kontrol yöntemi, minimum olmayan fazlı sistemlerin kontrolünde kullanılan diğer kontrol tekniklerine göre daha basit, sistematik ve açıktır. Bölüm 4'te verilen karşılaştırmalı tasarım örneği ile sunulan bu prosedürün ne kadar başarılı bir şekilde ortaya konulduğu gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

- Åström, K. J., & Hägglund, T. (2005). Advanced PID control. ISA Publishing.
- Åström, K. J., & Murray, R. M. (2010). Feedback systems: An introduction for scientists and engineers. Princeton University Press.
- Barot, T., & Kubalcik, M. (2014). Predictive control of non-minimum phase systems. In Proceedings of the 15th International Carpathian Control Conference (ICCC 2014) (pp. 23–27). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CarpathianCC.2014.6843563>
- Book, W. J. (1993) Controlled motion in an elastic world. Journal of Dynamic Systems Measurement and Control, Transactions of the ASME, 115, 252–261.

- Chen, X., Zhai, G., & Fukuda, T. (2004). An approximate inverse system for nonminimum-phase systems and its application to disturbance observer. *Systems & Control Letters*, 52(3–4), 193–207. <https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2003.11.011>
- Chien, I. L., Chung, Y.-C., Chen, B.-S., & Chuang, C.-Y. (2003). Simple PID controller tuning method for processes with inverse response plus dead time or large overshoot response plus dead time. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 42, 4461–4477.
- Cimen, M. E., & Boz, A. F. (2019). İkinci dereceden ölü zamanlı ve geri tepmeli sistem parametrelerinin, röle testi ve PSO, CS, FA algoritmaları ile belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(1), 461–477. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.416507>
- Cokmez, E., & Kaya, I. (2024). Optimal design of I–PD controller for disturbance rejection of time-delayed unstable and integrating–unstable processes. *International Journal of Systems Science*, 55(9), 1610–1638. <https://doi.org/10.1080/00207721.2024.2314215>
- Deniz, F. N., & Gunay, M. (2022). Coefficient diagram method based decentralized controller for fractional order TITO systems. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 10(2), 198–208. <https://doi.org/10.17694/bajece.984815>
- Dorf, R. C., & Bishop, R. H. (2016). *Modern control systems* (13th ed.). Pearson Education.
- Erickson, R. W., & Maksimovic, D. (2020). *Fundamentals of power electronics* (3rd ed.). Springer.
- Eves, K. J., & Valasek, J. (2023). Adaptive control for non-minimum phase systems via time scale separation. In *Proceedings of the American Control Conference (ACC)* (pp. 4223–4228). IEEE. <https://doi.org/10.23919/ACC55779.2023.10155827>
- Franklin, G. F., Powell, J. D., & Emami-Naeini, A. (2015). *Feedback control of dynamic systems* (7th ed.). Pearson Education.
- Goodwin, G. C., Graebe, S. F., & Salgado, M. E. (2001). *Control system design*. Prentice Hall.
- Goud, E.C., Seshagiri Rao, A., Chidambaram, M. (2021). Simple PID Controller Design for Non-minimum Phase FOPTD and SOPTD Processes. In: Kumar, R., Singh, V.P., Mathur, A. (eds) *Intelligent Algorithms for Analysis and Control of Dynamical Systems. Algorithms for Intelligent Systems*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-8045-1_19
- Hamamci, S. E. (2004). Simple polynomial controller design by the coefficient diagram method. *WSEAS Transactions on Circuits and Systems*, 3(4), 951–956.
- Hamamci, S. E. (2014). A new PID tuning method based on transient response control. *Balkan Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2(3), 132–138.
- Hamamci, S. E., Bhaba, P. K., Somasundaram, S., & Karunanithi, T. (2007). Two degree of freedom transient response control for unstable processes. In *Proceedings of TIMA 2007 (5th International Conference on Trends in Industrial Measurements and Automation)* (pp. 145–150).
- Hamamci, S. E., & Kaygusuz, A. (2025). Controller design for neutral systems. In M. A. Özçelik (Ed.), *Current studies in electrical and electronics engineering I*. Livre de Lyon.
- Hamamci, S. E., & Koksall, M. (2003). Robust controller design for TITO processes with coefficient diagram method. In *Proceedings of the IEEE Conference on Control Applications (CCA 2003)* (pp. 1431–1436). IEEE. <https://doi.org/10.1109/CCA.2003.1223224>
- Hamamci, S. E., Koksall, M., & Manabe, S. (2002). Robust position control of a radar antenna with the coefficient diagram method. In *Proceedings of the 4th Asian Control Conference (ASCC 2002)* (pp. 1785–1790).
- Huang, Y. J., & Wang, Y. J. (2001). Robust PID controller design for non-minimum phase time delay systems. *ISA Transactions*, 40(1), 31–39. [https://doi.org/10.1016/S0019-0578\(00\)00036-7](https://doi.org/10.1016/S0019-0578(00)00036-7)
- Hwang, C., Hwang, J. H., & Hwang, L. F. (2002). Design of PID-deadtime control for time-delay systems by coefficient diagram method. In *Proceedings of the 4th Asian Control Conference* (pp. 1178–1182).
- Insuasti, S., Gómez-Guerra, G., Scaglia, G., & Camacho, O. (2025). Linear Algebra-Based Internal Model Control Strategies for Non-Minimum Phase Systems: Design and Evaluation. *Processes*, 13(9), 2942. <https://doi.org/10.3390/pr13092942>
- Kayan, H., Hamamci, S. E., & Göğebakan, V. (2014). Durum gecikmeli sistemler için basit kontrolör tasarımı. *TOK 2014 Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, Kocaeli, Türkiye*.
- Kim, Y. C., Cho, T. S., & Kim, H. S. (2000). Comparative studies of control design method. In *Proceedings of the 3rd Asian Control Conference (ASCC 2000)* (pp. 2061–2066). Shanghai, China.

- Kim, Y. C., Jung, D. K. & Hur, M. J. (2001) Application of CDM to MIMO systems: control of hot rolling mill. *Trans Control Autom Syst Eng*, 3(4):2091–2096.
- Kim, Y. C., & Manabe, S. (2001). Introduction to coefficient diagram method. *IFAC Proceedings Volumes*, 34(13), 147–152. [https://doi.org/10.1016/S1474-6670\(17\)38981-4](https://doi.org/10.1016/S1474-6670(17)38981-4)
- Koksal, M., & Hamamci, S. E. (2004). *A program for the design of linear time invariant control systems: CDMCAD*. Computer Applications in Engineering Education, 12(3), 165–174. <https://doi.org/10.1002/cae.20011>.
- Kumar, V., Ranganayakulu, R., Uday Bhaskar Babu, G., Dahake, P. (2024). Robust IMC-Based Integer and Fractional Filter PID Controller Design for Non-minimum Phase Systems. In: Gabbouj, M., Pandey, S.S., Garg, H.K., Hazra, R. (eds) *Emerging Electronics and Automation. E2A 2022. Lecture Notes in Electrical Engineering*, vol 1088. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-6855-8_8
- Laila, M., Houda, B. M., & Said, N. A. (2017) New sliding mode control for non-minimum phase systems. In *Proceedings of the 14th International Multi-Conference on Systems, Signals & Devices (SSD)*. (637-642). <https://doi.org/10.1109/SSD.2017.8166954>
- Levine, W. S. (Ed.). (2000). *Control system fundamentals*. CRC Press.
- Liu, R., Nie, Z., Shao, H., Fang, H., & Luo, J.-L. (2023). Active disturbance rejection control for non-minimum phase systems under plant reconstruction. *ISA Transactions*, 134, 497–510. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2022.08.017>
- Luyben, W. L. (2003) Identification and Tuning of Integrating Processes with Deadtime and Inverse Response. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 42(13), 3030-3035. <https://doi.org/10.1021/ie020935j>
- Manabe, S. (1994). Coefficient diagram method as applied to the attitude control of controlled-bias-momentum satellite. In *Proceedings of the 13th IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace*. Palo Alto, CA.
- Manabe, S. (1998). Coefficient diagram method. In *Proceedings of the 14th IFAC Symposium on Automatic Control in Aerospace*. Seoul, South Korea.
- Manabe, S., & Kim, Y. C. (2000). Recent development of coefficient diagram method. In *Proceedings of the 3rd Asian Control Conference (ASSC'2000)*. Shanghai, China.
- Manabe, S., & Kim, Y. C. (2021). Coefficient diagram method for control system design. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-16-0546-8>.
- Morari, M. (1992). Effect of design on the controllability of chemical plants. In *IFAC Workshop on Interactions between Process Design and Control*. London, U.K.
- Noueili, L., Chagra, W., & Ksouri, M. L. (2017) Optimal iterative learning control for a class of non-minimum phase systems. *International Journal of Modelling, Identification and Control*. 28(3), 284-294. <https://doi.org/10.1504/IJMID.2017.086564>
- Ogata, K. (2010). *Modern control engineering* (5th ed.). Prentice Hall.
- Patil, P., Anchan, S. S., & Rao, C. S. (2022). Improved PID controller design for an unstable second order plus time delay non-minimum phase systems. *Results in Control and Optimization*. 7, 100117. <https://doi.org/10.1016/j.rico.2022.100117>
- Seborg, D., Thomas, F.E. & Duncan, A.M. (2004) *Process dynamics and control*, John Wiley and Sons.
- Sidi, M. J. (2001). *Design of robust control systems: From classical to modern practical approaches*. Krieger Publishing Company.
- Goud, E. C., Chidambaram, M., & Rao, A.S. (2022). Novel design of PID controllers for minimum and non-minimum phase time delay processes for enhanced performance. *International Journal of Automation and Control*. 16(6), 689-715. <https://doi.org/10.1504/IJAAC.2022.126082>
- Ucar, A., & Hamamci, S. E. (2000). A controller based on coefficient diagram method for the robotic manipulators. In *Proceedings of the IEEE International Conference on Electronics, Circuits and Systems (ICECS 2000)* (pp. 777–780). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICECS.2000.912992>
- Uren, K., & van Schoor, G. (2011). Predictive PID Control of Non-Minimum Phase Systems. *InTech*. <https://doi.org/10.5772/18888>
- Verma, S. K., Yadav, S., & Nagar, S. K. (2016). Optimized fractional order PID controller for non-minimum phase system with time delay. In *Proceedings of the International Conference on Emerging Trends in Electrical Electronics & Sustainable Energy Systems (ICETEESES)*, Sultanpur, India, 169-173. <https://doi.org/10.1109/ICETEESES.2016.7581379>.



- Santos, J. E. W., Trierweiler, J. O., & Farenzena, M. (2019) MIMO PID tuning for nonminimum phase systems: setting attainable limits for a stable behaviour. IFAC-PapersOnLine. 52(1) 964-969. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2019.06.187>.
- Yadav, M., Giri, A. K., & Ozana, S. (2025). Control strategies for non-minimum phase systems. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-96-2351-8>
- Yadav, S., Verma, S. K., & Nagar, S. K. (2015) Design of an optimized PID controller for non-minimum phase system with delay. In Proceedings of the 39th National Systems Conference (NSC), Greater Noida, India, 1-4, <https://doi.org/10.1109/NATSYS.2015.7489096>

NANOKİL TAKVİYELİ E-CAM LİFİ/EPOKSİ KOMPOZİTLERİN TALAŞ OLUŞUMU AÇISINDAN İŞLEME PARAMETRELERİNİN OPTİMİZASYONU

Sakine KIRATLI

Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,
18100

Çankırı

ORCID: 0000-0001-6292-5605

Hüseyin GÖKÇE

Çankırı Karatekin University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering,
18100 Çankırı

ORCID: 0000-0002-2113-1611

ÖZET

Bu çalışmada, nanokil takviyeli ve katkısız E-cam lifi/epoksi tabakalı kompozitlerin delme işlemi sırasında oluşan talaş davranışı incelenmiştir. Delik delme sırasında elde edilen talaş uzunlukları kalite karakteristiği olarak seçilmiş ve bu çıktıyı etkileyen işleme parametreleri Taguchi L16 ortogonal dizi kullanılarak optimize edilmiştir. Kontrol faktörleri olarak malzeme, matkap ucu geometrisi, kesme hızı ve ilerleme miktarı belirlenmiş; talaş uzunluğunun en küçük olması hedeflenmiştir. Deneysel bulgular, talaş oluşumu üzerinde etkili parametrenin matkap ucu geometrisi olduğunu, bunu ilerleme miktarı, malzeme ve kesme hızının izlediğini göstermiştir. En kısa talaşlar, kademeli geometrili matkap ucuyla elde edilirken, burğu uçlu matkap en uzun talaş formlarını üretmiştir. SEM analizleri, kademeli matkap ucunda daha düzenli ve pürüzsüz lif kesitleri oluştuğunu; burğu uçlu matkapla yapılan deliklerde ise lif kopmaları ve düzensiz kesit morfolojilerinin meydana geldiğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Tabakalı kompozit, nanokil, Taguchi metodu, delme, talaş oluşumu

OPTIMIZATION OF PROCESSING PARAMETERS FOR NANOCCLAY-REINFORCED E-GLASS/EPOXY COMPOSITES IN TERMS OF CHIP FORMATION

ABSTRACT

In this study, the chip behavior of nano-clay reinforced and unmodified E-glass/epoxy laminated composites during drilling was investigated. Chip lengths obtained during hole drilling were selected as a quality characteristic, and the process parameters affecting this output were optimized using the Taguchi L16 orthogonal array. The control factors were determined as material, drill bit geometry, cutting speed, and feed rate, with the goal of minimizing chip length. Experimental findings showed that the most effective parameter on chip formation was drill bit geometry, followed by feed rate, material, and cutting speed. The shortest chips were obtained with the stepped-geometry drill bit, while the twist drill produced the longest chip forms. SEM analyses revealed that the stepped drill bit produced more regular

and smooth fiber cross-sections, while the holes made with the twist drill exhibited fiber breaks and irregular cross-sectional morphologies.

Keywords: Laminated composite, nanoclay, Taguchi method, drilling, chip formation.

1. GİRİŞ

Kara, hava ve deniz taşımacılığı ürünlerinde özellikle yüksek mukavemet, yüksek rijitlik ve hafiflik istendiğinden büyük oranda kompozit malzemeler kullanılmaktadır. Ayrıca bu malzemeler savunma sanayi, inşaat, enerji sektörü, spor ekipmanları, biyomedikal, elektrik-elektronik, kimya endüstrisi gibi daha birçok alanda kendilerine yer bulmaktadır [1]. Özellikle birçok endüstri üstün mekanik, kimyasal, fiziksel, termal, elektriksel özellikleri ve çok yönlü işleme teknikleri nedeni ile polimer matrisli kompozitleri incelemektedir [2]. Bu kompozitler yüksek mekanik dayanım istenilen yerlerde cam (E, S, C vb.), karbon ve aramid gibi sürekli fiberlerle takviye edilmektedir. Bu anlamda sürekli elyaf ile polimer matrisin birleştirilmesiyle oluşan tabakalı kompozit malzemeler uygulamada özel bir öneme sahiptir [3].

Tabakalı kompozit malzemeler ya birbirlerine ya da yapıyı oluşturan diğer bileşenlere montaj edilerek kullanılmaktadır. Bu montajların büyük çoğunluğunda perçinli veya cıvatalı birleştirmelerden yararlanılmaktadır. Özellikle uçağın birçok bölgesinde (gövde, kanat vb.) yaygın olarak bu birleştirme türü mevcuttur [4]. Bu tip birleştirmelerde ilgili malzemelere delik delinmesi kaçınılmazdır. Böyle bir işlem yaparken delik kalitesinin yüksek olması istenmektedir. Delik delme esnasında delaminasyon (tabakaların birbirinden ayrılması) gibi hasar mekanizmalarının oluşmamasına dikkat edilmelidir. Düzgün yüzeyli, pürüzsüz, kaliteli delikler hem montaj kolaylığı sağlamakta hem de malzemenin ömrü üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır [5]. Ayrıca delme sürecinde oluşan kuvvetler, matkap ucu ve takım tezgâhı seçiminde de önemli bir kriterdir [6].

Polimer matrisli kompozitlerin üretilmesi esnasında matris yapıya eklenen takviye elemanları ile malzemenin mekanik özelliklerinde önemli ölçüde artışlar gözlenmektedir [7,8]. Son yıllarda matrise karbon nanotüp, nanokil, grafen, nanofiber gibi nano boyutta dolgu maddeleri eklenmiş ve kompozitin çeşitli özelliklerinde iyileştirmelere rastlanmıştır. Mekanik, termal, elektriksel gibi birçok özelliğin yanında işlenebilirlik özellikleri de nanodolgu maddeleriyle güçlendirilmiştir. Nanokil ucuz ve bol olması nedeniyle birçok işlenebilirlik araştırmasında dolgu malzemesi olarak kullanılmıştır [9-11]. Ayrıca nanokil diğer dolgu malzemeleri ile birleştirilerek hibrit olarak da polimer matrise eklenmiştir [12,13]. Talaş oluşumu ise Monoranu ve ark. [14] tarafından silika nanoparçacıkları, kauçuk mikropartikülleri ve bunların birleşimi eklenen karbon fiber/epoksi kompozitlerde incelenmiştir. Bu partiküllerin,

lif oryantasyonundan bağımsız olarak talaş oluşumunu değiştirdiği ve her katkı türü ile oranın kesme kuvvetlerini kendine özgü şekilde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Bu çalışmada, katkısız ve farklı oranlarda nanokil ihtiva eden tabakalı kompozit malzemelerin delinmesi sonucunda oluşan talaş formları incelenmiştir. Taguchi L16 ortogonal dizi kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır. Taguchi metodu ile kalite karakteristiği olarak belirlenen talaş uzunluğu kontrol faktörleri (malzeme, matkap ucu, kesme hızı ve ilerleme miktarı) ve seviyeleri optimize edilmiştir. Ayrıca varyans analizi ile kontrol faktörlerinin önem seviyeleri belirlenmiştir.

2. MALZEME VE YÖNTEMLER

Bu çalışmada nanokil takviyeli E-cam lifi/epoksi malzeme kullanılmıştır. Tek yönlü cam lifi 300 g/m² ağırlığındadır, diglycidyl ether of bisphenol-A tipi epoksi (F-1564) ve sertleştirici (F-3487) 100:34 oranında karıştırılmıştır. Kompozit malzemelerin imalatı el yatırma ve vakum torbalama yöntemiyle yapılmıştır.

Deneylerde kullanılan kesici takımlar, endüstriyel işlemlerde sıklıkla tercih edilen farklı geometrilere sahip kaplamasız Yüksek Hız Çeliği (HSS) malzemeden üretilen matkap uçlarıdır. Bu matkap uçları düşük maliyete sahip olduklarından kompozitlerin delinmesinde sıklıkla tercih edilir [15,16]. Deneylerde kullanılan matkap uçları, geometrileri ve bazı temel ölçüleri Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’de β : Uç açısı, β_0 : Helis açısı, K: Kaplama, L: Matkap ucu boyu, L_1 : Helis kanal uzunluğu, z: Helis kanal sayısını temsil etmektedir.

Tablo 1. Deneylerde kullanılan matkap uçları ve boyutları

B1	B2	B3	B4
			
Ø5 mm step	Ø5 mm ağaç	Ø5 mm 90°	Ø5 mm 140°
β_1 : 135° - β_2 : 90° β_0 : 30° - L: 80 mm L_1 : 47 mm - z: 2	β : 140° - β_0 : 30° L: 100 mm L_1 : 60 mm - z: 2	β : 90° - β_0 : 30° L: 80 mm L_1 : 40 mm - z: 2	β : 140° - β_0 : 30° L: 80 mm L_1 : 50 mm - z: 2

Deneyler, Arion IMM-600 CNC dik işleme merkezinde 150 mm × 25 mm boyutlarındaki numunelerin bir bağlama kalıbı ile tezgâh tablasına montaj edilerek yapılmıştır. Kuru şartlarda yapılan delme deneyleri sonunda oluşan talaşlar 5 megapiksel, 2592×1944 çözünürlüğe sahip dijital mikroskop ile görüntülenmiştir.

Deney tasarımında ekonomik ve hızlı çözüm için Taguchi L16 ortogonal dizisi kullanılmıştır. İlgili malzemeler için kontrol faktörleri ve seviyeleri literatürde yer alan benzer çalışmalar ve yapılan ön deneyler sonucunda belirlenmiştir. Deneylerde kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan kontrol faktörleri ve seviyeleri [9]

Kontrol faktörleri	Kod	Seviyeler			
		1	2	3	4
Malzeme	A	% 0	% 1	% 3	% 5
Matkap ucu	B	1	2	3	4
Kesme hızı (m/dakika)	C	35	70	105	140
İlerleme miktarı (mm/devir)	D	0.04	0.08	0.12	0.16

Deneylerde talaş uzunluğu kalite karakteristiği olarak belirlenmiş ve kontrol faktörlerinin optimizasyonu için deneyler yapılmıştır. Kontrol faktörlerinin optimum seviyelerini belirlemek için talaş uzunluğu değerlerinin düşük olması arzu edilir. Bu amaçla Sinyal/Gürültü oranının (S/N) hesaplanmasında Eşitlik 1’de verilen *en küçük en iyi* amaç fonksiyonu kullanılmıştır. Eşitlikte; n: toplam deney sayısı, i: deney sırası ve Y: ölçüm sonucudur.

$$\begin{aligned} S/N \\ = -10 \log \left(1/n \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \end{aligned} \quad (1)$$

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Kompozit malzemelerin delinmesinde oluşan talaş uzunluğu değerleri ve *en küçük en iyi* amaç fonksiyonu ile elde edilen S/N oranları Tablo 3’te verilmiştir. Talaş uzunluğu için hesaplanan ortalama S/N oranlarının kontrol faktörlerine göre dağılımı ve S/N oranları için ana etki grafikleri Şekil 1’de verilmiştir.

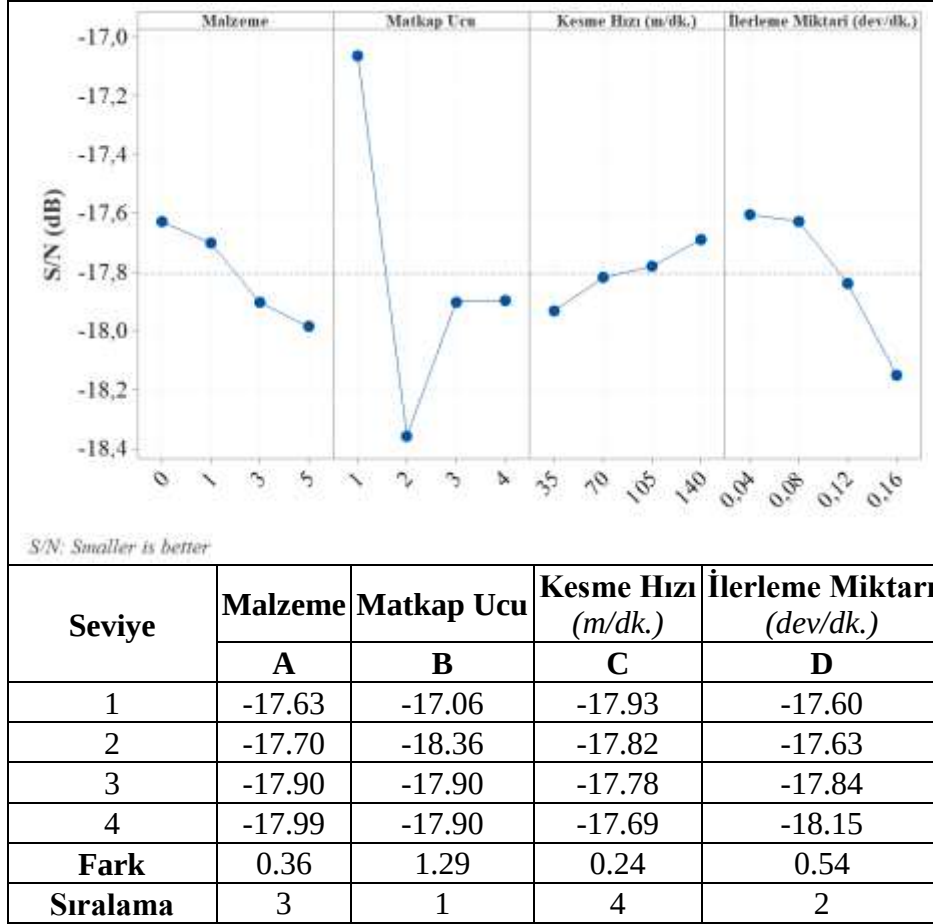
Tablo 3. Deneyler sonucunda ölçülen talaş uzunluğu ve hesaplanan S/N oranları

Test No	Malzeme	A	Matkap Ucu	B	Vc (m/dk)	C	f (mm/devir)	D	Talaş Uzunluğu (mm)	S/N (dB)
1	% 0		1		35		0.04		7.1	-17.0659
2	% 0		2		70		0.08		7.8	-17.8419
3	% 0		3		105		0.12		7.7	-17.7673
4	% 0		4		140		0.16		7.8	-17.8419
5	% 1		1		70		0.12		7.0*	-16.9020
6	% 1		2		35		0.16		8.7**	-18.7570
7	% 1		3		140		0.04		7.3	-17.3060
8	% 1		4		105		0.08		7.8	-17.8419
9	% 3		1		105		0.16		7.3	-17.3060
10	% 3		2		140		0.12		8.5	-18.6224
11	% 3		3		35		0.08		7.8	-17.8419
12	% 3		4		70		0,04		7.8	-17.8419
13	% 5		1		140		0.08		7.1	-16.9843
14	% 5		2		105		0.04		8.1	-18.2054
15	% 5		3		70		0.16		8.6	-18.6900
16	% 5		4		35		0.12		8.0	-18.0618

* En kısa talaş uzunluğu ve ** En uzun talaş uzunluğu

Şekil 1'deki S/N oranlarının en yüksek ve en düşük noktaları incelendiğinde talaş uzunlukları üzerinde etkili olan en önemli kontrol faktörünün matkap ucu olduğu görülmektedir. Talaş uzunluğu üzerinde etkili olan kontrol faktörlerinin önem sırası sırasıyla matkap ucu, ilerleme miktarı, malzeme ve kesme hızı olduğu görülmektedir.

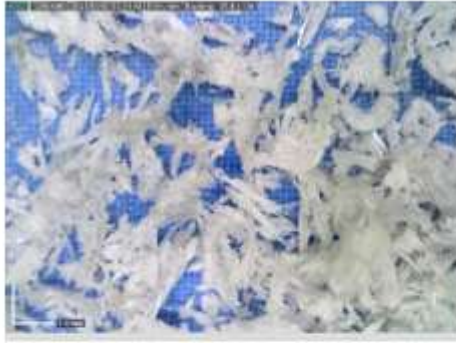
Katkısız tabakalı kompozit malzemelerin delinmesinde oluşan talaşların uzunlukları nanokil katkısının miktarına bağlı olarak nispeten artış göstermiştir. Bu durum kaktı maddesi ilavesinin ve miktarının artması ile malzeme mukavemet değerlerinin artması ve talaşın kopmasını zorlaştırması ile açıklanabilir [8]. İlerleme miktarının artması ile talaş kesit alanı artacağından talaşı koparmak için daha fazla güce ihtiyaç duyulur. Bundan dolayı ilerleme miktarının artmasıyla uzun talaşların oluşması beklenen bir sonuçtur. Kesme hızındaki artışa paralel olarak da talaşların daha kısa formlarda koptuğu görülmektedir. Kesme hızının ısı oluşumunu artırdığı bilinen bir durumdur. Isı malzemenin mekanik özelliklerini düşürmekte ve talaşın kırılması veya kopması için gerekli olan gücün düşmesine neden olmaktadır.



Şekil 1. Talaş uzunluklarının ortalama S/N oranları için ana etki grafikleri

Talaş uzunluğu üzerinde en etkili kontrol faktörünün matkap ucu olduğu ana etki grafiklerinde açıkça görülmektedir. Bu grafikler aynı zamanda hangi matkap ucunun daha etkili olduğunu da göstermektedir. Optimizasyonda amaç S/N oranlarını maksimize etmektir. Grafik incelendiğinde 1 numaralı kademeli matkap ucunun en iyi performans gösterdiği görülmektedir. En düşük performans ise 2 numaralı burğu tip ağaç matkabı göstermiştir. 3 ve 4 numaralı 90° ve 140° uç açılına sahip matkap uçları ise birbirlerine oldukça yakın performans sergilemiştir. 1 numaralı matkap ucunun ilk kademesi Ø2.5 mm'dir. Bu talaş kesit alanını düşürmekte ve daha dar talaşların daha hızlı kırılmasına neden olmaktadır. 2 numaralı matkap ucunda ise burğu vardır. Bu burğu kesme sürecinde etkili değildir. Matkabın delik merkezinden daha az sapması ve daha tutarlı geometrik ve boyut toleranslarının elde edilmesi için kullanılmaktadır [17]. Matkap ucunda burğu kısmından sonra başlayan esas kesici kenarların daha keskin ve dar açılıya sahip olması talaş kesit kalınlığının artmasına ve talaşların daha geç kopmasına neden olacaktır. Şekil 2a'da en fazla 7 mm boya ulaşan talaşlar, Şekil 2b'de kullanılan matkap ucu (kademeli matkap ucu), Şekil

2c’de en fazla 8.7 mm boya ulaşan talaşlar ve Şekil 2d’de kullanılan matkap ucu (burgu uçlu matkap ucu) gösterilmektedir.



(a)



(b)



(c)

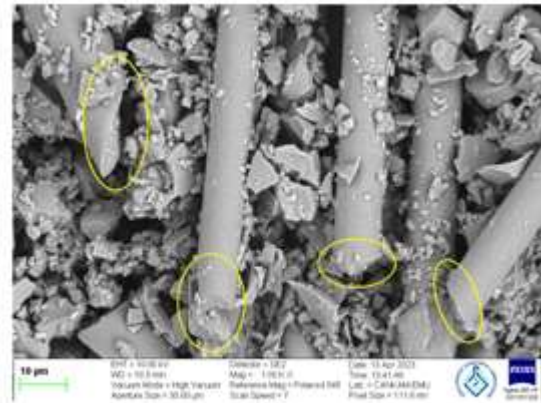


(d)

Şekil 2. En kısa (test no 5), en uzun (test no 6) talaşlar ve kullanılan matkap uçları (B1 ve B2)



(a)



(b)

Şekil 3. a: test no 5 ve b: test no 6’ya ait talaşların SEM görüntüleri

Şekil 3a’da test no:5 (B1-kademeli) ve Şekil 3b’de test no:6 (B2-burgu uçlu) matkap uçları ile oluşan talaşların SEM görüntüleri verilmiştir. Şekil 3a’da talaş yüzeylerindeki liflerin kesit alanları incelendiğinde delme işleminde liflerin kesilmesinden kaynaklı daha düzenli ve pürüzsüz lif kesitlerinin olduğu görülmektedir. Şekil 3b’de ise lif yapılarında kopmaların meydana geldiği (lif kesit alanlarındaki değişimler) ve bu nedenle daha pürüzlü ve düzensiz lif kesitlerinin meydana geldiği gözlemlenmiştir.

Delme işleminde oluşan kuvvetler, lif kesiti üzerinde çekme gerilmesine neden olduğu ve böylece liflerin zorlaması sonucu lif yapılarında kopmaların meydana geldiği düşünülmektedir. Ayrıca, kopma kaynaklı deformasyonların, delme sırasında artan sıcaklık nedeniyle lif mukavemetini azalttığı ve liflerin daha sünek bir davranış sergilemesine yol açtığı düşünülmektedir. Literatürde kompozit malzemelerde en sık raporlanan tipik hasar türleri arasında lif çekilmesi, lif-matris ara yüzeyinden ayrılma ve lif kırılması yer almaktadır [18,19].

YORUMLAR

Bu çalışmada nanokil katkısının ve delme parametrelerinin E-cam lifi/epoksi tabakalı kompozitlerde talaş oluşumu üzerindeki etkisi sistematik olarak değerlendirilmiştir. Taguchi L16 tasarımıyla elde edilen sonuçlar, talaş oluşumu üzerinde en baskın kontrol faktörünün matkap ucu geometrisi olduğunu açıkça göstermiştir. Kademeli matkap ucu, daha küçük talaş kesit alanı oluşturmaya neden olmuştur. İlerleme miktarının artmasıyla talaş kesit alanı büyümüş ve talaşların kopması güçleşmiştir. Nanokil katkı oranı arttıkça malzemenin mukavemetinin yükselmesi talaşın kırılmasını zorlaştırarak talaş uzunluğunda artışa yol açmıştır. Kesme hızının yükselmesi ise ısı yumuşama etkisiyle daha kısa talaş oluşumunu desteklemiştir.

SEM görüntüleri, matkap ucu geometrisinin lif kesit morfolojisini doğrudan etkilediğini; kademeli uçta düzenli kesitler oluşurken burğu uçta lif kopmalarının belirginleştiğini göstermiştir. Tüm bulgular birlikte değerlendirildiğinde, optimum talaş oluşumu için kademeli matkap ucu, düşük ilerleme miktarı ve uygun kesme hızlarının tercih edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar, kompozit malzemelerde delik delme kalitesinin artırılması ve talaş yönetiminin geliştirilmesi açısından mühendislik uygulamalarına önemli katkı sunmaktadır.

TEŞEKKÜR

Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne MF210621B20 nolu proje ile verdikleri desteklerden dolayı teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Oladele, I.O., Omotosho, T.F., & Adediran, A.A. (2020). Polymer-based composites: an indispensable material for present and future applications. *International Journal of Polymer Science*, 2020(1), 8834518.
- [2] Kangishwar, S., Radhika, N., Sheik, A.A., Chavali, A., & Hariharan, S. (2023). A comprehensive review on polymer matrix composites: material selection, fabrication, and application. *Polymer Bulletin*, 80(1), 47-87.
- [3] Azad, M.M., Cheon, Y., Raouf, I., Khalid, S., & Kim, H.S. (2025). Intelligent computational methods for damage detection of laminated composite structures for mobility applications: a comprehensive review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 32(1), 441-469.

- [4] Hasanzadeh, M., & Zadeh, S.M. (2022). Advanced fibrous composites for aircraft application. In *Materials, structures and manufacturing for aircraft* (pp. 89-112). Cham: Springer International Publishing.
- [5] Meng, F., Yang, J., Yang, G., Lu, H., Dong, Z., Kang, R., ... & Qin, Y. (2024). A visual measurement method for deep holes in composite material aerospace components. *Sensors*, 24(12), 3786.
- [6] Bolat, Ç., Karakılınç, U., Yalçın, B., Öz, Y., Yavaş, Ç., Ergene, B., ... & Akkoyun, F. (2023). Effect of drilling parameters and tool geometry on the thrust force and surface roughness of aerospace grade laminate composites. *Micromachines*, 14(7), 1427.
- [7] Kiratli, S., & Aslan, Z. (2022). Influence of multi-walled carbon nanotubes with different diameters and lengths on the tension, shear and bending performance of glass/epoxy laminates. *Polymer Bulletin*, 79(7), 4801-4826.
- [8] Kiratli, S., & Aslan, Z. (2023). Investigation of mechanical properties of nanoclay modified E-glass/epoxy composites. *Journal of Composite Materials*, 57(16), 2501-2512.
- [9] Kiratli, S., & Gökçe, H. (2025). Optimizing drilling parameters for unidirectional glass fiber/nanoclay-epoxy matrix composites using gray relational analysis and response surface methodology. *Iranian Polymer Journal*, 34(3), 413-431.
- [10] Ragunath, S., Velmurugan, C., & Kannan, T. (2017). Optimization of drilling delamination behavior of GFRP/clay nano-composites using RSM and GRA methods. *Fibers and Polymers*, 18(12), 2400-2409.
- [11] Gheshlaghi, M.R., Mobarakian, M., & Safarabadi, M. (2024). Investigating experimental and numerical effects of nano additives on distortion of cured unsymmetrical composite laminates. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 46(11), 633.
- [12] Vijayananth, K., Pudhupalayam Muthukutti, G., Keerthiveetil Ramakrishnan, S., Venkatesan, S., & Zhou, W. (2024). An integrated CRITIC-COPRAS approach for multi-response optimization on AWJM of hybrid filler-reinforced polymer composite and its surface integrity. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 131(9), 4965-4980.
- [13] Pramod, R., & GB, V.K. (2024). Investigation of the effect of drilling induced delamination and tool wear on residual strength in polymer nanocomposites. *FME Transactions*, 52(4).
- [14] Monoranu, M., Mitchell, R.L., Kerrigan, K., Fairclough, J.P.A., & Ghadbeigi, H. (2022). The effect of particle reinforcements on chip formation and machining induced damage of modified epoxy carbon fibre reinforced polymers (CFRPs). *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 154, 106793.
- [15] Nassar, M.M., Arunachalam, R., & Alzebdeh, K.I. (2017). Machinability of natural fiber reinforced composites: a review. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88(9), 2985-3004.
- [16] Gökçe, H., Yavuz, M., & Çiftçi, İ. (2020). An investigation into the performance of HSS drills when drilling commercially pure molybdenum. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*, 38(1), 61-70.
- [17] Du, Y., Yang, T., Liu, C., & Sun, Y. (2022). Damage performance in drilling of carbon fiber-reinforced polyetheretherketone composites using drills with different geometries. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 121(3), 1743-1753.
- [18] Ravi Chandran, K.S. (2022). Fatigue of fiber-reinforced composites, damage and failure. *Journal of the Indian Institute of Science*, 102(1), 439-460.
- [19] Uflyand, I.E., Irzhak, T.F., & Irzhak, V.I. (2022). Formation of fiber composites with an epoxy matrix: state-of-the-art and future development. *Materials and manufacturing processes*, 37(7), 723-747.

FOTOVOLTAİK–BATARYA ENERJİ DEPOLAMA HİBRİT SİSTEMLERİNDE SOC HESAPLAMA YÖNTEMLERİNİN EKONOMİK ETKİSİ

Kübra Nur AKPINAR

Marmara University, Vocational School of Technical Science, Electric and Energy Department,
Kartal, İstanbul

ORCID: 0000-0003-4579-4070

ÖZET

Fotovoltaik (PV) üretimin yaygınlaşması, güç değişkenliğinin azaltılması ve piyasa temelli işletmenin desteklenmesi amacıyla batarya enerji depolama sistemlerinin (BEDS) kullanımını gerekli kılmaktadır. PV–BEDS hibrit sistemlerine yönelik birçok çalışmada enerji yönetim stratejileri ele alınmasına rağmen, SOC hesaplama yönteminin ekonomik etkisi çoğunlukla göz ardı edilmektedir. Oysa SOC tahmini, bataryanın işletme sınırlarını doğrudan etkileyerek güç dağıtımı, elde edilen gelir ve batarya ömrü üzerinde belirleyici bir rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, şebekeye bağlı bir PV–BEDS hibrit sisteminde SOC hesaplama yöntemlerinin ekonomik etkisi incelenmiştir. İstanbul için 2023 yılına ait saatlik gerçek güneş ışıınımı, ortam sıcaklığı ve piyasa takas fiyatı verileri kullanılarak 30 MW kurulu güce sahip bir PV santrali ile 30 MW / 30 MWh lityum-iyon BEDS’den oluşan bir sistem analiz edilmiştir. Fiyat temelli bir işletme senaryosu altında, iki farklı SOC hesaplama yöntemi Coulomb sayımı ve birinci dereceden Thevenin eşdeğer devre modeline dayalı genişletilmiş Kalman filtresi (EKF) aynı işletme koşulları altında karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, farklı SOC hesaplama yöntemlerinin batarya kullanım miktarı, enerji çevrimi ve yıllık gelir üzerinde ölçülebilir farklılıklara yol açtığını göstermektedir. Ayrıca, eşdeğer tam çevrim sayısındaki değişimler, SOC hesaplama yönteminin batarya ömrü tüketimi ve buna bağlı degradasyon maliyetlerini de etkileyebileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, SOC hesaplamanın yalnızca bir izleme aracı olmadığını, aynı zamanda PV–BEDS hibrit sistemlerinin ekonomik performansı ve uzun dönem sürdürülebilirliği açısından önemli bir unsur olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik sistemler; Batarya enerji depolama sistemleri; SOC tahmini; Ekonomik analiz; PV–BEDS hibrit sistemleri.

ECONOMIC IMPACT OF STATE-OF-CHARGE ESTIMATION IN PV–BESS HYBRID SYSTEMS

ABSTRACT

The increasing use of photovoltaic (PV) generation requires battery energy storage systems (BESS) to reduce power variability and support market-based operation. Although many studies focus on energy management strategies for PV–BESS hybrid systems, the economic effect of the state-of-charge (SOC) calculation method is often neglected. In practice, SOC

estimation directly affects battery operating limits, which influences power dispatch, revenue, and battery lifetime.

This study analyzes the economic impact of SOC estimation methods in a grid-connected PV–BESS hybrid system. A system consisting of a 30 MW PV plant and a 30 MW / 30 MWh lithium-ion BESS is evaluated using real hourly solar irradiance, ambient temperature, and market clearing price data for Istanbul in 2023. A price-based operational scenario is considered, and two SOC estimation methods Coulomb counting and an extended Kalman filter (EKF) based on a first-order Thevenin equivalent circuit model are compared under identical operating conditions.

The results show that different SOC estimation methods lead to noticeable differences in battery usage, energy throughput, and annual revenue. In addition, variations in equivalent full cycles indicate that SOC estimation also affects battery lifetime consumption and degradation-related costs. These findings demonstrate that SOC estimation is not only a monitoring task but also an important factor influencing the economic performance and long-term sustainability of PV–BESS hybrid systems.

Keywords: Battery energy storage systems; State-of-charge estimation; Economic analysis; PV–BESS hybrid systems

1. INTRODUCTION

The increasing penetration of PV systems driven by decarbonization targets and declining technology costs has significantly transformed modern power systems. However, the inherent variability and intermittency of solar energy introduce operational challenges, particularly in grid-connected applications. BESS have therefore become an essential component of PV-based hybrid systems, enabling energy shifting, peak shaving, and improved utilization of renewable generation. In such systems, the SOC of the battery plays a central role in operational decision-making, directly influencing charging and discharging actions, system reliability, and economic performance.

Accurate SOC estimation has been widely recognized as a critical requirement for the safe and efficient operation of battery systems. Existing studies have primarily focused on improving SOC estimation accuracy using advanced techniques such as artificial neural networks and data-driven methods to enhance battery reliability and lifetime (Qays et al., 2020a; Qays et al., 2020b). Other research has investigated SOC-based management strategies and their impact on optimal battery sizing, system reliability, and levelized cost of energy, particularly in residential and off-grid PV applications (Jamroen & Vongkoon, 2023). From a techno-economic perspective, several studies have analyzed PV–BESS hybrid systems under different tariff structures, optimization frameworks, and long-term operational horizons,

emphasizing cost reduction, payback period, and market participation benefits (Worighi et al., 2019; Zhao, 2023; Aripriharta et al., 2025). Despite these contributions, SOC is generally treated as a perfectly known state variable, and the choice of SOC estimation method itself is rarely questioned in economic analyses.

Consequently, the potential impact of SOC estimation approaches on operational behavior, market dispatch decisions, and economic outcomes remains largely unexplored. Small deviations in SOC estimation may alter battery availability near operational limits, thereby affecting energy throughput, revenue generation, and battery degradation over time. Addressing this gap, the present study investigates how different SOC calculation methods specifically Coulomb counting and EKF approaches affect the economic performance and cycling behavior of a grid-connected PV–BESS hybrid system. By isolating SOC estimation as an independent variable, this work provides new insights into the role of SOC estimation accuracy not only as a monitoring function but also as a determinant of economic sustainability in PV–BESS applications.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data

This work investigates the operating characteristics of a PV–BESS hybrid system using real hourly datasets specific to Istanbul. Solar resource inputs, including global horizontal irradiance (G) and ambient temperature (T), were derived from long-term observational records, with the year 2023 selected as the representative analysis horizon (meteoblue AG, n.d.). The irradiance dataset captures both seasonal trends and intraday variability in solar availability, while the temperature profile reflects the thermal conditions that influence photovoltaic performance. To account for economic driving factors, hourly market clearing prices (Piyasa Takas Fiyatı – PTF) from Türkiye’s day-ahead electricity market were incorporated into the analysis (EPIAŞ, 2024). All meteorological and market datasets were aligned on an hourly basis over the same annual timeframe, with no temporal interpolation applied. This ensured full time-series consistency and provided a reliable foundation for the subsequent energy management strategy and operational control assessments.

2.2. PV Power Calculation

The Irradiance and temperature impacts are taken into account when calculating the instantaneous PV power output. $P_{PV(t)}$, the PV output power, is determined by

$$P_{pv}(t) = P_{rated} \left(\frac{G(t)}{G_{STC}} \right) [1 + \gamma (T_{cell}(t) - T_{STC})] \quad (2)$$

where P_{rated} represent the installed PV power (30 MW), $G_{STC}=1000 \text{ W/m}^2$, is the irradiance at standard test conditions, $T_{STC}=25 \text{ }^{\circ}\text{C}$ is the reference cell temperature, and γ is the temperature coefficient of power, set to $-0.004^{\circ}\text{C}^{-1}$ (Brihmat & Mekhtoub, 2014).

2.3. Battery Energy Storage System (BESS) Model

The BESS model employed in this study is defined using representative pack-equivalent parameters summarized in Table 1. Electrical, energy, and efficiency parameters are selected in accordance with established standards and literature to realistically capture the dynamic charge–discharge behavior of the battery system (Bašić et al., 2022), (Plett, 2004).

Table 1. Key parameters of the pack-equivalent battery energy storage system model

Parameter	Symbol	Value	Unit
Nominal DC Voltage	V_{nom}	1000	V
Nominal Energy	E_{nom}	30	MWh
Nominal Power	P_{nom}	30	MW
Ohmic Resistance	R_0	3	m Ω
RC Branch Resistane	R_1	5	m Ω
RC Branch Capacitance	C_1	5	kF
Time Constant	$\tau=R_1C_1$	25	s
Charge efficiency	η_{ch}	0.95	–
Discharge efficiency	η_{dis}	0.95	–

2.3.1. Coulomb Counting (CC)

The dynamics of SOC are stated as:

$$SOC_{k+1} = SOC_k + \frac{\eta_{ch}P_{ch} - P_{dis}/\eta_{dis}}{E_{nom}} \Delta t \quad (3)$$

where E_{nom} is the battery's rated energy capacity, Δt is the simulation time step, set to one hour, η_{ch} and η_{dis} are the charging and discharging efficiencies, and $P_{ch(t)}$ and $P_{dis(t)}$ reflect the battery's charging and discharging power at time t, respectively (Dong et al., 2025).

2.3.2. Extended Kalman Filter (EKF)

Figure 1 illustrates the Thevenin-based 1RC equivalent circuit model used to represent the dynamic electrical behavior of the battery. The model consists of an open-circuit voltage source (OCV), an ohmic resistance R_0 accounting for instantaneous voltage drops, and a

parallel R_1C_1 branch capturing the transient polarization effects and diffusion dynamics. The terminal voltage V_t is obtained as a function of the load current and the internal voltage across the RC network.

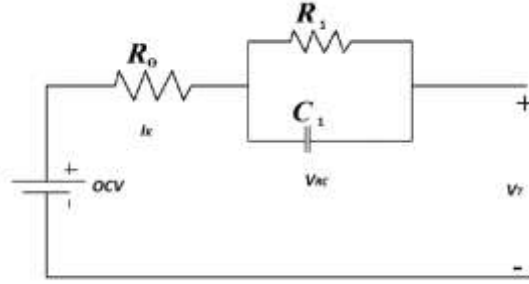


Fig. 1. Schematic of the Thevenin 1RC model (He et al.,2013)

The battery dynamics are represented using a Thevenin-based 1RC equivalent circuit model, where the system states are defined as the state of charge and the voltage across the RC network. Accordingly, the state vector is expressed as

$$\mathbf{x} = [SOC, V_{RC}]^T \quad (4)$$

The SOC evolution is modeled using an energy-based Coulomb counting formulation, where the battery current I_k directly governs the charge balance. The discrete-time SOC update equation is given by

$$SOC_{k+1} = SOC_k - \frac{I_k \Delta t}{Q_{eq}} \quad (5)$$

with Q_{eq} denoting the equivalent battery capacity.

The transient voltage dynamics associated with electrochemical polarization effects are captured by the RC branch. The voltage across the RC network follows a first-order discrete-time model derived from the continuous-time circuit equation:

$$V_{RC,k+1} = e^{-\Delta t/(R_1C_1)} V_{RC,k} + \left(1 - e^{-\Delta t/(R_1C_1)}\right) R_1 I_k \quad (6)$$

The terminal voltage measurement equation is nonlinear due to the SOC-dependent open-circuit voltage characteristic and is expressed as

$$V_t = OCV(SOC) - I_k R_0 - V_{RC} \quad (7)$$

Within the EKF framework, the above state and measurement equations constitute the nonlinear process and observation models. At each time step, the state prediction is obtained using the discrete-time state equations, while the measurement update relies on linearization of the output equation around the current operating point. SOC is constrained within predefined limits

$$\text{SOC}_{\min} \leq \text{SOC}(t) \leq \text{SOC}_{\max} \quad (8)$$

The BESS in this study has an initial state of charge of 50% and a rating of 30 MW/30 MWh. ($\eta_{ch} = \eta_{dis} = 0.95$)

2.4. PV - BESS Hybrid System

This work considers a PV integrated with a BESS operated through an economic dispatch algorithm. The aim of the proposed strategy is to increase market-based income by electrical energy across time in response to price variations. Operational decisions are governed by upper and lower price limits obtained from a statistical assessment of hourly day-ahead market prices.

At times when market prices remain below the lower threshold, photovoltaic output is primarily directed toward charging the battery, while respecting the converter ratings and SOC boundaries of the storage system. When prices rise above the upper threshold, the battery is activated in discharge mode, supplying additional power to the grid together with the instantaneous PV production. Under this operating scheme, the total power injected into the grid can be formulated as

$$P_{\text{grid}}(t) = P_{\text{PV}}(t) + P_{\text{BESS}}(t) \quad (8)$$

In this formulation, the BESS power variable $P_{\text{BESS}}(t)$ takes positive values when the battery delivers energy to the grid and negative values when it absorbs energy during charging. The evolution of the battery state of charge is computed using an energy-based Coulomb counting and EKF approach.

3. RESULTS

Figure 2 compares the yearly SOC profiles obtained using Coulomb counting and EKF-based SOC estimation for the PV–BESS hybrid system. Both methods respect the predefined SOC operating limits of 10% and 90%; however, noticeable differences are observed in the temporal evolution of SOC, particularly during periods of frequent charge–discharge activity. While Coulomb counting directly tracks the accumulated battery current, the EKF-based approach incorporates voltage dynamics through a first-order equivalent circuit model, leading to deviations in SOC estimation near operational boundaries. These differences affect the available charging and discharging margins and, consequently, influence battery dispatch decisions during high and low price intervals.

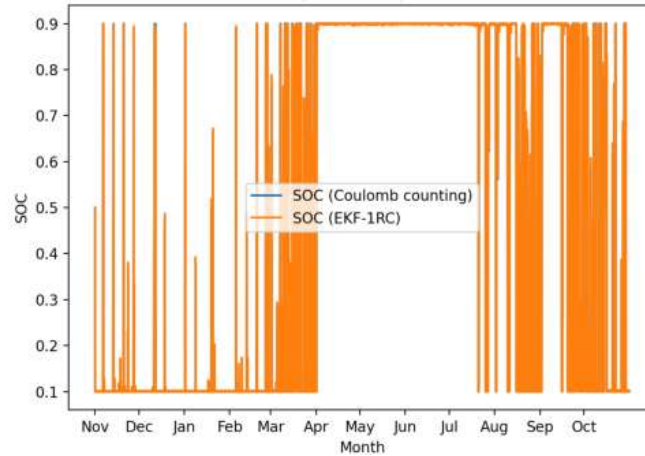


Figure 2. Yearly SOC profiles obtained using Coulomb counting and EKF-based estimation

Figure 3 presents the hourly difference between the SOC values estimated using the EKF and Coulomb counting methods over the 2023 horizon. The Δ SOC remains close to zero for most of the operating period, indicating general consistency between the two approaches. However, intermittent peaks of up to $\pm 3\%$ are observed, particularly during months with intensive battery utilization. These deviations occur mainly during rapid charging and discharging events and near SOC boundary regions, where estimation errors are more likely to propagate. Although relatively small in magnitude, these SOC differences are sufficient to alter battery availability constraints, which explains the observed variations in energy throughput, revenue, and equivalent full cycles reported in the economic analysis.

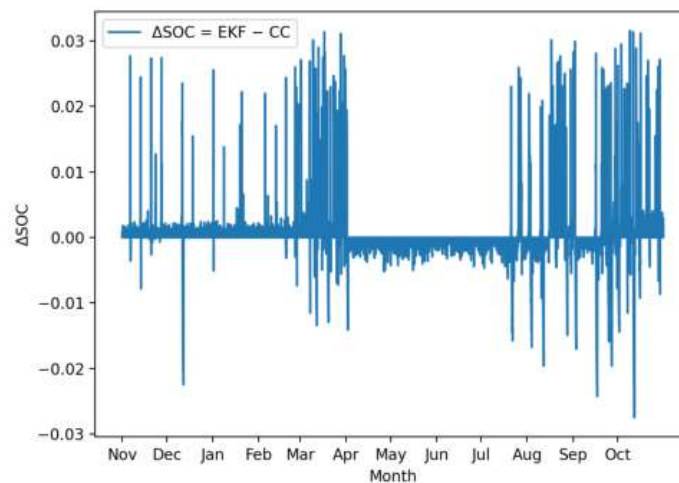


Fig. 3. Hourly difference between EKF and Coulomb-counting-based SOC estimates (Δ SOC = EKF – CC)

Table 2 presents the economic outcomes obtained using different SOC estimation methods under identical PV generation, market prices, and operating conditions. While total PV energy remains unchanged, EKF-based SOC estimation allows slightly higher battery utilization, resulting in increased annual revenue and higher equivalent full cycles compared to Coulomb counting.

Table 2. Economic comparison of SOC estimation methods in the PV–BESS hybrid system*

Parameter	SOC Estimation with CC	SOC Estimation with EKF
PV Installed Capacity	30 MW	30 MW
BESS Rated Power / Energy	30 MW / 30 MWh	30 MW / 30 MWh
Total PV Energy	42,641.12 MWh	42,641.12 MWh
SOC Estimation Method	Coulomb counting (hourly)	EKF (1RC Thevenin model)
Total Annual Revenue (PTF)	89.42 million TL	89.59 million TL
Revenue Difference (EKF – CC)	–	+164,532.57 TL

*The presented revenues represent gross market revenues calculated using hourly PTF values, excluding capital expenditure (CAPEX) and operational expenditure (OPEX).

The difference in annual revenue originates from the way the SOC estimation method affects battery operating constraints. In the PV–BESS hybrid system, the amount of energy sold to the grid at each hour depends on whether the battery is allowed to charge or discharge. This decision is governed by the SOC value and its predefined operating limits. When the SOC is estimated differently, the battery may be permitted to discharge in certain hours under one method, while being restricted under another. As a result, the battery charging and discharging power profiles change, leading to variations in the power injected into the grid and, consequently, the market revenue.

In this study, both SOC estimation methods were applied under identical PV generation, market prices, and operating conditions. However, due to differences in SOC estimation, the EKF-based approach enabled additional battery discharge during high-price periods compared to Coulomb counting. This resulted in a higher amount of energy being delivered to the grid. Over the 2023 operating horizon, the total annual revenue obtained using Coulomb counting was 89.42 million TL, while the EKF-based SOC estimation yielded a total revenue of 89.59 million TL. The resulting revenue difference between the two methods was 164,532.57 TL, corresponding to an increase of approximately 0.17 million TL.

Although this revenue increase may appear modest relative to the total annual income, it is achieved solely by changing the SOC estimation method, without modifying the PV capacity, battery size, market prices, or operating strategy. This confirms that SOC estimation is an operationally relevant factor that can directly influence the economic performance of PV–BESS hybrid systems.

4. DISCUSSION

This study shows that the SOC estimation method has a direct impact on the operational and economic behavior of a PV–BESS hybrid system, even when all other system parameters and operating conditions remain unchanged. Although Coulomb counting and EKF-based SOC estimation produce similar overall SOC profiles, small deviations emerge during periods of

frequent charging and discharging and near SOC operating limits. These deviations affect whether the battery is allowed to charge or discharge at specific hours, thereby modifying the battery power profile.

From an economic view, the results demonstrate that SOC estimation differences propagate into measurable changes in annual revenue. The EKF-based SOC estimation enables additional battery discharge during certain high-price periods compared to Coulomb counting, which results in higher annual revenue. However, this increased utilization is accompanied by higher battery energy throughput and equivalent full cycles, indicating increased battery usage. Therefore, SOC estimation uncertainty should not be considered only as a measurement issue but rather as an operational factor that can influence dispatch feasibility and profitability in PV–BESS hybrid systems.

5. CONCLUSION

This study examined the economic impact of state-of-charge (SOC) estimation methods in a grid-connected PV–BESS hybrid system using a real meteorological and electricity market data. A 30 MW photovoltaic plant integrated with a 30 MW / 30 MWh lithium-ion battery energy storage system was analyzed under a single price-based operating framework. Coulomb counting and EKF-based SOC estimation methods were compared under identical operating conditions.

The results show that even small differences in SOC estimation can affect battery dispatch decisions, leading to measurable changes in energy throughput and annual revenue. In the analyzed case, EKF-based SOC estimation increased annual revenue by approximately 0.17 million TL compared to Coulomb counting, while also resulting in higher battery utilization and equivalent full cycles. These findings confirm that SOC estimation is an economically relevant factor and should be considered as part of PV–BESS hybrid system operation and assessment.

Future studies will extend this work by evaluating advanced SOC estimation approaches, including artificial intelligence and hybrid model-based methods, and by integrating more detailed battery degradation models. The interaction between SOC estimation accuracy, energy management strategies, and long-term battery lifetime will also be investigated to support more economically sustainable PV–BESS system operation.

REFERENCES

- Aripriharta, A., Adiguna, S., Afandi, A. N., & Bagaskoro, M. C. (2025). Techno-economic modeling and analysis of a photovoltaic electric vehicle charging system with battery energy storage on Kalimantan Island. *Global Energy Interconnection*, 8, 225–239.
<https://doi.org/10.1016/j.gloi.2025.01.003>
- Bašić, M., Vukadinović, D., Višnjić, V., & Rakić, I. (2022). Dynamic equivalent circuit models of lead-acid batteries—a performance comparison. *IFAC-PapersOnLine*, 55(4), 189–194.

- Brihmat, F., & Mekhtoub, S. (2014, June). *PV cell temperature/PV power output relationships: HOMER methodology calculation*. In *Conférence Internationale des Énergies Renouvelables (CIER)* (Vol. 13).
- Dong, J., Wang, R., Wang, H., Hua, S., Geng, G., & Jiang, Q. (2025). Adaptive SOC estimation of grid-level BESS for multiple operational scenarios. *Journal of Energy Storage*, 132, 117776.
- EPIAS. (2024). *Real-time electricity generation data*. Retrieved March 27, 2024, from <https://seffaflik.epias.com.tr/electricity/electricity-generation/ex-post-generation/real-timegeneration>
- He, H., Qin, H., Sun, X., & Shui, Y. (2013). Comparison study on the battery SoC estimation with EKF and UKF algorithms. *Energies*, 6(10), 5088-5100.
- Jamroen, C., & Vongkoon, P. (2023). The role of state-of-charge management in optimal techno-economic battery energy storage sizing for off-grid residential photovoltaic systems. *Journal of Energy Storage*, 72, 108246. <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108246>
- meteoblue AG. (n.d.). *Historical weather data export*. Retrieved January 15, 2023, from <https://www.meteoblue.com/tr/hava/archive/export>
- Qays, O., Ahmed, K., & Hasan, A. (2020a). Battery state-of-charge estimation for photovoltaic systems using neural networks. *Applied Sciences*, 10(24), 8799. <https://doi.org/10.3390/app10248799>
- Qays, O., Ahmed, K., & Hasan, A. (2020b). Neural network-based battery state-of-charge estimation for photovoltaic energy systems. *Energies*, 13(13), 3434. <https://doi.org/10.3390/en13133434>
- Plett, G. L. (2004). Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs: Part 3. State and parameter estimation. *Journal of Power sources*, 134(2), 277-292.
- Worighi, I., Geury, T., El Baghdadi, M., Van Mierlo, J., Hegazy, O., & Maach, A. (2019). Optimal Design of Hybrid PV-Battery System in Residential Buildings: End-User Economics, and PV Penetration. *Applied Sciences*, 9(5), 1022. <https://doi.org/10.3390/app9051022>
- Zhao, Z. (2023). Operation Simulation and Economic Analysis of Household Hybrid PV and BESS Systems in the Improved TOU Mode. *Sustainability*, 15(11), 8853. <https://doi.org/10.3390/su15118853>

FOTOVOLTAİK–BATARYA ENERJİ DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN EKONOMİK ANALİZİ

Kübra Nur AKPINAR

Marmara University, Vocational School of Technical Science, Electric and Energy Department,
Kartal, İstanbul

ORCID: 0000-0003-4579-4070

ÖZET

Enerji arz güvenliğinin sağlanması ve karbon nötr hedeflerine ulaşılması doğrultusunda, fotovoltaik (PV) enerji santrallerinin batarya enerji depolama sistemleri (BEDS) ile entegrasyonu giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle elektrik piyasalarında fiyat dalgalanmalarının arttığı koşullarda, depolama sistemleri PV üretiminin zamansal esnekliğini artırarak ekonomik performansın iyileştirilmesine olanak sağlamaktadır. Bu çalışma, şebekeye bağlı bir PV santralinin bataryalı ve bataryasız işletimini karşılaştırmalı olarak inceleyerek, BEDS entegrasyonunun ekonomik katkısını gerçek piyasa koşulları altında analiz etmektedir.

Çalışmada, İstanbul için 2023 yılına ait saatlik güneş ışınlamı, ortam sıcaklığı ve gün öncesi piyasa takas fiyatı (PTF) verileri kullanılmıştır. İlk senaryoda, 30 MW kurulu güce sahip PV santrali batarya olmaksızın işletilmiştir. İkinci senaryoda ise aynı PV santrali, 30 MW / 30 MWh kapasiteli bir BEDS ile entegre edilerek fiyat odaklı bir işletme stratejisi uygulanmıştır. Bataryanın şarj ve deşarj kararları saatlik PTF sinyallerine göre belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlar, BEDS entegrasyonunun toplam enerji üretimini değiştirmeksizin yıllık piyasa gelirini anlamlı ölçüde artırdığını göstermektedir. Bulgular, kural tabanlı batarya kontrol stratejilerinin PV santrallerinin ekonomik karını artırabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fotovoltaik sistemler, Batarya enerji depolama sistemi, Enerji yönetimi, Piyasa tabanlı işletme, Hibrit enerji santrali

ECONOMIC PERFORMANCE ANALYSIS OF PHOTOVOLTAIC–BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS

ABSTRACT

The integration of photovoltaic (PV) power plants with battery energy storage systems (BESS) has become increasingly important in ensuring energy supply security and supporting carbon neutrality targets. In electricity markets characterized by high price volatility, energy storage systems enhance the temporal flexibility of PV generation and enable improved economic performance through energy shifting. This study presents a comparative economic analysis of grid-connected PV power plants operated with and without BESS under real market conditions.

Hourly solar irradiance, ambient temperature, and day-ahead market clearing price (PTF) data for Istanbul in 2023 are employed in the analysis. In Scenario-1, a 30 MW PV power plant

operates without energy storage, directly exporting all generated electricity to the grid. In Scenario-2, the same PV plant is integrated with a 30 MW / 30 MWh BESS and operated under a profit-oriented control strategy, where battery charging and discharging decisions are driven by hourly market price signals. The battery state of charge (SOC) is updated on an hourly basis using the Coulomb counting method while respecting operational constraints. The results indicate that BESS integration significantly increases annual market revenues without altering total energy production. The findings demonstrate that even simple, rule-based, price-driven battery control strategies can substantially enhance the economic value of PV power plants. Overall, the study provides practical insights for storage-integrated renewable energy investments in competitive electricity markets.

Keywords: Photovoltaic systems, Battery energy storage systems, Economic analysis, Market-based operation, Hybrid power plant.

1. INTRODUCTION

The rapid growth in global energy demand and national commitments to net-zero emission targets have significantly increased the deployment of renewable energy sources in power systems (Dafnomilis et al., 2023), (Scheffran et al., 2020). Among these sources, photovoltaic (PV) technology has gained particular prominence due to its modular structure, scalability across different power levels, and substantial reductions in investment costs over the past decade (de Paulo et al., 2023), (Sinke, 2019). Countries with high solar potential, such as Türkiye, have experienced a sharp increase in PV installations supported by favorable regulatory frameworks and market mechanisms (Kaygusuz, 2011), (Sözen & Arcaklıoğlu, 2005).

Despite these advantages, the inherent intermittency and variability of solar energy pose major operational challenges. Issues such as partial shading, rapid fluctuations in generation, and mismatches between electricity production and demand can negatively affect both system reliability and economic performance (Ouatman & Boutammachte, 2024). These challenges become even more critical under market-based operation, where electricity prices vary significantly over time and PV generation cannot always coincide with high-price periods (Li et al., 2019).

Battery energy storage systems (BESS) offer an effective solution to mitigate these limitations when integrated with PV generation. PV-BESS hybrid systems enable time-shifting of energy, allowing excess PV generation to be stored and dispatched during periods of higher demand or elevated market prices (Güz & Akpınar, 2025), (Datta et al., 2021), (Owosuhi et al., 2023). In addition to improving self-consumption, BESS integration enhances system

flexibility and provides ancillary benefits such as peak shaving and improved operational resilience.

In this study, the market-oriented operation of a PV-based power plant is analyzed using real hourly solar irradiance, ambient temperature, and market clearing price (PTF) data for Istanbul over the 2023 horizon. Two operational scenarios are investigated. In Scenario-1, a 30 MW grid-connected PV plant operates without energy storage, directly selling all generated electricity to the market (PV-only). In Scenario-2, the same PV plant is integrated with a 30 MW / 30 MWh BESS and operated under a profit-based control strategy, where battery charging and discharging decisions are driven by hourly market price signals. The battery state of charge (SOC) is updated on an hourly basis using the Coulomb counting method while respecting safe operational limits.

By comparing these two scenarios, the study isolates the operational and economic value added by battery integration under real market conditions. Without considering investment or degradation costs, the analysis focuses on gross revenue performance to highlight the impact of price-driven energy shifting. The results provide clear insights into the role of BESS in enhancing the market competitiveness of PV power plants and demonstrate the economic potential of simple, rule-based storage control strategies in real-world electricity markets.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Data

In this study, real hourly meteorological and electricity price data for Istanbul were used to analyze the operational behavior of the PV–BESS system. Global solar irradiance (G) and ambient temperature (T) data were obtained from long-term measurement datasets, and the one-year period (2023) was selected for analysis (meteoblue AG, n.d.). The hourly variation of global solar irradiance over the considered period is illustrated in Fig. 1, highlighting the seasonal and diurnal characteristics of solar energy availability.

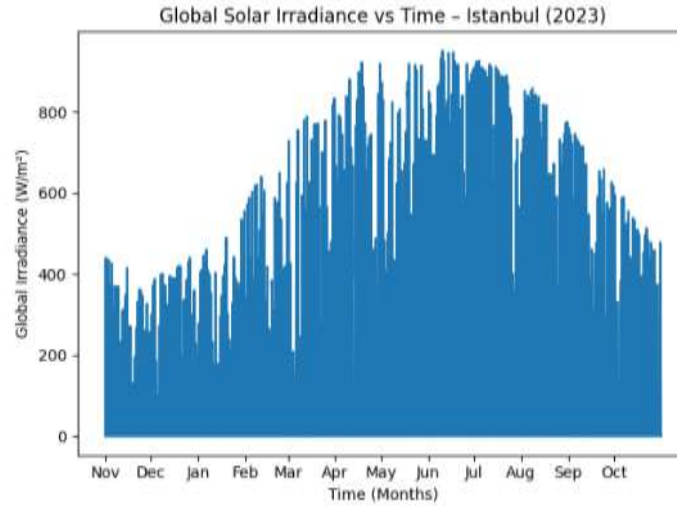


Fig. 1. Hourly global solar irradiance profile for Istanbul in 2023. The corresponding ambient temperature profile, which directly affects PV module efficiency and thermal conditions, is presented in Fig. 2.

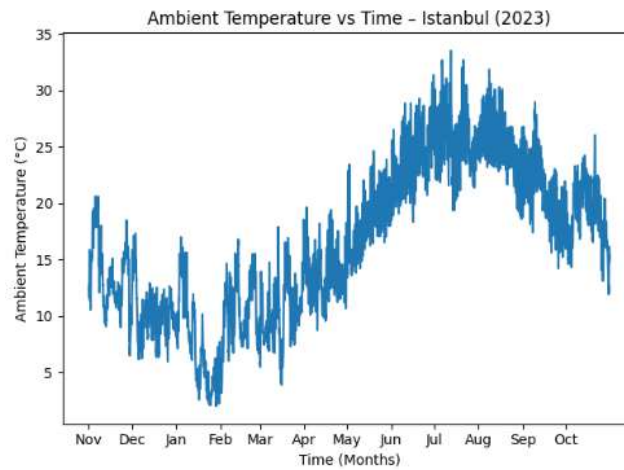


Fig. 2. Hourly ambient temperature variation for Istanbul in 2023. In addition to meteorological inputs, hourly market clearing prices (Piyasa Takas Fiyatı-PTF) from the Turkish day-ahead electricity market were used to represent economic signals influencing system operation (EPIAS, 2024). The variation of PTF aligned with the same time horizon is shown in Fig. 3. All datasets were synchronized to the same time resolution and duration without interpolation, ensuring temporal consistency for subsequent energy management and control analyses.

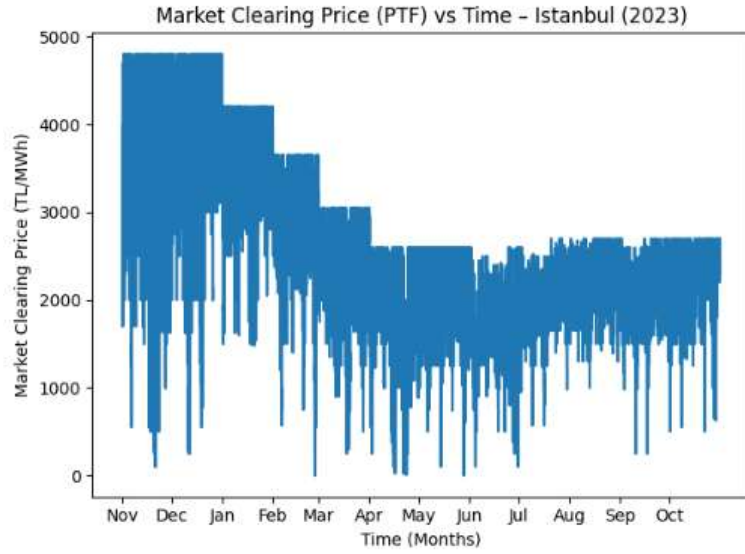


Fig. 3. Hourly market clearing price (PTF) variation in 2023

2.2. PV Cell Temperature

PV cell temperature has a significant impact on the electrical efficiency of PV modules. In this study, the widely adopted Nominal Operating Cell Temperature (NOCT) model is used to estimate the PV cell temperature $T_{cell}(t)$, expressed as (Umoette et al., 2016)

$$T_{cell}(t) = T_{amb}(t) + \frac{NOCT - 20}{800} G(t) \quad (1)$$

where $G(t)$ is the global solar irradiance in W/m^2 , and NOCT is set to 45 °C, representing typical operating conditions for commercial PV modules.

2.3. PV Power Calculation

The instantaneous PV power output is calculated by considering both irradiance and temperature effects. The PV output power $P_{PV}(t)$ is given by

$$P_{pv}(t) = P_{rated} \left(\frac{G(t)}{G_{STC}} \right) [1 + \gamma (T_{cell}(t) - T_{STC})] \quad (2)$$

where P_{rated} denotes the installed PV capacity (30 MW), $G_{STC}=1000 W/m^2$, is the irradiance at standard test conditions, $T_{STC}=25 ^\circ C$ is the reference cell temperature, and γ is the temperature coefficient of power, set to $-0.004^\circ C^{-1}$ (Brihmat & Mekhtoub, 2014).

To ensure physical feasibility, the PV output power is constrained as

$$0 \leq P_{pv}(t) \leq P_{rated} \quad (3)$$

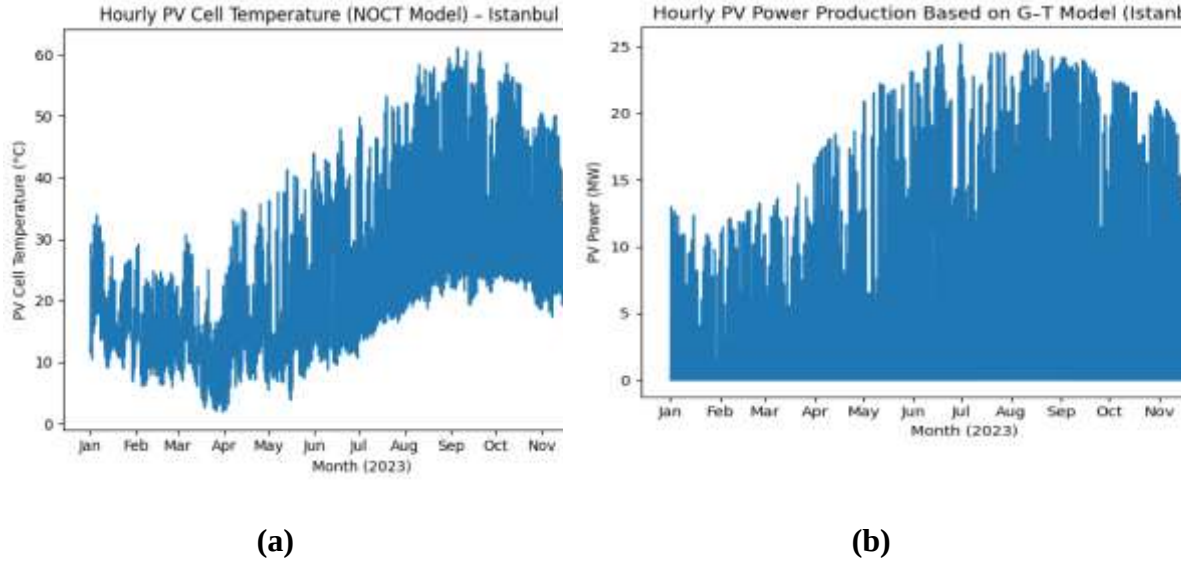


Fig. 4. (a) The corresponding PV cell temperature obtained from the NOCT formulation for Istanbul in 2023 (b) Hourly photovoltaic power output calculated using the irradiance–temperature-based model

Figure 4 (a) illustrates the hourly PV power output calculated using the irradiance–temperature-based model for Istanbul in 2023. Figure 4 (b) presents the corresponding PV cell temperature profile obtained from the NOCT-based formulation. The results reveal strong seasonal variability in both PV generation and cell temperature, forming the basis for subsequent PV–BESS operational scenarios.

2.4. Battery Energy Storage System (BESS) Model

The battery energy storage system (BESS) is modeled using an energy-based Coulomb counting approach, which is widely adopted in power system–level studies due to its simplicity and computational efficiency. The battery state of charge (SOC) at time t is updated based on the charging and discharging power of the BESS.

The SOC dynamics are expressed as:

$$\text{SOC}(t + 1) = \text{SOC}(t) + \frac{\eta_{\text{ch}} P_{\text{ch}}(t) - \frac{1}{\eta_{\text{dis}}} P_{\text{dis}}(t)}{E_{\text{BESS}}} \Delta t \quad (4)$$

where $P_{\text{ch}}(t)$ and $P_{\text{dis}}(t)$ denote the battery charging and discharging power at time t , respectively, η_{ch} and η_{dis} represent the charging and discharging efficiencies, E_{BESS} is the rated energy capacity of the battery, and Δt is the simulation time step, set to 1 hour (Dong et al., 2025). SOC is constrained within predefined limits

$$\text{SOC}_{\min} \leq \text{SOC}(t) \leq \text{SOC}_{\max} \quad (5)$$

In this study, the BESS is rated at 30 MW / 30 MWh, with the initial state of charge set to 50%. ($\eta_{\text{ch}} = \eta_{\text{dis}} = 0.95$)

2.5. Scenarios

The calculated PV power profile serves as the baseline input for subsequent operational scenarios. In the first scenario, the generated PV power is directly exported to the grid without BESS. In the following sections, this baseline will be extended to include BESS under different control strategies to evaluate their impact on system performance and economic outcomes.

2.5.1. Scenario-1 (Only PV)

In the first scenario, the system operates without any battery energy storage. The PV power generated at time t , denoted as $P_{PV}(t)$ is directly exported to the grid. No energy shifting or storage-based control action is applied. The grid injection power is therefore defined as

$$P_{\text{grid}}(t) = P_{\text{PV}}(t) \quad (6)$$

The hourly revenue is calculated using the market clearing price $PTF(t)$ as

$$R(t) = P_{\text{grid}}(t) PTF(t) \quad (7)$$

and the total annual revenue is obtained by summing the hourly revenues over the considered period. This scenario serves as the baseline case to evaluate the economic and operational benefits of integrating a battery energy storage system.

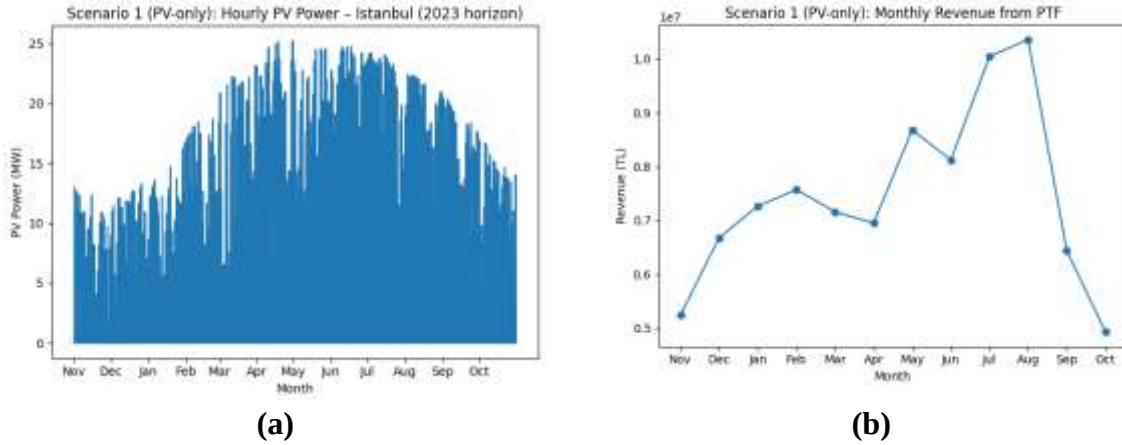


Fig. 5. (a) Hourly PV power output of the 30 MW PV plant over the 2023 horizon for Istanbul, and (b) the corresponding monthly revenue obtained from the PTF under Scenario-1 (PV-only) operation

As shown in Fig. 5, the 30 MW PV plant operated over 8,760 hours in 2023 produced 42,641.12 MWh and generated a total revenue of 89,424,120 TL, with revenues reflecting the seasonal PV output and the corresponding market clearing prices.

2.5.2. Scenario-2 (PV + BESS)

The second scenario integrates a battery energy storage system (BESS) with the PV plant and applies a profit-oriented control strategy. The objective is to maximize revenue by shifting energy from low-price periods to high-price periods. The control decisions are driven by

predefined price thresholds derived from the statistical distribution of the market clearing price.

When the electricity price is low, surplus PV generation is prioritized for battery charging, subject to the BESS power and state-of-charge (SOC) constraints. Conversely, during high price periods, the stored energy is discharged and exported to the grid in addition to the instantaneous PV generation. The grid power is expressed as

$$P_{\text{grid}}(t) = P_{\text{PV}}(t) + P_{\text{BESS}}(t) \quad (8)$$

where $P_{\text{BESS}}(t)$ is positive during discharging and negative during charging. The battery SOC is updated using an energy-based Coulomb counting formulation. This scenario represents an aggressive operational strategy that prioritizes short-term economic gains.

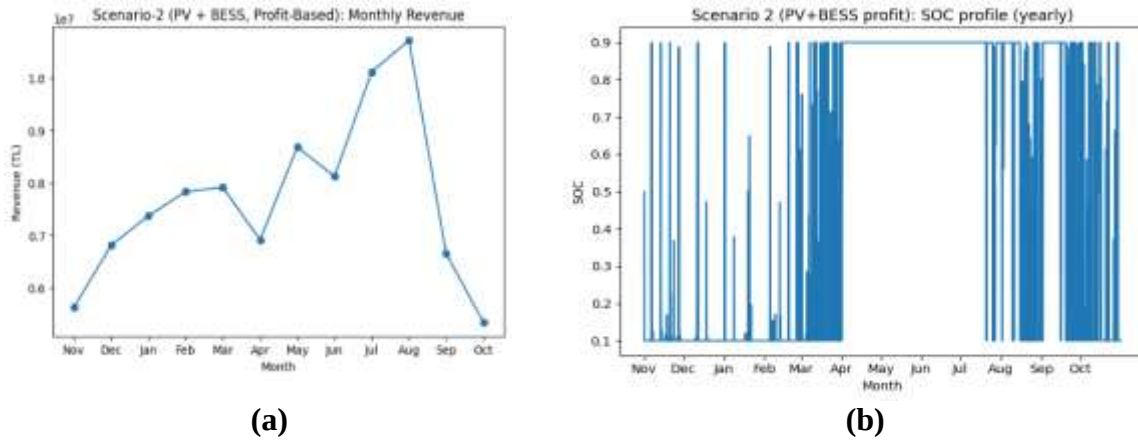


Fig. 6. (a) Monthly revenue obtained from the PTF under Scenario-2 (b) The corresponding yearly battery SOC profile updated on an hourly basis using the Coulomb counting method.

As shown in Fig. 6, the 30 MW PV plant integrated with a 30 MW / 30 MWh BESS under the profit-based control strategy generated higher monthly revenues in 2023 by shifting energy from low-price periods to high-price periods, while the corresponding SOC profile demonstrates active hourly charge–discharge behavior driven by market price signals.

3. RESULTS

As shown in Fig. 7, Scenario-2 consistently achieves higher monthly revenues than Scenario-1, particularly during periods of elevated market clearing prices. The profit-based PV–BESS control strategy effectively shifts energy from low-price hours to high-price periods, leading to a visible uplift in monthly revenues.

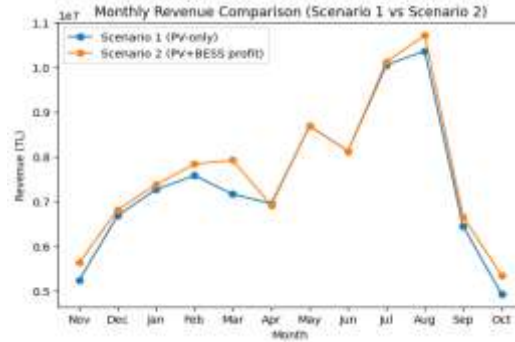


Fig. 7. Monthly revenue comparison between Scenario-1 (PV-only) and Scenario-2 (PV + BESS, profit-based)

The quantitative comparison summarized in Table 1 confirms this improvement, where the total annual revenue increases from 89.42 million TL in Scenario-1 to 92.09 million TL in Scenario-2, corresponding to an additional 2.66 million TL. These results demonstrate that even without explicit battery degradation modeling, a simple price-driven BESS strategy can significantly enhance the economic performance of PV-based power plants.

Table 1. Comparison of Scenario-1 (PV-only) and Scenario-2 (PV + BESS, Profit-Based) for the 2023*

Parameter	Scenario-1 (Only PV)	Scenario-2 (PV + BESS, Profit-Based)
PV Installed Capacity	30 MW	30 MW
BESS Rated Power / Energy	–	30 MW / 30 MWh
Total PV Energy	42,641.12 MWh	42,641.12 MWh
Total Annual Revenue (PTF)	89,424,120 TL	92,088,330 TL
Revenue Increase vs. S1	–	+2,664,210 TL
Battery Operation	–	Price-based
SOC Update Method	–	Coulomb counting (hourly)

*The presented revenues represent gross market revenues calculated using hourly PTF values, excluding capital expenditure (CAPEX) and operational expenditure (OPEX).

4. DISCUSSION

This study demonstrates that integrating a battery energy storage system into a PV plant significantly enhances operational revenue under real market conditions. The results highlight that revenue improvements are primarily driven by market price volatility and the ability of the BESS to shift energy in time, rather than by increases in total energy production. The use of a simple rule-based, price-driven control strategy proves to be effective in capturing this additional value, indicating that complex optimization methods are not always necessary to achieve meaningful economic benefits at the operational level.

Future studies may extend this work by incorporating battery degradation models and alternative state-of-charge estimation techniques to assess their impact on long-term system performance and profitability. In addition, integrating capital and operational expenditure (CAPEX and OPEX) into the economic analysis would enable a comprehensive investment

feasibility assessment. Further research may also explore advanced optimization and predictive control strategies, such as model predictive control or price forecasting-based approaches, to improve decision-making under uncertainty and enhance the robustness of PV–BESS operation in competitive electricity markets.

5. CONCLUSION

This study investigated the operational and economic performance of a grid-connected PV power plant with and without battery energy storage under real market conditions for Istanbul in 2023. Hourly solar irradiance, ambient temperature, and PTF data were used to evaluate two operational scenarios: PV-only operation and PV integrated with a profit-based BESS.

The results show that the PV-only configuration can generate substantial gross revenues; however, its economic performance is inherently limited by the lack of flexibility to respond to market price volatility. By contrast, the integration of a BESS with a simple price-driven control strategy enables energy shifting from low-price to high-price periods, resulting in a clear increase in annual revenue. The comparative analysis demonstrates that even without considering battery degradation or investment costs, profit-oriented BESS operation significantly enhances the economic value of PV generation in market-based operation.

Overall, the findings confirm that PV–BESS hybrid systems provide not only technical flexibility but also tangible economic benefits under real electricity market conditions, making them a promising solution for future renewable energy investments.

REFERENCES

- Brihmat, F., & Mekhtoub, S. (2014, June). *PV cell temperature/PV power output relationships: HOMER methodology calculation*. In *Conférence Internationale des Énergies Renouvelables (CIER)* (Vol. 13).
- Datta, U., Kalam, A., & Shi, J. (2021). A review of key functionalities of battery energy storage system in renewable energy integrated power systems. *Energy Storage*, 3(5), e224.
- Dafnomilis, I., den Elzen, M., & van Vuuren, D. P. (2023). Achieving net-zero emissions targets: An analysis of long-term scenarios using an integrated assessment model. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1522(1), 98–108.
- Dong, J., Wang, R., Wang, H., Hua, S., Geng, G., & Jiang, Q. (2025). Adaptive SOC estimation of grid-level BESS for multiple operational scenarios. *Journal of Energy Storage*, 132, 117776.
- EPIAS. (2024). *Real-time electricity generation data*. Retrieved March 27, 2024, from <https://seffaflik.epias.com.tr/electricity/electricity-generation/ex-post-generation/real-timegeneration>
- Güz, E., & Akpınar, K. N. (2025). An arbitrage study with wind–solar–BESS hybrid power plant. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 13(1), 154–168.
- Kaygusuz, K. (2011). Prospect of concentrating solar power in Turkey: The sustainable future. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15(1), 808–814.
- Li, S., Zhang, S., & Andrews-Speed, P. (2019). Using diverse market-based approaches to integrate renewable energy: Experiences from China. *Energy Policy*, 125, 330–337.
- meteoblue AG. (n.d.). *Historical weather data export*. Retrieved January 15, 2023, from <https://www.meteoblue.com/tr/hava/archive/export>
- Ouatman, H., & Boutammachte, N. E. (2024). A genetic algorithm approach for flexible power point tracking in partial shading conditions. *Results in Engineering*, 24, 102940.
- Owosuhi, A., Hamam, Y., & Munda, J. (2023). Maximizing the integration of a battery energy storage system–photovoltaic distributed generation for power system harmonic reduction: An overview. *Energies*, 16(6), 2549.
- Scheffran, J., Felkers, M., & Froese, R. (2020). Economic growth and the global energy demand. In *Green energy to sustainability: Strategies for global industries* (pp. 1–44).



- Sinke, W. C. (2019). Development of photovoltaic technologies for global impact. *Renewable Energy*, 138, 911–914.
- Sözen, A., & Arcaklıoğlu, E. (2005). Solar potential in Turkey. *Applied Energy*, 80(1), 35–45.
- Umoette, A. T., Ubom, E. A., & Akpan, I. E. (2016). Comparative analysis of three NOCT-based cell temperature models. *International Journal of System Science and Applied Mathematics*, 1(4), 69.
- de Paulo, A. F., de Oliveira Graeff, C. F., & Porto, G. S. (2023). Uncovering emerging photovoltaic technologies based on patent analysis. *World Patent Information*, 73, 102181.

ÇOK KADEMELİ EKSENEL KOMPRESÖR PERFORMANS HARİTALAMASI: GERİ BASINÇ, DEVİR VE GİRİŞ SICAKLIĞI PARAMETRİK TARAMASI

Mehmet Ali ÖZTÜRK

Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, 31230 Iskenderun
Hatay,

ORCID: 0009-0002-8326-672X

Ahmet YAPICI

Iskenderun Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, 31230 Iskenderun
Hatay

ORCID: 0000-0003-4274-2697

ÖZET

Bu çalışmada, temsili bir eksenel kompresörün tek, iki ve üç kademeli konfigürasyonları için ANSYS TurboGrid/CFX ortamında tekrarlanabilir bir CFD analiz hattı kurulmuş ve bu hat kullanılarak kompresör performansının işletme koşullarına duyarlılığı nicel olarak ortaya konmuştur. Çözüm yaklaşımı kararlı (steady), sıkıştırılabilir Reynolds-ortalama Navier–Stokes (RANS) temellidir; rotor–stator alanları için 3D mesh yapısı TurboGrid ile üretilmiş, sınır şartları girişte toplam basınç tanımı ve çıkışta statik basınç (geri basınç) tanımı üzerinden kurgulanmıştır. Çalışmanın ana çıktısı, geometrik değişikliğe geçmeden önce karar vermeyi destekleyecek şekilde, geri basınç–devir–giriş toplam sıcaklığı değişkenlerine bağlı kapsamlı bir performans veri seti ve bu veri setinden türetilen eğilimlerdir. Performans değerlendirmesi basınç oranı (PR), sıcaklık oranı, izentropik verim ve kütle debisi tutarlılığı metrikleri üzerinden yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, kademe sayısı arttıkça PR'ın yaklaşık 1.36'dan 1.58 ve 1.96'ya yükseldiğini; buna karşılık izentropik verimin 0.78'den 0.72 ve 0.69'a gerilediğini göstererek çok kademeli yapıdaki kayıp birikimini sayısal olarak görünür kılmıştır. Parametrik taramalar, geri basınç artışının çalışma noktasını düşük debi–yüksek PR bölgesine taşıyarak surj yaklaşımını güçlendirdiğini; devir artışının ise hem kütle debisini hem PR'ı artırarak 3 kademede erişilebilir PR aralığını yaklaşık 2.7 mertebesine genişlettiğini ortaya koymuştur. Bu bulgular, bir sonraki aşamada yürütülecek aerodinamik iyileştirme/optimizasyon çalışmalarında hedef çalışma hattının seçimi, PR–verim hedeflerinin netleştirilmesi ve işletme kısıtlarının (surj yakınlığı gibi) sayısal temelde tanımlanması için doğrudan ve uygulanabilir girdiler sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Eksenel kompresör, turbomakine CFD; ANSYS CFX, Rotor-Stator.

MULTI-STAGE AXIAL COMPRESSOR PERFORMANCE MAPPING: PARAMETRIC SCAN OF BACK PRESSURE, SPEED, AND INPUT TEMPERATURE

ABSTRACT

In this study, a repeatable CFD analysis pipeline was established in the ANSYS TurboGrid/CFX environment for single, two, and three-stage configurations of a representative axial compressor, and the sensitivity of compressor performance to operating conditions was quantitatively revealed using this pipeline. The solution approach is steady, compressible Reynolds-Averaged Navier–Stokes RANS-based; the 3D mesh structure for the rotor-stator domains was generated with TurboGrid, and the boundary conditions were set up based on total pressure definition at the inlet and static pressure (back pressure) definition at the outlet. The main output of the study is a comprehensive performance dataset and trends derived from this dataset, which will support decision-making before transitioning to geometric changes. This includes variables such as back pressure, speed, and inlet total temperature. Performance evaluation was conducted based on the following metrics: pressure ratio (PR), temperature ratio, isentropic efficiency, and mass flow rate consistency.

The results obtained show that as the number of stages increases, the PR rises from approximately 1.36 to 1.58 and 1.96; in contrast, isentropic efficiency decreases from 0.78 to 0.72 and 0.69, numerically revealing the loss accumulation in the multi-stage structure. Parametric scans revealed that the back pressure increase shifted the operating point to the low flow–high PR region, strengthening the surge approach; while the speed increase expanded the achievable PR range in 3 stages to approximately 2.7 by increasing both the mass flow and PR. These findings provided direct and applicable inputs for the selection of the target operating line, clarification of PR–efficiency targets, and numerical definition of operational constraints (such as surge proximity) in the aerodynamic improvement/optimization studies to be conducted in the next phase.

Keywords: Axial compressor, turbomachinery CFD; ANSYS CFX, Rotor-Stator.

1. GİRİŞ

Gaz türbini motorları, endüstriyel kompresyon sistemleri ve havacılık uygulamalarında yüksek kütleli debi ile birlikte yüksek toplam basınç oranı gereksinimi, aksel kompresörleri kritik bir bileşen haline getirmektedir. Bu makinelerde işletilebilirlik zarfı; boğulma (choke/stonewall) sınırı, dönel durma (rotating stall) ve dalgalanma (surge) gibi kararsızlık mekanizmaları ile tanımlanmakta ve tasarım/işletme kararları çoğunlukla performans haritaları üzerinden verilmektedir (Cumpsty, 2004; Dixon & Hall, 2013).

Artan enerji talebi, işletme maliyetleri ve emisyon kısıtlarının sıkışması; kompresörün yalnızca tasarım noktasındaki değil, geniş bir işletme zarfındaki verim ve basınç oranı

performansının nicel olarak ortaya konmasını gerekli kılmaktadır. Bu nedenle performans haritaları; hız çizgileri (speed line), verim konturları (verim adaları) ve kararlılık sınırları üzerinden kompresörün tasarım noktası dışı (off-design) davranışını özetleyen temel mühendislik araçlarıdır (Saravanamuttoo et al., 2017; Cumpsty, 2004).

Çok kademeli mimarilerde hedef toplam basınç oranı (PR) kademeler boyunca kümülatif olarak inşa edilirken, her bir kanat sırasındaki profil, uç boşluğu ve ikincil akış kayıpları birikerek izentropik verimi (η_{is}) aşağı çekebilir; bu nedenle kademe sayısı artışı yalnızca PR kazancı değil aynı zamanda kayıp birikimi açısından da nicel olarak değerlendirilmelidir (Aungier, 2003; Denton, 1993).

Deneyssel harita üretimi maliyetli ve zaman alıcı olduğundan, 3B CFD tabanlı haritalama özellikle erken tasarım aşamasında yaygınlaşmıştır. Steady (kararlı) sıkıştırılabilir Reynolds-ortalama Navier–Stokes denklemlerini (RANS) çözümleri ile mixing-plane/averaging-plane rotor-stator arayüzlemesi, çok sayıda çalışma noktasını makul hesaplama maliyetiyle taramaya imkân tanıyan yerleşik bir yaklaşımdır (Chima, 1998; Adamczyk, 1999). Buna karşın literatürde, aynı kompresör mimarisi üzerinde kademe sayısı değişiminin ve aynı anda işletme parametrelerinin (geri basınç, devir, giriş toplam sıcaklığı) sistematik olarak taranmasının sınırlı sayıda ele alındığı görülmektedir.

Bu bildiride, temsili bir giriş kılavuz kanadı (IGV) bulunmayan eksenel kompresörün tek, iki ve üç kademeli konfigürasyonları için ANSYS TurboGrid/CFX ortamında tekrarlanabilir bir analiz hattı kurulmuş; geri basınç-devir-giriş toplam sıcaklığı taramalarıyla performansın duyarlılığı nicel olarak ortaya konmuştur. Çalışmanın temel çıktısı; toplam basınç oranı (PR), toplam sıcaklık oranı (TR) ve izentropik verim (η_{is}) metriklerinin yanı sıra, çok noktalı taramalarda güvenilir veri seti oluşturmayı hedefleyen kütle debisi süreklilik kontrolü gibi veri tutarlılığı göstergelerini de içeren kapsamlı bir performans veri setidir.

Sunulan bulgular, kademe sayısı artışıyla erişilebilir PR aralığının nasıl genişlediğini ve aynı anda verimdeki düşüş eğilimini (kayıp birikimi) görünür kılar. Ayrıca geri basınç artışının çalışma noktasını düşük debi-yüksek PR bölgesine taşıyarak yakın-surge işletme limitini güçlendirdiği; devir artışının ise hem debi hem PR üzerinde belirgin etkiler ürettiği gösterilmiştir. Bu eğilimler, bir sonraki aşamada yürütülecek aerodinamik iyileştirme/optimizasyon çalışmalarında hedef çalışma hattının seçimi ve işletme kısıtlarının sayısal temelde tanımlanması için doğrudan girdiler sağlamaktadır.

2. MATERYAL ve METOT

2.1 Geometri ve Sayısal Alan Tanımı

Çalışmada, IGV içermeyen temsili bir eksenel kompresör geometrisi esas alınmış ve üç kademeli dizilim rotor 1 (R1) –stator 1 (S1), rotor 2 (R2)–stator 2 (S2) ve rotor 3 (R3)–stator 3 (S3) kanat sıraları (kademe) ile temsil edilmiştir. Tek ve iki kademeli konfigürasyonlar, aynı mimari korunarak sırasıyla yalnızca ilk kademe (R1–S1) ve ilk iki kademe (R1–S1–R2–S2) olacak şekilde elde edilmiştir.

Hesaplamayı kontrol altında tutmak amacıyla her kanat sırası için tek geçit (single-passage) yaklaşımı benimsenmiş; çevresel tekrar periyodik sınır koşulları ile sağlanmıştır. Rotor bölgeleri dönen, stator bölgeleri sabit referans çerçevesinde çözülmüş; rotor–stator arayüzleri Stage (mixing plane) yaklaşımıyla modellenmiş ve farklı kanat sayılarına bağlı hatve oranı (pitch change) CFX'te Automatic seçilerek General Grid Interface (GGI) üzerinden çevresel alan eşleştirmesi yapılmıştır. Açısal hız ω , devir N (dev/dk) üzerinden tanımlanmıştır. Performans istasyonları girişte rotor 1 öncesindeki kesit, çıkışta ise ilgili konfigürasyonda stator 3 çıkışındaki kesit olarak tanımlanmıştır.

Kanat sayıları R1: 29, S1: 35, R2: 41, S2: 35, R3: 49 ve S3: 52'dir.

Bu çalışmada geometri sabit tutulmuş, yalnızca işletme parametreleri (statik basınç çıkışı ($P_{s,out}$) N ve toplam sıcaklık girişi ($T_{t,in}$)) taranmıştır. Kullanılan temsili kompresör geometrisi TFD 4AC açık test vakası verisinden derlenmiş olup (Stoewer, Franke, Seume, & Mimic, 2025), tek/iki/üç kademeli konfigürasyonlar aynı mimarinin sırasıyla ilk 1, 2 ve 3 kademelerinin (R1-S1 / R1-S1-R2-S2 / R1-S1-R2-S2-R3-S3) seçilmesiyle elde edilmiştir.

Çok noktalı haritalama kapsamında çözüm kararlılığı ve hesaplama maliyetini dengelemek amacıyla rotor-stator arayüzlerinde Stage (mixing plane) yaklaşımı tercih edilmiştir. Stage yaklaşımı çevresel ortalama ile bilgi aktararak hız çizgilerinin ve integral performans metriklerinin üretiminde pratik ve tekrarlanabilir sonuçlar sunmaktadır; Frozen Rotor yaklaşımı ise rotor-stator görelî konumuna duyarlı olduğundan seçilmiş doğrulama vakalarıyla sınırlı tutulabilmektedir (Chima, 1998; Adamczyk, 1999).

2.2 Ağ (Mesh) Üretimi

Her bir rotor ve stator kanat sırası için 3B örgü (mesh) yapısı ANSYS TurboGrid ile üretilmiş; her geçit için ayrı mesh'ler oluşturularak CFX ortamında çok bölgeli (multi-domain) yapı halinde birleştirilmiştir. Mesh, kanat ve duvar yakınlığında gradyanların yüksek olması beklenen alanlarda yerel yoğunlaştırma mantığıyla hazırlanmış ve duvar fonksiyonlarıyla uyumlu bir yakın-duvar çözünürlüğü hedeflenmiştir.

Mesh, ANSYS TurboGrid Automatic Topology and Meshing (ATM) kullanılarak structured (çok bloklı) heksahedral topolojide üretilmiştir. ATM topoloji seçimi "Single Round Round Symmetric" olup giriş ve çıkış uzatma bölgelerinde H-grid uygulanmıştır. Hesaplama maliyetini azaltmak için her kanat sırası tek geçit (single passage) periyodik sektör olarak modellenmiştir; rotor-stator arayüzlerinde Stage (mixing plane) + GGI ile bağlaşım sağlanmıştır. Bu yapılandırma ile duvar fonksiyon yaklaşımıyla uyumlu yakın-duvar çözünürlüğü korunmuştur (ANSYS, 2025b).

Yakın-duvar bölgesi, CFX'in Automatic Wall Function yaklaşımı ile çözümlenmiş ve ortalama $y^+ \approx 73.9$ seviyesiyle wall-function rejiminde işletilmiştir (ANSYS, 2025a). y^+ değerleri CFX-Post üzerinde Boundary Data (Hybrid) yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu tercih, çok noktalı haritalama kapsamında hesap yükünü makul seviyede tutarken; profil ve duvar sürtünmesi kaynaklı kayıpların tutarlı biçimde yakalanmasını amaçlamaktadır.

Bu çalışmada, çok noktalı performans haritalaması kullanılmış, maliyeti nedeniyle ağ bağımsızlık analizi (grid-convergence) ve deneysel doğrulama (validation) kapsam dışı bırakılmıştır. Buna rağmen yakınsama; RMS residual (CFX'de denklem dengesizliğinin büyüklüğünü gösteren yakınsama ölçütü), global monitör platosu (PR, η_{is} , TR ve kütleli debi ($\dot{m}$)) ve kütle dengesi göstergeleriyle birlikte izlenmesiyle doğrulanarak güvenilirlik artırılmıştır. Ağ bağımsızlığı ve deneysel kıyaslamaya dayalı belirsizlik analizi gelecek çalışmaların kapsamındadır (ASME V&V 20-2009).

2.3 Fiziksel Modeller ve Sayısal Ayarlar

Çözüm yaklaşımı kararlı (steady) ve sıkıştırılabilir RANS temellidir. Akışkan hava ideal gaz olarak tanımlanmış ve enerji denklemi etkinleştirilmiştir. Türbülans kapanışı için Shear Stress Transport (SST) $k-\omega$ modeli tercih edilmiştir (Menter, 1994). Giriş türbülans sınır şartları, türbülans yoğunluğu $I=5\%$ ve türbülans uzunluk ölçeği $L=0.1$ m olacak şekilde tanımlanmıştır.

Duvar sınır koşulları no-slip olarak tanımlanmış; ısı geçişi adyabatik kabul edilmiştir. Yakın-duvar hesaplamasında Automatic Wall Function kullanılmış ve tasarım koşulunda y^+ seviyesi wall-function rejimine uygun (ortalama $y^+ \approx 73.9$) olacak şekilde doğrulanmıştır (ANSYS, 2025a; Casey & Wintergerste, 2000).

Rotor-stator arayüzleri Fluid-Fluid tipinde tanımlanmış; çok kademeli konfigürasyonlarda rotor-stator etkileşimi Stage (mixing plane) ortalama yaklaşımıyla temsil edilmiştir. Farklı kanat sayıları arasındaki geçit oranı (pitch change) Automatic seçilerek General Grid Interface (GGI) üzerinden eşleştirme yapılmıştır. Sayısal çözümde adveksiyon şeması High Resolution,

türbülans numeriği First Order olarak seçilmiş; yakınsama değerlendirmesi RMS residual ve izlenen performans metrikleri üzerinden yürütülmüştür.

2.4 Sınır Şartları ve Parametrik Taramalar

CFX analizlerinde giriş sınır şartı toplam basınç tanımı üzerinden kurgulanmıştır. Girişte $P_{t,in}$ =101.325 kPa toplam basınç, $T_{t,in}$ eksenel akış yönü tanımlanmış; çıkışta ise statik basınç $P_{s,out}$ (geri basınç) sınır şartı verilerek kompresörün farklı işletme noktalarındaki davranışı elde edilmiştir.

Parametrik taramalar geri basınç ($P_{s,out}$), devir (N) ve giriş toplam sıcaklığı ($T_{t,in}$) eksenlerinde yürütülmüştür. Geri basınç taraması tek kademede 100-125 kPa, çift kademede 100-160 kPa ve üç kademede 100-219 kPa aralıklarında yapılmıştır. Devir taramasında N=4000 dev/dk'dan başlayarak $\Delta N=500$ dev/dk adımla tek kademede 12000 dev/dk'ya, çift kademede 13000 dev/dk'ya ve üç kademede 13500 dev/dk'ya kadar çözüm alınmıştır. Sıcaklık taraması $T_{t,in}=288.15-310$ K aralığında (288.15, 295, 300, 305 ve 310 K) gerçekleştirilmiştir. CFX ortamında referans basınç (Reference Pressure) = 0 Pa seçilerek basınç büyüklüklerinin mutlak (absolute) olarak raporlanması sağlanmıştır. Çizelge 1'de sınır şartları ve parametrik tarama aralıkları gösterilmiştir.

Çizelge-1 CFX çözüm ayarları ve yakınsama kriterleri.

Sınır şartı / Parametre	Tanım	Değer / Aralık
Giriş toplam basınç	$P_{t,in}$	101.325 kPa (sabit)
Giriş toplam sıcaklık	$T_{t,in}$	288.15–310 K (288.15, 295, 300, 305, 310 K)
Giriş akış yönü	x	Eksenel (axial)
Giriş türbülans	I, L	I=5%, L=0.1 m
Çıkış statik basıncı (geri basınç)	$P_{s,out}$	Tek: 100–125 kPa; Çift: 100–160 kPa; Üç: 100–219 kPa
Devir	N	Tek: 4000–12000; Çift: 4000–13000; Üç: 4000–13500 dev/dk
Referans basınç	Reference Pressure	0 Pa
rotor-stator arayüzü	Stage / GGI	Stage (mixing plane) + GGI; pitch change: Automatic
Akışkan modeli	—	Hava, ideal gaz; enerji denklemi etkin

Elde edilen performans verileri, çok kademeli performans haritası mantığına uygun olarak düzeltilmiş büyüklüklerle de yorumlanmıştır. Düzeltme, referans koşulları $P_{ref}=101.325$ kPa ve $T_{ref}=288.15$ K alınarak kütleli debi ve devir için standart ilişkiler üzerinden yapılmıştır (Dixon & Hall, 2013; Saravanamuttoo et al., 2017).

2.5 Performans Metrikleri ve Veri Tutarlılığı

Basınç oranı PR ve sıcaklık oranı TR, giriş ve çıkış toplam büyüklükleri üzerinden tanımlanmıştır: $PR = P_{t,out}/P_{t,in}$ ve $TR = T_{t,out}/T_{t,in}$. İzentropik verim (η_{is}), ideal gaz varsayımı altında $\eta_{is} = (PR^{(k-1)/k1}) / (TR - 1)$ bağıntısı ile hesaplanmıştır (Dixon & Hall, 2013). Burada k, havanın özgül ısı oranıdır ($k \approx 1.4$). Giriş ve çıkış istasyonlarından alınan P_t ve T_t büyüklükleri, kütleli debi ağırlıklı (mass-flow averaged) ortalama olarak raporlanmıştır.

Performans haritası koordinatlandırması için düzeltilmiş büyüklükler kullanılmıştır: düzeltilmiş devir $N_c = N \cdot \sqrt{(T_{ref}/T_{t,in})}$ ve düzeltilmiş kütleli debi $W_c = \dot{m} \sqrt{(T_{t,in}/T_{ref})} / (P_{t,in}/P_{ref})$. Bu tanımlar, giriş koşullarındaki yoğunluk değişimlerinin harita üzerinde ayrı bir boyut olarak izlenebilmesini sağlamakta ve farklı giriş sıcaklığı seviyelerinin karşılaştırılabilirliğini artırmaktadır (Cumpsty, 2004; Saravanamuttoo, Rogers, Cohen, & Straznicky, 2017).

Veri tutarlılığı ve sayısal süreklilik kontrolü için kütle dengesi hatası $\Delta \dot{m}(\%) = |\dot{m}_{in} - \dot{m}_{out}| / \dot{m}_{in} \times 100$ ifadesiyle hesaplanmış; koşulan tüm çalışma noktaları için ham dağılım istatistikleri raporlanmıştır (ANSYS, 2025a). Haritalar, Çizelge 2'de özetlenen kabul kriterlerini sağlayan filtreli çözüm kümesi üzerinden oluşturulmuştur. Çizelge 4'te sunulan %95 persentil ve maksimum değerler, filtre dışında kalan bu başarısız/kararsız çözümlerin etkisini de içerdiğinden, özellikle çok kademeli durumda yüksek görünebilmektedir. Filtreli çözüm kümesinde maksimum $\Delta \dot{m}(\%)$ değerleri; geri basınç taramalarında tek/çift/üç kademe için 0.614/0.632/0.848, devir taramalarında 0.0042/0.036/0.067 ve giriş toplam sıcaklığı taramalarında 0.0048/0.0073/0.0034 olarak raporlanmıştır.

2.6 Sayısal Güvenirlik: Ağ Bağımsızlığı, Yakınsama ve V&V

Sayısal sonuçların güvenilirliğini artırmak için doğrulama/validasyon (V&V) ilkeleri temel alınmış; yakınsama, kütle dengesi ve performans metriklerinin kararlılığı çok noktalı veri seti boyunca sistematik biçimde kontrol edilmiştir. Bu yaklaşım, ASME V&V 20 kapsamında vurgulanan belirsizlik odaklı doğrulama bakış açısı ile uyumludur; residual tek başına yeterli kabul edilmemekte, PR- η - $\dot{m}$ gibi integral büyüklüklerin stabilitesi ile kütle/enerji dengelerinin birlikte değerlendirilmesi önerilmektedir (ASME, 2009; Casey & Wintergerste, 2000).

Sayısal ayrıklaştırma (discretization) belirsizliğinin nicel kestirimi için Roache'nin Grid Convergence Index (GCI) çerçevesi (Roache, 1998) ve Eça & Hoekstra'nın sistematik grid inceltmeye dayalı prosedürü (Eça & Hoekstra, 2014) literatürde yaygın olarak

kullanılmaktadır. Bu çalışmada yakınsama değerlendirmesi; RMS residual hedefi 1×10^{-6} (süreklilik ve momentum) ve maksimum iterasyon sayısı 200 olacak şekilde yürütülmüştür. Çözümler Auto Timescale ile ilerletilmiş; kararlı yakınsamayı desteklemek amacıyla Length Scale Option = Conservative seçilmiştir (ANSYS, 2025a). Buna ek olarak PR, η_{is} , TR ve kütleli debi monitörleri izlenmiş; son iterasyon bandında PR ve η_{is} değişiminin plato davranışı göstermesi ve kütle dengesi metriklerinin düşük/kararlı kalması durumunda çözüm kabul edilmiştir (ANSYS, 2025a). CFX çözüm ayarları ve yakınsama kriterleri Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Çizelge 2. CFX çözüm ayarları ve yakınsama kriterleri.

Kalem	Seçim / Ayar	Değer / Not
Türbülans modeli	SST k- ω	RANS kapanışı (Menter, 1994)
Akışkan / enerji	Air ideal gas + Energy	Sıkıştırılabilir çözüm
Yakın duvar	Automatic Wall Function	Ortalama $y^+ \approx 73.9$ (wall-function rejimi)
Arayüz modeli	Stage (mixing plane)	rotor-stator ortalaması; çok kademeli eşleştirme
Geçit oranı / eşleştirme	Pitch change + GGI	Pitch change: Automatic; GGI aktif
Adveksiyon şeması	High Resolution	Momentum ve enerji için
Türbülans numeriği	First Order	Stabilite odaklı seçim
Maks. iterasyon	—	200
Residual hedefi	RMS	1×10^{-6} (süreklilik + momentum)
Kabul kriteri	Monitör stabilitesi + kütle dengesi	Son iterasyon bandında PR ve η_{is} plato; kütle dengesi ($\Delta m\%$) düşük ve kararlı

Ağ bağımsızlığı çalışması, çok sayıda çalışma noktasını kapsayan haritalama maliyeti nedeniyle bu bildiride sınırlı tutulmuştur. Bunun yerine; farklı kademeler arasında karşılaştırılabilirlik için aynı mesh üretim stratejisi ve aynı sayısal ayarların korunması, ayrıca tutarlılık metriklerinin raporlanması hedeflenmiştir.

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, tek/çift/üç kademeli konfigürasyonların tasarım noktası performansı, geri basınç-devir-giriş sıcaklığı taramalarından elde edilen eğilimlerle birlikte sunulmaktadır. Tüm sayısal çıktılar, paylaşılan CFX çıktı tablolarından türetilmiştir. Tasarım noktası performansı Çizelge 3'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. Tasarım noktası performansı (N=8500 rpm, $T_{t,in}=288.15$ K, $P_{s,out}=100$ kPa).

Metrik	Tek Kademe	Çift Kademe	Üç Kademe
PR (-)	1.370	1.584	1.963
TR (-)	1.121	1.194	1.309
η_{is} (-)	0.778	0.723	0.688
$\dot{m}_{in}$ (kg/s)	85.992	85.827	85.825
$\dot{m}_{out}$ (kg/s)	85.992	85.833	85.828
$\Delta\dot{m}$ (%)	0.0006	0.0073	0.0030

$\dot{m}_{in}$ ve $\dot{m}_{out}$ değerleri üç ondalık basamağa yuvarlanmıştır; $\Delta\dot{m}$ (%) hesabı ham (yuvarlanmamış) monitör değerleri üzerinden yapılmıştır. (Design-point performance (N=8500 rpm, $T_{t,in}=288.15$ K, $P_{s,out}=100$ kPa)).

Tek/çift/üç kademeli çok noktalı haritalama çözümlerinde kütle dengesi ($\Delta\dot{m}$ %) tutarlılığı Çizelge 4’te verilmiştir. Noktaların büyük çoğunluğunda medyan $\Delta\dot{m}$ % çok düşüktür; ancak özellikle çift ve üç kademede bazı uç işletim noktalarında süreklilik hatası belirgin şekilde yükselmiştir. Buna karşın, “kabul edilen nokta kümesi” için maksimum $\Delta\dot{m}$ % değerlerinin ~%0.6–0.85 bandında kalması, nihai performans veri setinin kütle dengesi açısından güvenilir olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Kütle dengesi (süreklilik) tutarlılığı özeti.

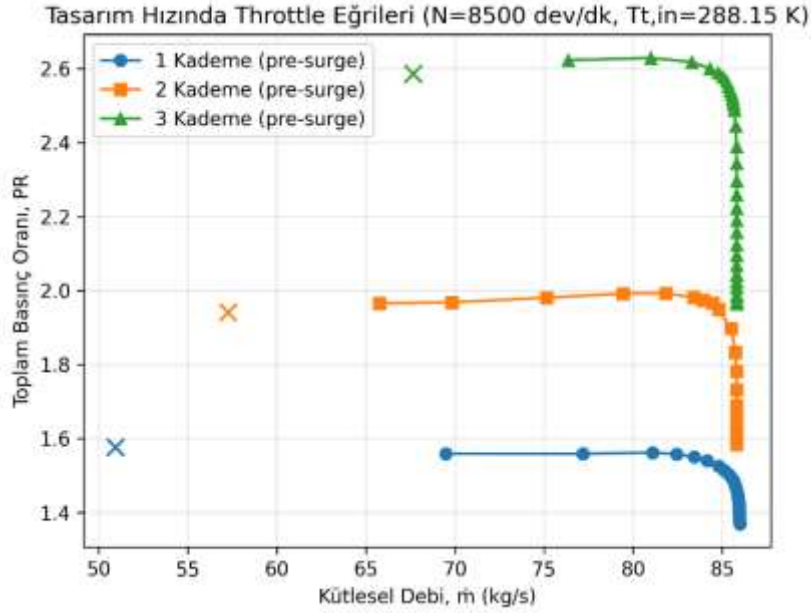
Kriter	Tek Kademe	Çift Kademe	Üç Kademe
Toplam çözüm noktası (adet)	52	54	64
Medyan $\Delta\dot{m}$ % (tüm noktalar)	0.002	0.009	0.018
%95 persentil $\Delta\dot{m}$ % (tüm noktalar)	0.12	20.08	5.95
Maksimum $\Delta\dot{m}$ % (tüm noktalar)	5.81	73.62	93.65
Maksimum $\Delta\dot{m}$ % (kabul edilen nokta kümesi)	0.614	0.632	0.848

Çizelge 5. Tasarım hızında (N=8500 dev/dk, $T_{t,in}=288.15$ K) geri basınç taramasında yakın-surge işletme limiti göstergesi ($\dot{m}_{in}$: düzeltilmemiş giriş kütle debisi)

Metrik	Tek Kademe	Çift Kademe	Üç Kademe
Yakın-surge işletme limiti göstergesi $P_{s,out}$ (kPa)	124.000	154.000	214.000
Bu noktada $\dot{m}_{in}$ (kg/s)	50.926	57.254	67.658
Bu noktada PR (-)	1.577	1.941	2.586

Çizelge 5’te geri basınç taraması sırasında tek/çift/üç kademeli konfigürasyonların dalgalanmaya yaklaşan işletme sınırını özetlemektedir. Kademe sayısı arttıkça yakın-surge sınırındaki çıkış statik basıncı $P_{s,out}$ belirgin şekilde yükselmekte (124-154-214 kPa) ve aynı noktadaki basınç oranı (PR) artmaktadır (1.577-1.941-2.586); bu durum çok kademeli yapının

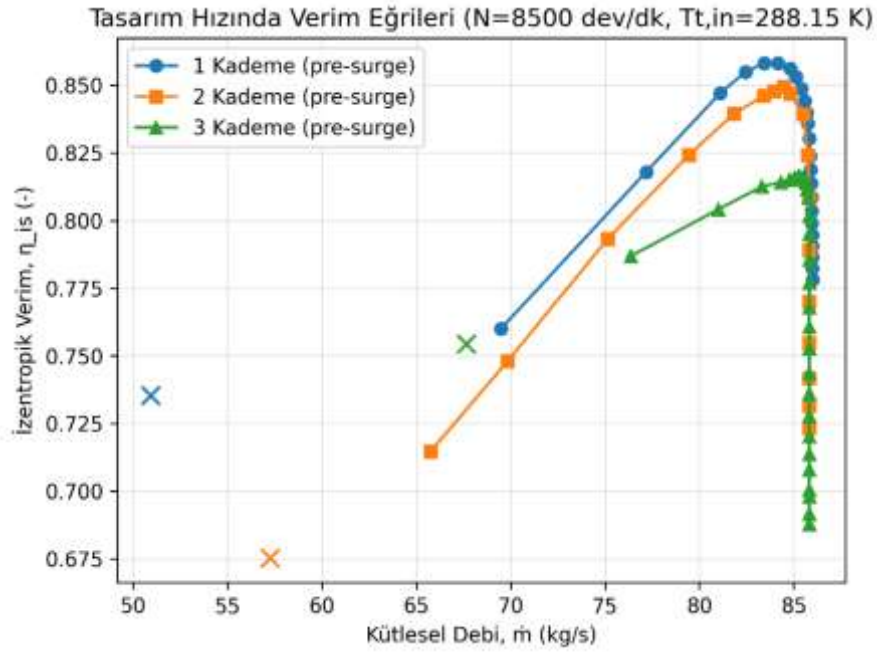
daha yüksek toplam sıkıştırma kabiliyeti sağladığını gösterir. Aynı sınır noktalarında düzeltilmemiş giriş kütleli debisi $\dot{m}_{in}$ de artmaktadır (50.926-57.254-67.658 kg/s); yani kademe artışı, bu çalışma koşullarında daha yüksek debiyle daha yüksek basınç artışına izin veren bir işletme zarfı sunmaktadır.



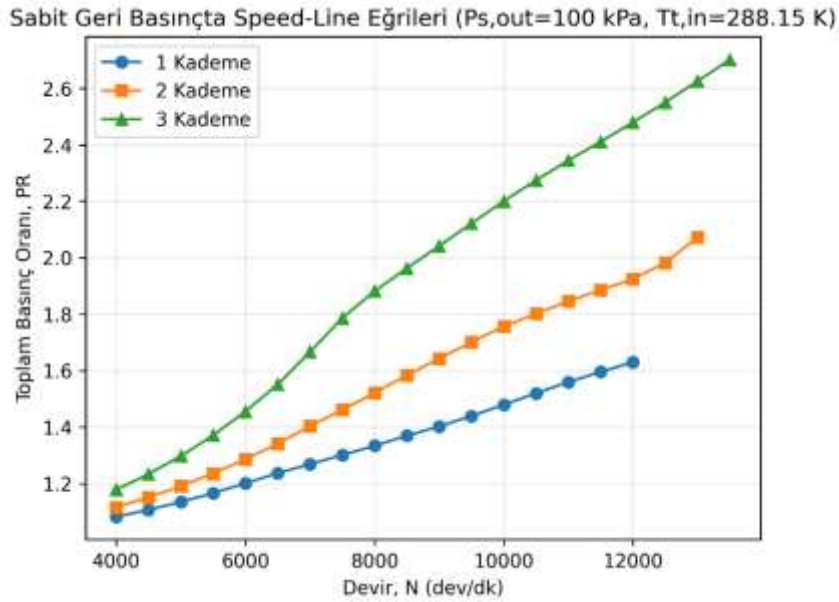
Şekil 1. Tasarım hızında throttle eğrileri: PR- $\dot{m}$ ilişkisi (işaret 'x': yakın-surge limiti eşiği)

Şekil 1’de geri basınç (throttle) taramasıyla elde edilen PR- $\dot{m}$ ilişkisinin, tek/çift/üç kademede nasıl değiştiğini gösteriyor. Kademe sayısı arttıkça eğriler aynı debi bandında daha yüksek toplam basınç oranına taşınıyor. Bu, çok kademeli eşleştirmenin tasarım hızında beklenen şekilde toplam sıkıştırma kabiliyetini artırdığını doğruluyor

Eğrilerin sağ ucunda görülen neredeyse dik aşağı iniş, yüksek debi tarafında choke (boğulma) bölgesine yaklaşırken debinin sınırlanması ve küçük geri basınç değişimlerinde PR’ın hızla düşmesi şeklinde çıkarım yapılmaktadır. Grafikteki “x” işaretleri, sizin notunuzda belirtildiği üzere yakın-surge işletme limiti eşiğini temsil etmektedir. Kademe artışı, tasarım hızında yalnız PR’yi yükseltmekle kalmıyor, aynı zamanda yakın-surge limitinin daha yüksek PR seviyelerinde oluştuğunu göstermektedir.

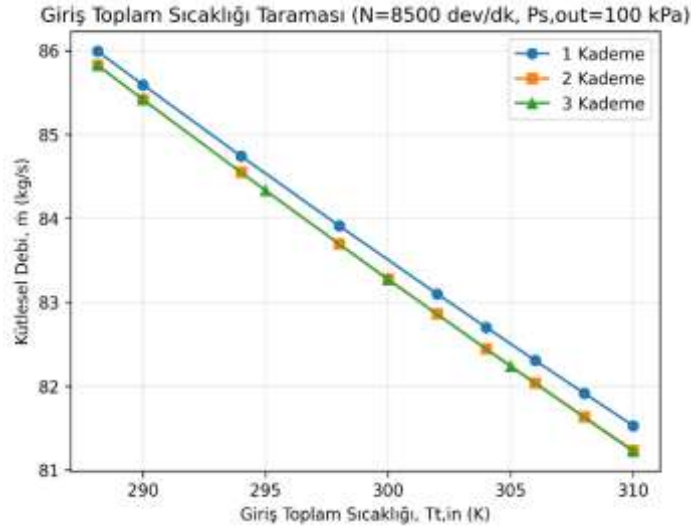


Şekil 2. Tasarım hızında throttle eğrileri: η_{is} - $\dot{m}$ ilişkisi (işaret 'x': yakın-surge limiti eşiği)
 Şekil 2’de tasarım hızında tüm konfigürasyonlarda η_{is} debi arttıkça ~80–84 kg/s civarında maksimuma ulaşip yüksek debi sınırında (choke’a yaklaşım) çakılma gözlenmektedir. Tepe verim noktası kademe arttıkça azalma eğilimindedir. “x” ile işaretlenen yakın-surge noktalarında verim düşüklükleri kararlılık sınırına yaklaşırken kayıpların arttığını gösterir.



Şekil 3. Sabit geri basınçta ($P_{s,out}=100$ kPa) devir taraması: PR-N ilişkisi.

Şekil 3’te Yapılan devir taramasında toplam basınç oranının (PR) N ile monoton arttığını göstermektedir; bu, aksel kompresörlerde artan çevresel hızla birlikte enerji aktarımının artmasına bağlı beklenen bir eğilimdir. Aynı devirde kademe sayısı arttıkça PR belirgin şekilde yükselmektedir. Sabit geri basınç koşulunda devir ve kademe artışının toplam sıkıştırma kapasitesini doğrudan artırdığını nicel olarak ortaya koymaktadır.



Şekil 4. Sabit devir ve geri basınçta giriş toplam sıcaklığı taraması: $\dot{m}$ - $T_{t,in}$ ilişkisi.

Şekil 4, $N = 8500$ dev/dk ve $P_{s,out} = 100$ kPa koşullarında $T_{t,in}$ arttıkça kütleli debinin ($\dot{m}$) monoton azaldığını göstermektedir. Eğrilerin büyük ölçüde örtüşmesi, bu koşullarda kademe sayısının $\dot{m}$ üzerinde ikincil bir etkiye sahip olduğunu, baskın etkinin giriş toplam sıcaklığından kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

3.1 Kademe Sayısının Tasarım Noktası Performansına Etkisi

Çizelge 3, kademe sayısı artışının tasarım noktası performansına doğrudan etkisini göstermektedir. Tek kademe PR=1.370 iken, iki kademe PR=1.584 ve üç kademe PR=1.963 değerine ulaşılmıştır. Bu artış, toplam basınç oranının kademeler boyunca çarpımsal olarak büyümesiyle uyumludur (Cumpsty, 2004). Bununla birlikte izentropik verim tek kademe 0.778 iken iki kademe 0.723'e ve üç kademe 0.688'e gerilemiştir. Verimdeki azalma; her kademe boyunca profil kayıpları, duvar sürtünmesi, uç açıklığı sızıntıları ve rotor-stator karışım kayıplarının birikmesi ile açıklanabilir (Aungier, 2003; Dixon & Hall, 2013).

3.2 Geri Basınç Taraması: Throttle Eğrileri ve Yakın-Surge İşletme Limiti

Şekil 1-Şekil 2'de, $N=8500$ dev/dk ve $T_{t,in} = 288.15$ K koşullarında geri basınç ($P_{s,out}$) artırılarak elde edilen throttle eğrileri verilmiştir. Her kademe $P_{s,out}$ artışıyla birlikte düzeltilmiş kütleli debinin $W_c(\dot{m}_{corr})$ azaldığı ve PR'nin yükseldiği; kritik bir noktadan sonra ise debi çöküşüyle birlikte çözümün kararsızlaşmaya başladığı görülmektedir. Bu bildiride "yakın-surge işletme limiti göstergesi", geri basınç artışı sırasında aşağıdaki koşullardan en az birinin ilk kez ortaya çıktığı çözüm noktası olarak tanımlanmıştır: (i) RMS residual hedefi 1×10^{-6} 'ya 200 iterasyon içinde ulaşamaması, (ii) PR veya η_{is} monitörlerinde son 50 iterasyonda $\pm 0.1\%$ bandının üzerinde sürekli salınım, (iii) kütle dengesi hatası $\Delta \dot{m}\% > 1.0$

(Çizelge 2 ve Çizelge 4). Kararlı RANS ve mixing-plane yaklaşımı fiziksel surge/rotating stall çevrimlerini doğrudan çözmediğinden, bu gösterge fiziksel surge hattının bir ikamesi olarak değil; haritalama sırasında kararlı çözümün sürdürülebildiği işletme zarfının sayısal bir limiti olarak yorumlanmalıdır. Harita üretiminde $W_{c,surge}$ değeri, bu göstergenin hemen öncesindeki ve tüm kabul kriterlerini sağlayan son çalışma noktasından alınmıştır. Kademelere göre belirlenen eşik basınçları Çizelge 5'te özetlenmiştir.

3.3 Devir Taraması: Hızın PR ve Çalışma Aralığına Etkisi

Şekil 3, $P_{s,out} = 100$ kPa ve $T_{t,in} = 288.15$ K koşullarında devir taramasının PR üzerindeki etkisini göstermektedir. Devir artışı, rotorların akışkana aktardığı özgül işi artırdığından PR artışı beklenen bir sonuçtur (Cumpsty, 2004). Üç kademeli konfigürasyonda PR, $N=4000$ dev/dk'da yaklaşık 1.18 seviyesinden başlayarak $N=13500$ dev/dk'da 2.70 mertebesine ulaşmıştır. Benzer şekilde iki kademede PR en fazla 2.07, tek kademede ise 1.63 seviyesine çıkmaktadır. Yüksek devirlerde PR artışı hızlansa da, verimin azalması eğilimi literatürde tanımlanan kayıp mekanizmalarıyla uyumludur (Aungier, 2003; Peters et al., 2019). Bununla birlikte devir artışıyla birlikte göreceli Mach sayısının yükselmesi, profil ve uç bölgesi kayıplarını artırabilir; verim eğilimleri bu nedenle yalnızca 'daha yüksek PR' olarak değil, kayıp mekanizmalarının bileşkesi olarak değerlendirilmelidir (Dixon & Hall, 2013). Üç kademeli yapı, aynı geri basınçta daha geniş bir PR aralığı sunsa da, toplam kayıpların birikmesi nedeniyle η_{is} üzerinde aşağı yönlü bir trend gözlenmiştir.

3.4 Giriş Toplam Sıcaklığı Taraması: Yoğunluk Etkisi ve Düzeltilmiş Büyüklükler

Şekil 4, $N=8500$ dev/dk ve $P_{s,out} = 100$ kPa koşullarında giriş toplam sıcaklığı artışının kütleli debiyi azalttığını göstermektedir. $T_{t,in}$ yükseldikçe giriş yoğunluğu düştüğünden, aynı kesitte taşınabilen kütle azalır; bu davranış düzeltilmiş debi kavramı ile açıklanır (Dixon & Hall, 2013). Bu bağlamda, farklı çevresel koşullara (mevsimsel giriş sıcaklığı değişimleri gibi) duyarlılık, özellikle çok kademeli konfigürasyonlarda performans hedefleri ve işletme güvenliği açısından dikkate alınmalıdır. Sıcaklık taramasının yorumunda corrected büyüklükler kritik olduğundan, W_c ve N_c üzerinden yapılan karşılaştırmalar, geometrik olarak değişmeyen bir kompresörde yoğunluğa bağlı debi kaymasının beklenen yönde olduğunu göstermiştir (Aungier, 2003; Cumpsty, 2004).

3.5 Performans Haritaları: PR- W_c () Düzleminde Kademe Sayısı Etkisi

Bu bölümde, 2.5 bölümünde tanımlanan düzeltilmiş büyüklükler ($W_c = \dot{m}_{corr}$ ve N_c) kullanılarak her konfigürasyon için PR- W_c düzleminde performans haritaları oluşturulmuştur. Devir taramasından elde edilen çözüm noktaları belirli N_c seviyelerinde birleştirilerek speed

line'lar elde edilmiş; aynı düzlemde η_{is} konturları çok noktalı veri seti üzerinde enterpolasyon ile çıkarılmıştır. Yakın-surge işletme limiti zarfı, geri basınç taramalarında 3.2'de tanımlanan sayısal kabul kriterlerine göre (yakınsama/monitör stabilitesi ve $\Delta m\%$) bozulmanın başladığı eşik noktaların zarfı olarak operasyonel biçimde tanımlanmıştır. Kararlı RANS ve mixing-plane yaklaşımı fiziksel stall/surge dinamiklerini doğrudan çözmediğinden, bu zarf "sayısal işletilebilirlik (stability) zarfı" olarak yorumlanmalıdır (Cumpsty, 2004; Dixon & Hall, 2013; Greitzer, 1976). Enterpolasyon, $N_c - W_c$ düzlemindeki ayırık çözüm noktalarından 200×200 uniform bir ızgara üzerine Delaunay üçgenleme tabanlı lineer yöntemle aktarılmıştır.

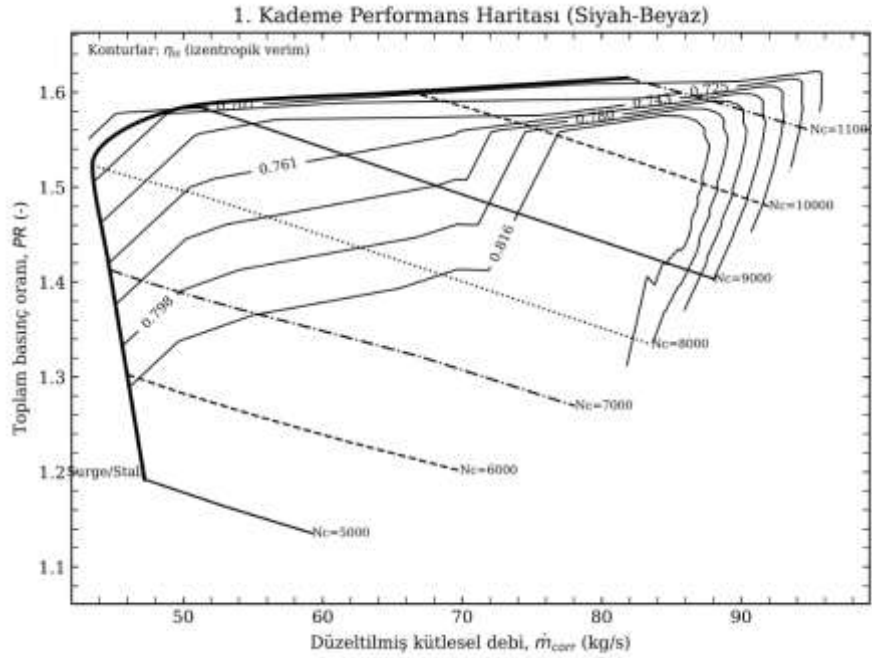
Tek kademeli harita (Şekil 5), N_c arttıkça speed line'ların daha yüksek PR seviyelerine taşındığını göstermektedir. Bu eğilim, rotor çevresel hızının artmasıyla akışkana aktarılan özgül işin büyümesi sonucu PR'nin yükselmesi beklenen klasik eksenel kompresör davranışı ile tutarlıdır (Cumpsty, 2004; Dixon & Hall, 2013). η_{is} konturları, en iyi verim bölgesinin orta debi bandında yoğunlaştığını; düşük debi tarafında yakın-surge limit zarfına yaklaşırken artan negatif giriş hücum açısı (negative incidence) – incidence, girişteki akış yönünün kanadın tasarım giriş açısına göre aşırı kapalı, açısı küçük” kalması durumudur- ve ayrılma eğilimi nedeniyle verimin düştüğünü; yüksek debi tarafında ise choke'a yaklaşım ve yüksek Mach sayısı etkileriyle verimin azaldığını göstermektedir (Denton, 1993).

İki kademeli haritada (Şekil 6) toplam PR kapasitesi yükselmekte ve harita, tek kademeye kıyasla yüksek PR yönünde belirgin biçimde genişlemektedir. Bununla birlikte verim adalarının konumu ve şekli yalnızca kademe sayısına değil, kademeler arası eşleşmeye (stage matching) de duyarlıdır. Çok kademeli bir sistemde toplam performans, her kademelerin benzer W_c üzerinden birlikte çalışabilmesine bağlı olduğundan; eşleşmedeki sapmalar bazı kademelerde daha erken ayrılma veya boğulma eğilimi oluşturarak toplam η_{is} 'i sınırlandırabilmektedir (Cumpsty, 2004). Ayrıca yakın-surge limit zarfı, çok kademeli sistemlerde plenum-dinamiği ve kademeler arası etkileşimlerle güçlenebilen dengesizlik mekanizmalarının bir sonucu olarak işletme sınırını belirlemektedir (Moore & Greitzer, 1986; Greitzer, 1976).

Üç kademeli harita (Şekil 7) çalışılan hız aralığında en yüksek PR seviyelerine erişildiğini göstermektedir; bu sonuç, kademeler boyunca özgül işin kümülatif olarak inşa edilmesiyle beklenen bir çıktıdır (Cumpsty, 2004). Buna karşın kademe sayısı arttıkça profil ve sekonder kayıplar, uç açıklığı sızıntıları ve rotor-stator karışım kayıpları birikmekte; ayrıca eşleşme hassasiyeti yükseldiğinden tepe η_{is} seviyesinde aşağı yönlü bir eğilim oluşabilmektedir (Aungier, 2003; Denton, 1993). Dolayısıyla çok kademeli yapı, daha yüksek PR sağlarken,

verim ve çalışma aralığı açısından daha dikkatli bir eşleşme ve kayıp yönetimi gerektirmektedir.

Kademe sayısının harita geometrisine etkisini daha doğrudan göstermek için yakın-surge limit zarfı ve en iyi verim lokusları karşılaştırılmıştır (Şekil 8). Kademe sayısı arttıkça erişilebilir PR seviyesinin yükselmesi beklenirken, en iyi verim lokusunun W_c eksenindeki konumu ve "verim adası" şekli; kayıp birikimi, kademeler arası yük paylaşımı ve eşleşme hassasiyetindeki artışın bir göstergesi olarak değişmektedir (Cumpsty, 2004; Kurzke, 2011). Ortak bir hız seviyesinde ($N_c=8500$) speed line'ların üst üste bindirilmesi (Şekil 9) aynı W_c aralığında kademe sayısının PR seviyesini sistematik biçimde artırdığını, ancak düşük debi tarafında surge yaklaşımının ve yüksek debi tarafında choke eğiliminin kademe sayısına bağlı olarak farklı hızlarda belirginleşebildiğini göstermektedir.

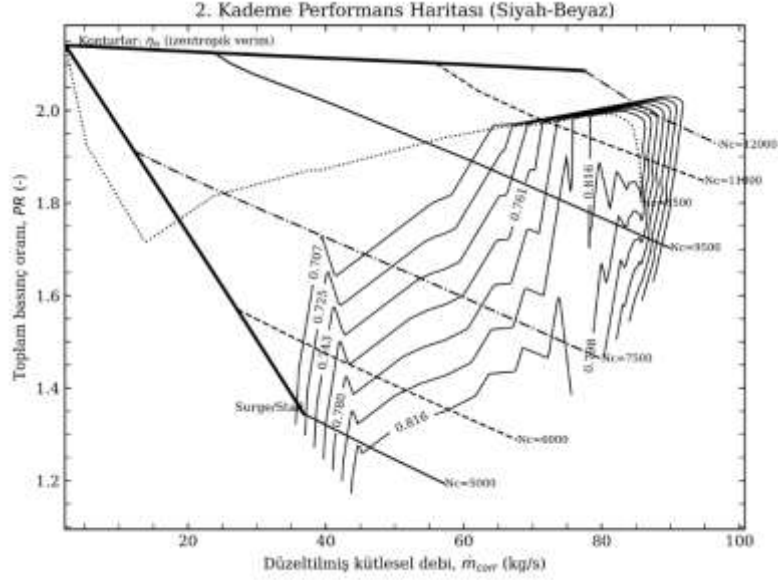


Şekil 5. 1-kademeli kompresör için PR- $W_c(\dot{m}_{corr})$ performans haritası

Şekil 5'te Haritada farklı devirler için speed-line'lar ($N_c \approx 5000-11000$) yer almakta; devir arttıkça tüm çalışma hattı daha yüksek basınç oranlarına taşınmaktadır. Aynı speed-line üzerinde debi azaltılıp geri basınç artırıldığında çalışma noktaları sol tarafa kaymakta ve surge/stall sınırına yaklaşırken PR önce artıp ardından kararlılık limitine ulaşmaktadır; bu sınır haritanın sol tarafında belirgin şekilde işaretlenmiştir.

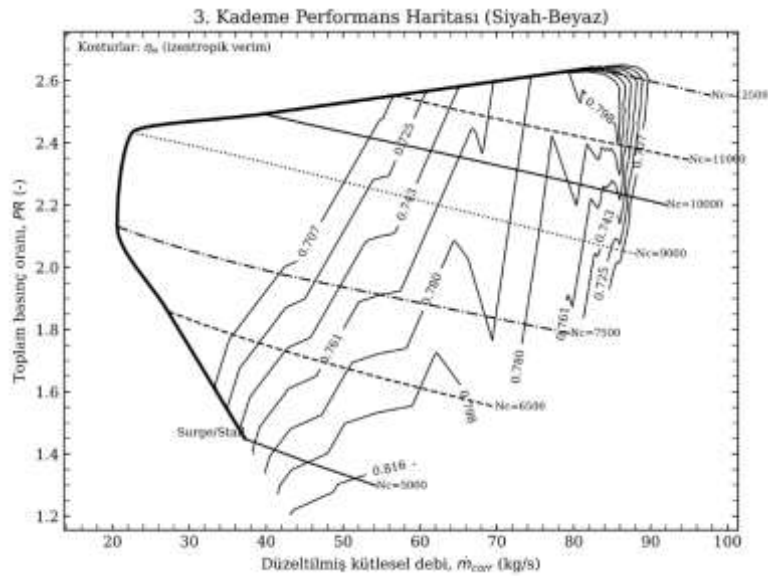
Kontur çizgileri izentropik verim adalarını temsil eder ve en yüksek verim bölgesi, orta-yüksek debi bandında ve orta-yüksek devirlerde yoğunlaşmaktadır. Yüksek debi tarafında (haritanın sağında) boğulma/choke etkisine yaklaşım nedeniyle PR artışı sınırlanırken, düşük debi tarafında (solda) artan insidans ve ayrılma eğilimiyle verim düşmektedir. Genel olarak

harita, tek kademeli konfigürasyonda kademeli devir artışıyla PR kapasitesinin arttığını, ancak işletme zarfının surge sınırı ve yüksek debi tarafındaki akış sınırlamalarıyla çevrelendiğini ortaya koymaktadır.



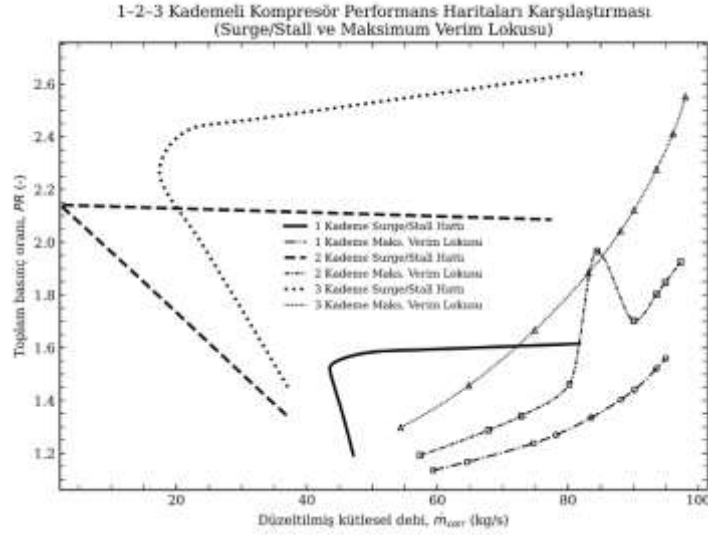
Şekil 6. 2-kademeli kompresör için $PR-W_c (\dot{m}_{corr})$ performans haritası

Şekil 6, 2 kademeli kompresörde devir arttıkça PR'nin yükseldiğini ve haritanın tek kademeye göre daha yüksek PR seviyelerine taşındığını göstermektedir. Düşük W_c tarafında surge/stall sınırı çalışma zarfını kısıtlarken, yüksek W_c tarafında eğrilerin dikleşmesi choke'a yaklaşımı işaret eder. Verim konturları orta debi–orta/yüksek devir bandında tepe yaparken; surge ve choke bölgelerine yaklaşıldıkça verim azalmaktadır.



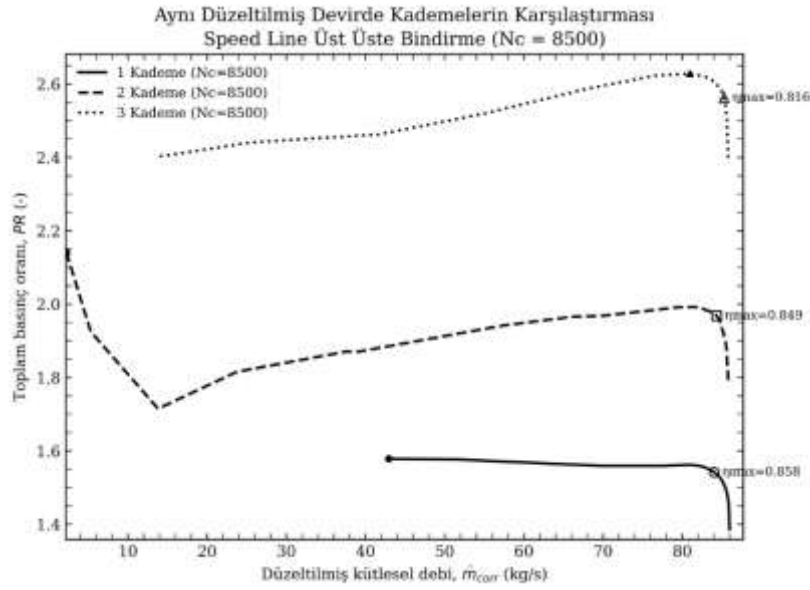
Şekil 7. 3-kademeli kompresör için $PR-W_c (\dot{m}_{corr})$ performans haritası

Şekil 7, 3 kademeli kompresörde devir arttıkça PR'nin yükseldiğini göstermektedir. Düşük W_c tarafında surge/stall sınırı, yüksek W_c tarafında ise choke'a yaklaşım çalışma zarfını sınırlar. Verim konturları orta debi bandında tepe yaparken; sınır bölgelerine yaklaşıldıkça verimin azaldığı gözlemlenmektedir.



Şekil 8. Yakın-surge limit zarfı ve en iyi verim lokusunun 1-2-3 kademeli konfigürasyonlar için karşılaştırılması.

Şekil 8, 1–2–3 kademeli konfigürasyonların surge/stall limit zarfını ve en yüksek verim hattını aynı PR– $\dot{m}_{corr}$ düzleminde karşılaştırmaktadır. Kademe sayısı arttıkça çalışma bölgesi sistematik biçimde daha yüksek PR seviyelerine taşınmakta; buna paralel olarak kararlılık sınırı da yukarı kayarak kompresörün daha yüksek basınç artışını sürdürebildiği bir işletme aralığı sunduğunu göstermektedir. En yüksek verim hattı her konfigürasyonda çalışma zarfının orta debi bandında konumlanmakta ve kademeler arasında yer değiştirse de genel eğilim kademe artışıyla yüksek PR seviyelerinde verimli işletmenin mümkün hale geldiğini ortaya koymaktadır.



Şekil 9. $N_c=8500$ için speed line'ların 1-2-3 kademeli konfigürasyonlar arasında üst üste karşılaştırılması (tepe verim noktaları işaretli).

Şekil 9, $N_c = 8500$ için 1-2-3 kademeli konfigürasyonların speed-line'larını karşılaştırmaktadır. Kademe sayısı arttıkça eğriler belirgin biçimde daha yüksek PR seviyelerine taşınmakta; yani toplam sıkıştırma kapasitesi artmaktadır. Buna karşılık işaretlenen tepe verim değerleri 1-2-3 kademede azalma eğilimi göstermektedir ($\eta_{is,max} \approx 0.858, 0.849, 0.816$); dolayısıyla kademe eklemek PR'yi artırırken verim değerlerinde düşüş gözlemlenmektedir.

4. SONUÇ ve TARTIŞMALAR

4.1 Literatürle Kıyas

Bu çalışmada gözlenen eğilimler- kademe sayısı arttıkça toplam basınç oranının (Pressure Ratio, PR) artması ve buna eşlik eden izentropik verim (η_{is}) düşüşü- aksel kompresör aerodinamiği literatüründeki genel beklentiyle uyumludur. Kademeler boyunca biriken profil kayıpları ve ikincil akış kayıplarının toplam verimi aşağı çektiği; buna karşın toplam PR'ın kademelerin çarpımsal etkisiyle yükseldiği, kompresör teorisi ve tasarım kaynaklarında vurgulanmaktadır (Cumpsty, 2004; Aungier, 2003; Dixon & Hall, 2013). Düşük debi tarafında surge/rotating stall yaklaşımı ile çalışma noktasının kararlılığını kaybetmesi beklenir; bu çalışma, geri basınç taramalarında sayısal yakınsamanın zorlaştığı düşük debi bölgesini harita üzerinde ayırt ederek bu davranışla tutarlı bir limit zarfı sunmaktadır (Greitzer, 1976; Moore & Greitzer, 1986). Bununla birlikte steady RANS ve mixing-plane yaklaşımı, zamana bağlı rotor-stator etkileşimlerini ve fiziksel surge dinamiklerini doğrudan çözmediğinden, özellikle limit zarfına yakın bölgelerde ek belirsizlik oluşturabilir (Chima, 1998; Adamczyk, 1999).

4.2 Sınırlılıklar ve Belirsizlik

Bu çalışmada kararlı RANS ve mixing-plane yaklaşımı kullanılmıştır. Bu yaklaşım, çok kademeli performansın makul bir hesap maliyetiyle öngörülmesinde yaygın olmakla birlikte, rotor-stator etkileşiminin zamana bağlı bileşenlerini ve özellikle surge/rotating stall gibi kararsızlıkları doğrudan çözmemektedir (Adamczyk, 1999; Chima, 1998). Bu nedenle Çizelge 5'teki eşikler fiziksel bir "surge hattı" olarak değil, 3.2'de tanımlanan yakın-surge işletme limiti göstergesinin (sayısal stabilite limiti) karşılığı olarak yorumlanmalıdır. Ayrıca limit zarfına yaklaşıldıkça çözüm kararlılığının bozulması, akışın zamana bağlı bileşenlerinin baskınlaştığı bölgelerde (stall/surge eşiği) RANS-temelli kararlı çözüm varsayımının doğal bir sınırı olarak değerlendirilmelidir.

Türbülans taşınım denklemlerinde nümerik stabilite amacıyla birinci mertebe ayrıklaştırma kullanılmış olup, sayısal difüzyon kaynaklı belirsizliklerin seçilmiş temsili noktalarda yüksek çözünürlüklü şema duyarlılığı ile ayrıca değerlendirilmesi önerilir.

İkinci olarak, mesh bağımsızlık çalışması ve deneysel doğrulama (validation) bu metnin kapsamı dışında tutulmuştur. Bununla birlikte, mutlak doğrulama yerine mertebe ve eğilim bazlı bir tutarlılık kontrolü için literatürde yaygın kullanılan NASA Rotor 37 referans vakasına dayalı kıyaslamalar dikkate alınmıştır (NASA Langley Research Center, Turbulence Modeling Resource, 2023). Rotor 37 doğrulama çalışmalarında farklı kod ve türbülans modeli seçimleri arasında toplam basınç oranında yaklaşık %10'a varan sapmalar ve izentropik verimde yaklaşık 6 yüzde puanlık saçılım raporlandığından, bu çalışma sonuçları da benzer bir modelleme belirsizliği bandı içinde yorumlanmalıdır (Hah, 2009). Buna rağmen, Çizelge 4'te gösterilen kütle dengesi kontrolü gibi tutarlılık testleri uygulanmış; çok düşük debili ve kabul kriterlerini sağlamayan noktalar nicel değerlendirmelerde dışlanarak sayısal tutarlılık korunmuştur (ASME, 2009).

Çok kademeli yapıdaki verim düşüşü; her kademedeki oluşan profil kayıpları, uç sızıntısı (tip leakage), endwall ikincil akışları ve rotor-stator karışım kayıplarının toplam etkisi olarak yorumlanabilmektedir (Dixon & Hall, 2013; Cumpsty, 2004). Nitekim aynı sınır şartlarında kademe sayısının artmasıyla toplam basınç oranının artmasına karşın (PR: 1.37 -> 1.58 -> 1.96), izentropik verimde düşüş eğilimi (0.778 -> 0.688) kümülatif kayıplar ve kademe eşleşmesi (stage matching) hassasiyeti ile tutarlıdır; çok kademeli eksenel kompresörlerde benzer bir davranışın görülebileceği literatürde de vurgulanmaktadır (Denton, 1999; Adamczyk, 2000).

Mixing-plane yöntemi, zaman-ortalama performans eğilimleri için hesaplama maliyetini düşürürken, kararsızlık bölgelerindeki zamana bağlı (unsteady) davranışları doğrudan yakalamaz; bu nedenle limit zarfına yakın bölgelerde belirsizlik artabilir (Greitzer, 1976;

Chima, 1998). Bu nedenle Rotor 37 ile yapılan kıyas, aynı nokta karşılaştırması olarak değil; basınç oranı/verim mertebesi, stall-choke davranışı ve harita morfolojisi düzeyinde bir tutarlılık kontrolü olarak ele alınmalıdır (Reid & Moore, 1978; Ameri, 2010).

Ayrıca deneysel doğrulama verisi bulunmadığından, mutlak performans değerlerinden ziyade parametrik eğilimlerin (geri basınç, devir ve $T_{t,in}$ duyarlılığı) karşılaştırmalı yorumuna odaklanılmıştır. Giriş sınır tabakası kalınlığının boğulma debisi gibi global büyüklükleri etkileyebildiği gösterildiğinden, debi uçlarında (özellikle boğulma) belirsizliklerin artabileceği dikkate alınmalıdır (Ameri, 2010).

Sonuçlar bu çerçevede, mutlak değer doğrulamasından ziyade karşılaştırmalı performans eğilimlerini ve fiziksel tutarlılığı destekleyici nitelikte değerlendirilmiştir.

4.3 Sonuçlar ve Tartışmalar

Bu çalışmada tek, iki ve üç kademeli temsili eksenel kompresör konfigürasyonları için ANSYS TurboGrid/CFX tabanlı tekrarlanabilir bir CFD analiz hattı kurulmuş; geri basınç, devir ve giriş toplam sıcaklığı taramalarıyla geniş bir çalışma noktası uzayı örneklenerek performans eğilimleri nicel olarak değerlendirilmiştir. Üretilen veri seti, farklı işletme parametrelerinin ($P_{s,out}$ – N – $T_{t,in}$) tek/çok kademeli mimariler üzerindeki etkisini aynı metodoloji altında karşılaştırmaya imkân vermekte; sonuçlar, mutlak doğrulamadan ziyade eğilim ve mertebe düzeyinde fiziksel tutarlılık çerçevesinde tartışılmaktadır. Yaklaşık 170 çalışma noktasından oluşan bu performans veri seti, çok noktalı haritalama yaklaşımının temel çıktısıdır.

Tasarım koşullarında ($N=8500$ rpm, $T_{t,in} \approx 288$ K, $P_{s,out}=100$ kPa) kademe sayısı arttıkça toplam basınç oranı (PR) $1.370 \rightarrow 1.584 \rightarrow 1.963$ seviyelerine yükselmiş; buna karşılık toplam izentropik verim (η_{is}) $0.778 \rightarrow 0.723 \rightarrow 0.688$ seviyelerine gerilemiştir. Bu davranış, kademeler boyunca enerji aktarımının kümülatif olarak artmasıyla PR'ın çarpımsal büyümesine karşın, profil/duvar sürtünmesi, uç bölgesi ve rotor–stator karışım kayıplarının çok kademeli yapıda birikmesiyle toplam verimin düşme eğilimi göstermesi şeklinde yorumlanabilir. Aynı tasarım koşulunda giriş/çıkış kütleli debilerinin birbirine oldukça yakın olması, çözüm kümesinin süreklilik açısından tutarlı kaldığını göstermektedir.

Çok noktalı taramalar için veri kalitesini desteklemek amacıyla kütle dengesi ($\Delta m\%$) istatistikleri ayrıca izlenmiştir. “Kabul edilen nokta kümesi” için maksimum $\Delta m\%$ değerlerinin tek/çift/üç kademede yaklaşık $\%0.614 / \%0.632 / \%0.848$ bandında kalması, nihai performans yorumlarının tutarlı bir çözüm kümesine dayandırıldığını göstermektedir.

Tasarım hızında geri basınç (throttle) taraması, çalışma noktasının düşük debi–yüksek PR tarafına taşındıkça çözüm kararlılığının zorlaştığı bir limit bölgeye yaklaşıldığını göstermiştir.

Yakın-surge işletme limiti göstergesi (sayısal stabilite eşiği) tek/çift/üç kademede sırasıyla 124 / 154 / 214 kPa seviyelerinde raporlanmış; bu eşiklerdeki PR değerleri 1.577 / 1.941 / 2.586 mertebesinde. Bu bulgu iki açıdan önemlidir: (i) kademeleme, aynı tarama yaklaşımı altında daha yüksek toplam sıkıştırma seviyelerine erişimi mümkün kılmakta; (ii) limit bölgeye yaklaşıldığında elde edilen “yakın-surge zarfı” fiziksel surge hattı olarak değil, seçilen kararlı RANS + mixing-plane çözüm çerçevesinde sayısal işletilebilirlik sınırı olarak ele alınmalıdır.

Devir taraması sonuçları, PR’ın N ile belirgin biçimde arttığını; özellikle üç kademeli konfigürasyonda PR’ın N=4000 dev/dk’da ≈ 1.18 ’den N=13500 dev/dk’da ≈ 2.70 mertebesine ulaşabildiğini göstermektedir. Aynı koşullarda iki kademede PR en fazla ≈ 2.07 , tek kademede ise ≈ 1.63 seviyelerine çıkmaktadır. Bu sonuç, kademelemenin yalnız tasarım noktasında değil, haritanın genelinde erişilebilir PR bandını genişlettiğini göstermesi açısından kritiktir. Bununla birlikte yüksek devirlerde artan göreceli Mach sayıları ve kayıp mekanizmaları nedeniyle verimde düşüş eğiliminin görülebileceği dikkate alınmalı; “daha yüksek PR” kazanımı, kayıp artışı ve eşleşme hassasiyetiyle birlikte bütüncül olarak değerlendirilmelidir. Sabit N ve $P_{s,out}$ koşullarında giriş toplam sıcaklığının artması, giriş yoğunluğunu düşürdüğü için kütleli debinin azalmasına yol açmaktadır; bu etki, farklı çevresel koşullarda (mevsimsel sıcaklık değişimi vb.) kompresör işletiminin değerlendirilmesi açısından pratik sonuçlar doğurur. Bu nedenle sıcaklık duyarlılığı yorumlarında düzeltilmiş büyüklüklerin kullanımı kritik olup, geometrisi değişmeyen bir kompresörde debi kaymasının beklenen yönde oluştuğu gözlenmiştir.

PR- W_c düzlemindeki performans haritaları, kademe sayısı arttıkça haritanın sistematik olarak daha yüksek PR seviyelerine taşındığını ve çalışma zarfının (düşük debide limit bölge, yüksek debide choke’a yaklaşım) daha belirgin bir şekilde ayrıştığını göstermektedir.

Verim konturlarında tepe bölgenin çoğunlukla orta debi bandında oluşması; buna karşın limit bölgeye (düşük debi tarafı) ve choke’a yaklaşıldıkça verimin azalması, harita morfolojisinin fiziksel beklentilerle uyumlu olduğunu desteklemektedir. Ayrıca yakın-surge limit zarfı ve en iyi verim hattının (lokus) kademeler arasında karşılaştırılması; kademe artışıyla hem erişilebilir PR seviyesinin yükseldiğini hem de kararlılık sınırının daha yüksek PR tarafına taşındığını göstermektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada kullanılan temsili kompresör geometrisinin sağlanması için LearnCAE platformuna teşekkür ederiz.

5. KAYNAKÇA

- Adamczyk, J. J. (1999). Aerodynamic analysis of multistage turbomachinery flows in support of aerodynamic design. NASA/TM-1999-209132.
- ANSYS, Inc. (2025a). Ansys CFX-Solver Theory Guide (Release 2025 R1).
- ANSYS, Inc. (2025b). Ansys TurboGrid User's Guide (Release 2025 R1).
- ASME. (2009). Standard for Verification and Validation in Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer (ASME V&V 20-2009). The American Society of Mechanical Engineers.
- Aungier, R. H. (2003). Axial-Flow Compressors: A Strategy for Aerodynamic Design and Analysis. ASME Press.
- Chima, R. V. (1998). Calculation of multistage turbomachinery using steady averaging-plane approach. AIAA Paper 98-0968.
- Cumpsty, N. A. (2004). Compressor Aerodynamics. Cambridge University Press.
- Dixon, S. L., & Hall, C. A. (2013). Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery (7th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Denton, J. D. (1993). Loss mechanisms in turbomachines. *Journal of Turbomachinery*, 115(4), 621-656.
- Greitzer, E. M. (1976). Surge and rotating stall in axial flow compressors-Part I: Theoretical compression system model. *Journal of Engineering for Power*, 98(2), 190-198.
- Moore, F. K., & Greitzer, E. M. (1986). A theory of post-stall transients in axial compression systems: Part I-Development of equations. *Journal of Engineering for Gas Turbines and Power*, 108(1), 68-76. <https://doi.org/10.1115/1.3239887>
- Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*, 32(8), 1598-1605.
- Peters, M., Schmidt, T., & Jeschke, P. (2019). Influence of blade aspect ratio on axial compressor efficiency. *Journal of the Global Power and Propulsion Society*, 3, 639-652. <https://doi.org/10.33737/jgpps/111735>
- Saravanamuttoo, H. I. H., Rogers, G. F. C., Cohen, H., & Straznicky, P. V. (2017). Gas turbine theory (7th ed.). Pearson.
- Stoewer, M., Franke, P., Seume, J. R., & Mimic, D. (2025). TFD 4AC open test case: 4.5-stage high-speed axial compressor-geometry and performance data [Data set]. Institute of Turbomachinery and Fluid Dynamics, Leibniz University Hannover.
- Casey, M., & Wintergerste, T. (Eds.). (2000). ERCOFTAC Best Practice Guidelines: Special Interest Group on "Quality and Trust in Industrial CFD" (Version 1). ERCOFTAC.
- ERCOFTAC. (2000). ERCOFTAC Best Practice Guidelines for Industrial CFD: Industrial Computational Fluid Dynamics of Single-Phase Flows (Version 1). European Research Community On Flow, Turbulence and Combustion.
- Gravdahl, J. T., & Egeland, O. (1999). Compressor Surge and Rotating Stall: Modeling and Control. Springer.
- Kurzke, J. (2011). Correlations hidden in compressor maps. In *Proceedings of ASME Turbo Expo 2011: Turbine Technical Conference and Exposition* (Paper No. GT2011-45519). American Society of Mechanical Engineers.
- Eça, L., & Hoekstra, M. (2014). A procedure for the estimation of the numerical uncertainty of CFD calculations based on grid refinement studies. *Journal of Computational Physics*, 262, 104-130. <https://doi.org/10.1016/j.jcp.2014.01.006>
- Roache, P. J. (1998). Verification and validation in computational science and engineering. Hermosa Publishers.
- Cumpsty, N. A. (2004). Compressor Aerodynamics (2nd ed.). Cambridge University Press.
- Dixon, S. L., & Hall, C. A. (2010). Fluid Mechanics and Thermodynamics of Turbomachinery (7th ed.). Butterworth-Heinemann.
- American Society of Mechanical Engineers. (2009). Standard for Verification and Validation in Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer (ASME V&V 20-2009). ASME.
- Menter, F. R. (1994). Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications. *AIAA Journal*, 32(8), 1598-1605.

CNTS-BASED INORGANIC HOLE TRANSPORT MATERIAL ENABLING HIGH EFFICIENCY AND ENHANCED STABILITY IN PEROVSKITE SOLAR CELLS**Öğr. Gör. Fahriye SARI**Department of Chemical Engineering, Konya Technical University, 42079, Konya
Huglu Vocational School, Selcuk University, 42710, Konya**ORCID:** 0000-0002-1404-0631**Prof. Dr. Mahmut KUŞ**Department of Chemical Engineering, Konya Technical University, 42079, Konya
Device and Sensor Center, Fondazione Bruno Kessler, Povo, 38123, Trento, Italy**ORCID:** 0000-0002-6998-6459**Prof. Dr. Faruk ÖZEL**

Department of Mechanical Engineering, Recep Tayyip Erdogan University, 53100, Rize

ORCID: 0000-0002-3689-0469**ABSTRACT**

One of the most effective approaches to renewable energy generation is the efficient conversion of photons into electrical energy using environmentally sustainable materials. In recent years, the integration of chalcogenide materials into perovskite solar cells has attracted significant attention as a promising strategy to enhance device performance, long-term stability, and environmental compatibility. This study demonstrates that, with further optimization, such materials can serve as viable alternatives for efficient active layers in solar energy applications. The obtained results reveal that $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ (CNTS), employed as a hole transport layer (HTL), plays a critical role in the fabrication of high-efficiency, low-cost, and environmentally friendly perovskite solar cells. Inorganic HTL materials are considered promising alternatives to their organic counterparts for stable PSCs due to their wide bandgap, high chemical stability, excellent optical transparency, and cost-effectiveness. The findings confirm that CNTS functions as an effective hole transport material in perovskite solar cells while simultaneously contributing to enhanced device stability. In this work, kesterite-based CNTS was utilized as a hole-selective interfacial layer on ITO/PEDOT:PSS/CNTS substrates in inverted $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskite solar cells. CNTS was selected owing to its numerous advantages, including the abundance of its constituent elements in nature, non-toxic composition, low production cost, suitable bandgap and absorption coefficient for photovoltaic applications, and tunable electronic properties. Notably, the fabricated devices retained more than 93% of their initial power conversion efficiency after 720 hours of storage, indicating significantly improved operational stability.

Keywords: CNTS, perovskite solar cells, interfacial charge carrier dynamics, hole transport layer.

PEROVSKİT GÜNEŞ PİLLERİNDE YÜKSEK VERİMLİLİK VE ARTIRILMIŞ KARARLILIK SAĞLAYAN CNTS TABANLI İNORGANİK DELİK TAŞIMA MALZEMESİ

ÖZET

Yenilenebilir enerji üretiminde en etkili yöntemlerden biri, çevresel açıdan sürdürülebilir malzemeler kullanılarak fotonların elektrik enerjisine verimli bir şekilde dönüştürülmesidir. Son yıllarda, kalkojenür malzemelerin perovskit güneş pillerine (PSC'ler) entegrasyonu, bu cihazların performansını, kararlılığını ve çevre dostu yapısını artırmak amacıyla önemli ölçüde ilgi görmektedir. Bu çalışma, daha ileri araştırmalarla birlikte bu malzemelerin güneş enerjisi uygulamalarında verimli aktif malzemeler için uygulanabilir alternatifler olabileceğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, delik taşıma katmanı (HTL) olarak kullanılan $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ (CNTS) malzemesinin, yüksek verimli, düşük maliyetli ve çevre dostu perovskit güneş pillerinin üretiminde soğurucu malzeme olarak kritik bir rol oynadığını göstermektedir. İnorganik HTL malzemeleri; geniş bant aralığı, yüksek kimyasal kararlılık, yüksek optik şeffaflık ve maliyet etkinlikleri sayesinde, kararlı PSC'ler için organik muadillerine umut verici alternatifler olarak değerlendirilmektedir. CNTS'nin perovskit güneş pillerinde etkili bir delik taşıma malzemesi olarak görev yaptığını ve aynı zamanda cihaz kararlılığının iyileştirilmesine katkı sağladığını göstermektedir. Çalışmada, kesterit tabanlı CNTS, ters yapıdaki $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$ perovskit güneş pillerinde ITO/PEDOT:PSS/CNTS altlıkları üzerinde delik seçici bir ara katman olarak kullanılmıştır. CNTS; yapısındaki elementlerin doğada bol bulunması, toksik olmaması, düşük maliyetli olması, fotovoltaiik uygulamalar için uygun bant aralığı ve soğurma katsayısına sahip olması ile bant aralığının ayarlanabilir olması gibi çok sayıda avantaja sahip olması nedeniyle tercih edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu hücrelerin 720 saat sonunda başlangıç verimlerinin %93'ünden fazlasını koruduğunu göstermekte olup, iyileştirilmiş bir kararlılığa işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: CNTS, perovskit güneş pilleri, arayüz taşıyıcı dinamiği, delik taşıma katmanı.

1. INTRODUCTION

Ensuring the generation of electrical energy in a sustainable manner without causing harm to the environment has become an essential requirement for future generations (Garba & Abdulrahman, 2024). In this context, renewable energy sources represent a sustainable solution, among which solar energy possesses the highest potential (Ibrahim et al., 2025; Maka & Alabid, 2022). Perovskite solar cells (PSCs) have emerged as a highly attractive research area within renewable energy technologies due to their high power conversion efficiencies,

low manufacturing costs, and compatibility with solution-processed techniques or simple physical vapor deposition methods(Wali et al., 2025).

Conventional n-i-p PSCs typically employ organic hole transport layers (HTLs), such as spiro-OMeTAD or PEDOT:PSS (Wang et al., 2024). Although these materials enable high device efficiencies, they suffer from critical drawbacks, including low intrinsic conductivity, the necessity for hygroscopic dopants, and high material costs (Vailassery et al., 2025). Hole transport layers and electron transport layers (ETLs) are critical components of PSCs, as they are required to establish charge-selective contacts(Correa-Baena et al., 2017). Inorganic HTLs possessing suitable energy level alignment and high charge carrier mobility not only facilitate efficient charge transport but also significantly enhance the environmental stability of PSCs under ambient conditions (Li et al., 2019).

In this study, the fundamental mechanisms responsible for the improved stability of perovskite solar cells under moisture, light, and thermal stress were systematically investigated through the incorporation of inorganic nanoparticles as HTLs. (Jheng et al., 2022). An inorganic hole transport material was synthesized and integrated into solar cells fabricated with the configuration Glass/ITO/PEDOT:PSS/Inorganic HTL/Perovskite/PCBM/BCP/Ag. The impact of the inorganic HTL on device performance was elucidated, and the primary objective of this work was to achieve the fabrication of perovskite solar cells exhibiting optimal device performance.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. The synthesis of CNTS nanocrystal

CNTS nanocrystals were synthesized using a previously reported hot-injection method, employing metal salts as precursors and oleylamine (OLA) as both the reaction solvent and surface-capping agent (Kamble et al., 2014; Syafiq et al., 2019). In a typical synthesis, 1 mmol of $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, 0.5 mmol of $\text{Co}(\text{CH}_3\text{COO})_2$, and 0.5 mmol of $\text{Sn}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ were dissolved in 20 mL of OLA in a 25 mL two-neck round-bottom flask. The reaction mixture was heated to 260 °C and maintained at this temperature for 30 min under a nitrogen atmosphere. Upon the color change of the solution from blue to reddish-brown, a sulfur source consisting of 0.25 mL dodecanethiol (DDT) and 1.75 mL tert-dodecanethiol (t-DDT) was injected into the system. The reaction was then continued at 260 °C for an additional 30 min under continuous stirring. After completion of the reaction, the mixture was allowed to cool to room temperature. The resulting nanocrystals were collected by centrifugation, washed with ethanol, and dried at 70 °C.

2.2. Device Fabrication

Figure 1 schematically illustrates the fabrication procedure of the perovskite solar cells (PSCs). Indium tin oxide (ITO)-coated glass substrates ($1.5\text{ cm} \times 1.5\text{ cm}$) were sequentially cleaned by ultrasonication in diluted Hellmanex solution, deionized (DI) water, acetone, isopropanol, and DI water, with each step carried out for 15 min. The substrates were subsequently dried under a nitrogen flow. To improve surface wettability and eliminate residual organic contaminants, the cleaned substrates were treated with oxygen plasma using a Diener Plasma System Femto PCCE plasma cleaner for 5 min. For the hole transport layer, PEDOT:PSS (Heraeus, Clevios™ P VP Al 4083) was deposited onto the ITO substrates via spin coating at 1500 rpm for 15 s, followed by 2000 rpm for 50 s and 3000 rpm for 2 s, and then thermally annealed in air at $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 10 min. Alternatively, CNTS was employed as the hole transport layer. In this case, CNTS was dissolved in toluene and deposited onto the PEDOT:PSS layer via spin coating at 3000 rpm. In a separate approach, the CNTS solution was first spin-coated at 500 rpm for 10 s, followed by 3000 rpm for 30 s, and subsequently thermally annealed at $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 10 min. CNTS stock solutions with concentrations of 2%, 4%, and 6% in toluene were prepared and utilized for device fabrication. The perovskite precursor solution was prepared by dissolving PbI_2 (1.23 M) and $\text{CH}_3\text{NH}_3\text{I}$ (1.54 M) in 2.5 mL of γ -butyrolactone (GBL, $\geq 99\%$) under stirring at $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 2 h. The perovskite layer was deposited using a two-step spin-coating process at 1000 rpm for 10 s and 5000 rpm for 30 s. During the final 10 s of the second step, $80\text{ }\mu\text{L}$ of toluene was dynamically dripped onto the rotating substrate to promote uniform film formation. The deposited perovskite films were subsequently annealed at $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 20 min. For the electron transport layer (ETL), a PCBM solution (20 mg mL^{-1}) was prepared by stirring in chlorobenzene at $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 16 h, while a BCP solution (0.5 mg mL^{-1}) was prepared by stirring in absolute ethanol at room temperature for 16 h. The PCBM layer (Lumtec, 99.5%) was deposited onto the perovskite film via spin coating at 1500 rpm for 17 s, followed by 2000 rpm for an additional 17 s, and subsequently annealed at $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 1 min. The BCP layer (Lumtec, 99.5%) was then deposited by spin coating at 2000 rpm for 2 s and 4000 rpm for 40 s, followed by annealing at $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ for 1 min. Finally, a 110 nm-thick silver electrode was deposited by thermal evaporation under a base pressure below 1.0×10^{-6} Torr using a physical vapor deposition (PVD) system.

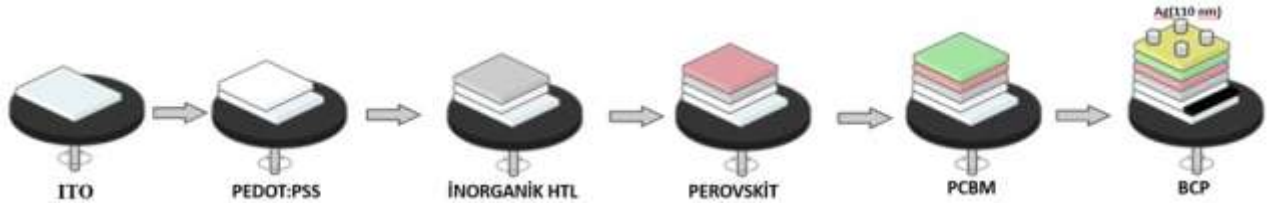


Fig. 1. Schematic illustration of the device fabrication process.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Experimental measurements

The phase purity and crystallographic structure of CNTS were investigated by X-ray diffraction (XRD) analysis. As shown in Figure 2(a), the prominent diffraction peaks observed at 2θ values of approximately 26.9° , 28° and 30.2° can be indexed to the hexagonal crystal structure, in good agreement with the standard JCPDS card No. 079-2204. Notably, the introduction of Ni^{2+} ions (ionic radius $\approx 0.58 \text{ \AA}$) as a secondary cation does not induce any discernible phase transformation or structural distortion, indicating that the hexagonal lattice framework is preserved (Raju et al., 2021).

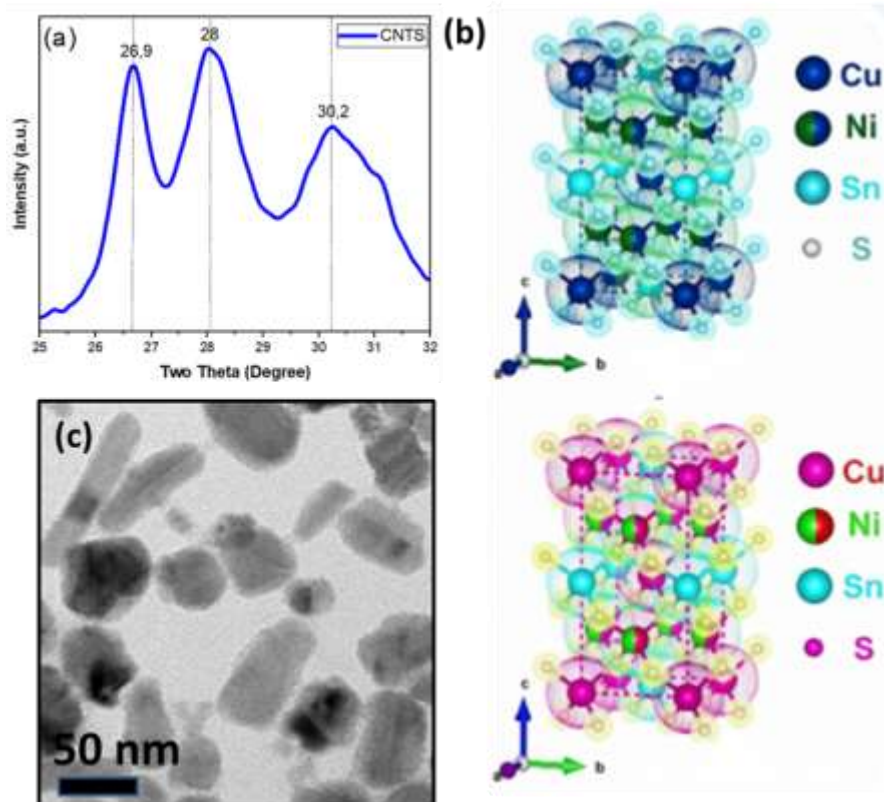


Fig. 2. XRD pattern(a), crystal structures of CNTS(b) and TEM images of CNTS(c)

The average crystallite size of the nanocrystals was estimated to be $25 \pm 5 \text{ nm}$ using the Debye–Scherrer equation, calculated from the (112) diffraction peak located at approximately

$2\theta \approx 27^\circ$. This result is in good agreement with the particle size obtained from transmission electron microscopy (TEM) analysis.

Electrochemical measurements were conducted using a standard three-electrode configuration comprising a glassy carbon working electrode, a platinum wire counter electrode, and a silver wire reference electrode. The flat-band potential (E_{fb}) of CNTS was determined by extrapolation and converted to the normal hydrogen electrode (NHE) scale using the standard relation $E_{fb} \text{ (vs. NHE)} = E \text{ (Ag/AgCl)} + 0.20 \text{ V}$.

Based on this conversion, the flat-band potential of CNTS was estimated to be approximately +0.57 V versus NHE. The energy levels of CNTS relative to the vacuum level were subsequently calculated using the following equations (Aslan et al., 2020):

$$E_{LUMO} = -e (E_{red} + 4.75)$$

$$E_{HOMO} = -e (E_{ox} + 4.75)$$

For CNTS, the valence band maximum (VBM) and conduction band minimum (CBM) were determined to be -5.32 eV and -3.87 eV , respectively, indicating favorable energy level alignment with MAPbI_3 and highlighting its suitability for hole-transport applications. Specifically, the VBM of CNTS closely matches that of MAPbI_3 ($\text{VBM} \approx -5.4 \text{ eV}$), enabling efficient hole extraction from the perovskite absorber while minimizing interfacial energy barriers. In addition, the CBM of CNTS is well aligned with that of MAPbI_3 ($\text{CBM} \approx -3.9 \text{ eV}$), effectively suppressing electron back-transfer and reducing interfacial recombination losses. Figure 3 shows the corresponding energy level alignment of an inverted perovskite solar cell architecture featuring CNTS as a hole transport layer layered on PEDOT:PSS.

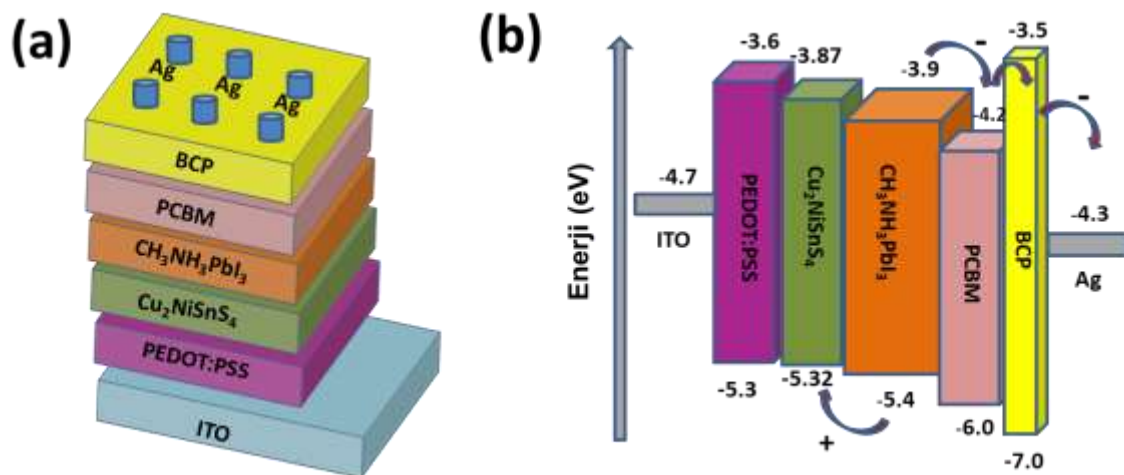


Fig. 3. Illustrates (a) the device architecture of a p-i-n structured PSC employing CNTS as the HTL, and (b) the energy level alignment of the perovskite solar cell incorporating CNTS.

By optimizing each layer, the ITO/PEDOT:PSS/CNTS/MAPbI₃/PCBM/BCP/Ag device configuration was established. Figure 3(b) depicts the energy level alignment of these layers. The interfacial chemistry between the perovskite absorber and the HTL plays a crucial role in determining device stability. Optimized inorganic HTLs can effectively suppress charge carrier recombination. As shown in Figure 3(b), the energy level alignment of the CNTS HTL prepared by dissolution in toluene was optimized, thereby enhancing the thermal stability of the device.

3.2. J–V Characteristics and HTL Thickness Optimization of the Fabricated Perovskite Solar Cells

The device with a PEDOT:PSS-based reference HTL exhibited a notable performance, delivering a V_{oc} of 0.994 V, a J_{sc} of 17.023 mA cm⁻², an FF of 70.96%, and a power conversion efficiency (PCE) of 11.435%. However, the photovoltaic efficiency of the perovskite solar cells was significantly enhanced by incorporating CNTS as the HTL at different concentrations. In particular, the best-performing perovskite solar cell optimized with a CNTS-coated HTL prepared at a 4% concentration achieved a remarkable PCE of 11.62%, along with a V_{oc} of 0.980 V, a J_{sc} of 16.505 mA cm⁻², and an FF of 71.84%.

Insufficient coverage of the perovskite surface led to PSCs with a thinner CNTS layer (2%) exhibiting low shunt resistance and increased current leakage, resulting in reduced FF and V_{oc} values. In contrast, PSCs incorporating a thicker CNTS layer (6%) showed a decline in FF due to increased series resistance. By adjusting the deposition times, the optimal CNTS layer thickness was determined to correspond to a 4% concentration. The optimized devices achieved a PCE of 11.2% and demonstrated excellent repeatability.

3.3. Hysteresis Effect

One of the major parameters limiting device performance in perovskite solar cells is the hysteresis effect. Hysteresis arises from differences in the current density, fill factor, and overall J–V characteristics recorded during forward scans (from low to high voltage) and reverse scans (from high to low voltage) (Chen et al., 2016). This phenomenon is primarily associated with charge carrier trapping, ion migration, and interfacial interactions. The presence of hysteresis complicates the accurate determination of the true device efficiency and adversely affects long-term operational stability (Tao et al., 2025).

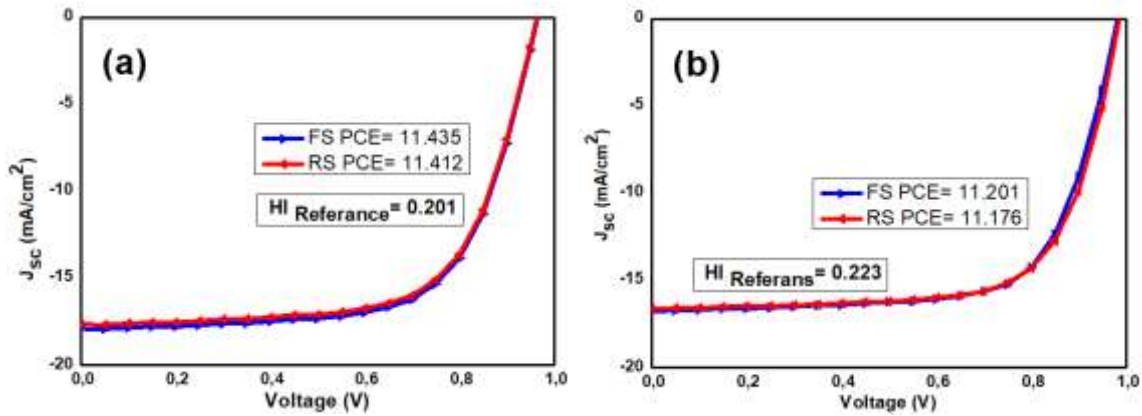
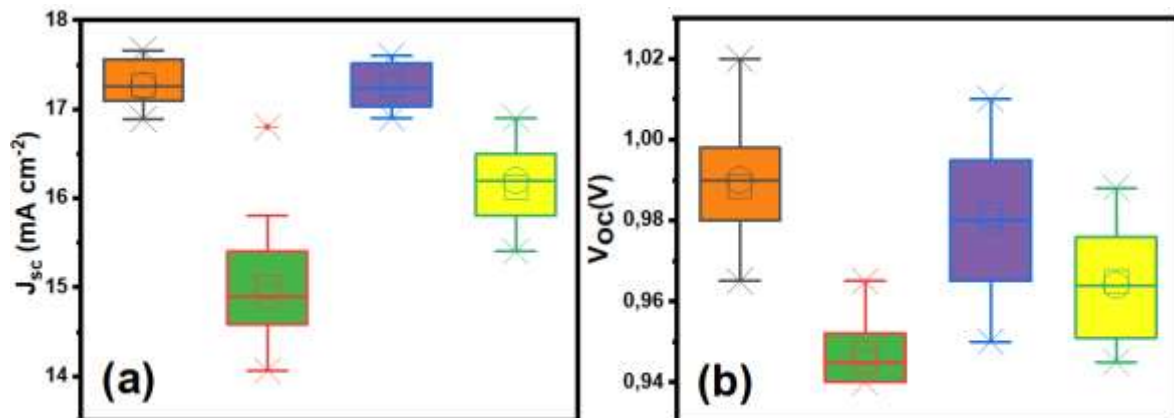


Fig. 5. (a) Reference **(b)** The J-V curve of the perovskite solar cell incorporating 4 vol% CNTS in the HTL on PEDOT:PSS, obtained during forward and reverse scans, demonstrates the impact of hysteresis.

The J–V measurements were carried out in a single scan step comprising a forward sweep ($-1.5\text{ V} \rightarrow +1.5\text{ V}$) followed by a reverse sweep ($+1.5\text{ V} \rightarrow -1.5\text{ V}$). The J–V characteristics of the devices with an undoped HTL (reference) and those incorporating a CNTS-based HTL containing 4 vol% CNTS deposited on PEDOT are presented in Figure 5. For the reference device, the PCE was calculated as 11.435% for forward scanning and 11.412% for reverse scanning, resulting in a hysteresis index (HI) of 0.201%. For the 4 vol% CNTS HTL devices, the PCE values were determined as 11.201% and 11.176% for forward and reverse scanning, respectively, yielding an HI of 0.223%.

3.4. Reproducibility Studies

Except for the deposition of the top metal contact layer, all fabrication steps of the PSCs were carried out under ambient atmospheric conditions without the use of a glovebox. In this study, device fabrication was performed at room temperature in an environment with a relative humidity of 40–50% (Fahsyar et al., 2021). A total of 15 independent PSC devices with the architecture ITO/CNTS/PEDOT:PSS/Perovskite/PCBM/BCP/Ag were fabricated.



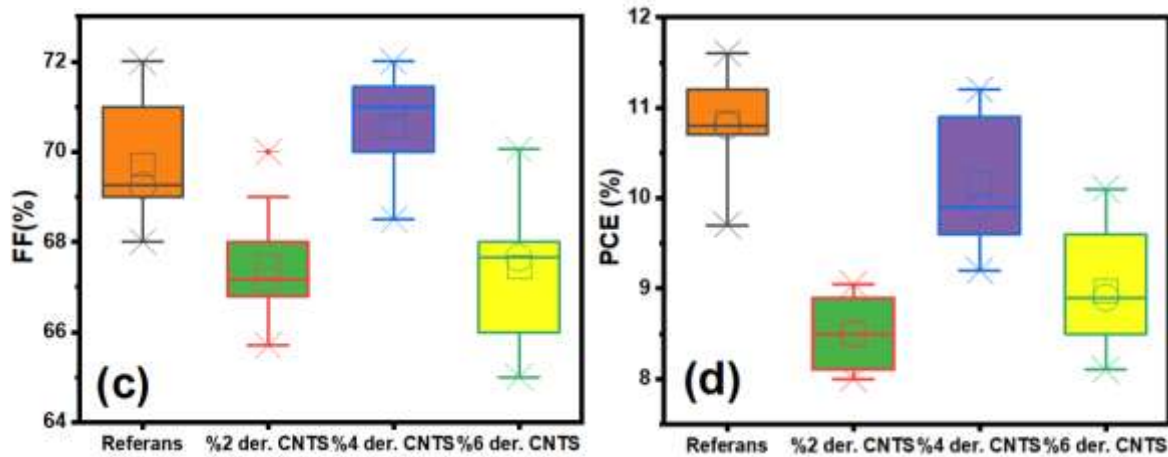


Fig. 6. Statistical distribution of J–V measurements. (a) Voc, (b) Jsc, (c) FF, and (d) PCE, are presented for 15 devices fabricated with varying vol% of CNTS.

Figure 6. presents a comparative analysis of the photovoltaic properties by individually examining the statistical distributions of 15 devices fabricated with PEDOT:PSS deposited on the ITO surface and CNTS employed as the HTL at different volume fractions. For the CNTS-coated cells prepared at the optimal concentration, the average PCE and FF values were determined to be 11.2% (ranging from 9.35% to 11.301%) and 70.1% (ranging from 67.3% to 72.34%), respectively, in comparison with the control devices.

3.5. Stability Studies

In addition to photovoltaic performance, the long-term stability of the devices is a critical factor for perovskite solar cells (Chowdhury et al., 2023). The I–V characteristics, efficiencies, and stability of selected device architectures were systematically monitored over a period of at least six months, with measurements conducted at weekly or monthly intervals. These data were analyzed by comparison with reference cells. During the observation period, the photovoltaic devices were evaluated under long-term storage conditions in a glovebox under a nitrogen atmosphere. The CNTS-based device, even without encapsulation, retained 92% of its initial efficiency after being stored in the dark for 720 h, whereas the PEDOT:PSS-based device exhibited a decline to approximately 72% of its initial efficiency.

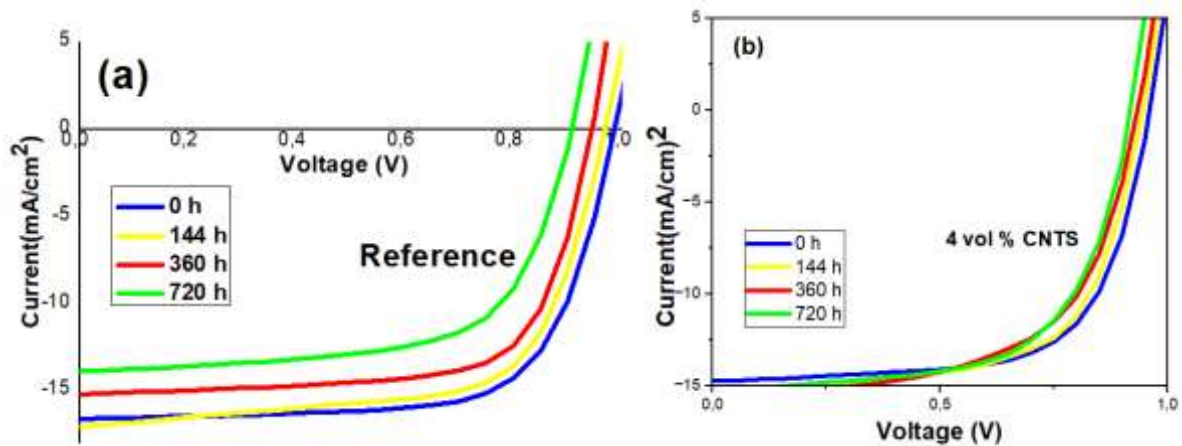


Fig. 7. (a, b) J-V curves of PSCs depending on time

PEDOT:PSS-based cells exhibited outstanding stability, retaining more than 90% of their initial performance during the first 72 h. After 360 h of storage, the PCE of the PEDOT:PSS devices decreased to 82% of the initial value, whereas the CNTS-coated HTL-based cells preserved 92% of their initial PCE.(Figure 7.). This enhancement in the stability of perovskite solar cells incorporating a CNTS-based HTL can be partly attributed to the reduced moisture permeation provided by the CNTS layer. The improved durability is further ascribed to the fully inorganic composition of CNTS and its superior chemical and thermal robustness. According to the literature, chalcogenide-based materials—particularly Cu-based sulfides such as CCTS—exhibit excellent resistance to moisture and thermal stress, thereby effectively protecting the perovskite layer against environmental degradation.

CONCLUSIONS

In this study, sulfur-based quaternary chalcogenide nanoparticles were successfully synthesized using the hot-injection method. $\text{Cu}_2\text{NiSnS}_4$ functioned as an effective hole transport layer, exhibiting superior properties such as high charge carrier mobility, rapid hole injection, and enhanced stability. Comprehensive characterization of the thin films and devices revealed that electron-rich CNTS effectively passivates defects and promotes controlled crystallization of the perovskite structure in MAPbI_3 . Within the conventional p-i-n device architecture (ITO/PEDOT:PSS/CNTS/Perovskite/PCBM/BCP/Ag), the HTL layer was systematically optimized. The influence of CNTS layer thickness on device performance was evaluated, and the optimal thickness for device fabrication was determined. The optimized devices achieved a power conversion efficiency of 11.2% and demonstrated excellent repeatability. Furthermore, the CNTS-based device retained 92% of its initial efficiency after 720 h of dark storage without encapsulation. These results indicate that CNTS is a promising HTL for efficient PSCs and plays a significant role in mitigating perovskite degradation.

REFERENCES

- Aslan, E., Sarilmaz, A., Yanalak, G., Chang, C. S., Cinar, I., Ozel, F., & Patir, I. H. (2020). Facile preparation of amorphous NiWSex and CoWSex nanoparticles for the electrocatalytic hydrogen evolution reaction in alkaline condition. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 856, 113674.
- Chen, B., Yang, M., Priya, S., & Zhu, K. (2016). Origin of J–V Hysteresis in Perovskite Solar Cells. *The journal of physical chemistry letters*, 7(5), 905-917. <https://doi.org/10.1021/acs.jpcllett.6b00215>
- Chowdhury, T. A., Bin Zafar, M. A., Sajjad-Ul Islam, M., Shahinuzzaman, M., Islam, M. A., & Khandaker, M. U. (2023). Stability of perovskite solar cells: issues and prospects [10.1039/D2RA05903G]. *RSC Advances*, 13(3), 1787-1810. <https://doi.org/10.1039/D2RA05903G>
- Correa-Baena, J.-P., Abate, A., Saliba, M., Tress, W., Jacobsson, T. J., Grätzel, M., & Hagfeldt, A. (2017). The rapid evolution of highly efficient perovskite solar cells. *Energy & Environmental Science*, 10(3), 710-727.
- Fahsyar, P. N. A., Ahmad Ludin, N., Ramli, N. F., Noh, M. F. M., Yunus, R. M., Sepeai, S., Ibrahim, M. A., Teridi, M. A., & Sopian, K. (2021). Ambient fabrication of perovskite solar cells through delay-deposition technique. *Materials for Renewable and Sustainable Energy*, 10(2), 11. <https://doi.org/10.1007/s40243-021-00196-8>
- Garba, N., & Abdulrahman, B. (2024). Renewable Energy Sources, Sustainability and Environmental Protection: A Review. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*, 2(2), 449-462. [https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2\(2\).39](https://doi.org/10.59324/ejtas.2024.2(2).39)
- Ibrahim, T., Durillon, B., Faraj, J., Ali, S., Saudemont, C., Harion, J.-I., & Khaled, M. (2025). A comprehensive review of solar energy systems: Technical, economic, and environmental perspectives for sustainable development. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 165, 109095. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2025.109095>
- Jheng, B.-R., Chiu, P.-T., Yang, S.-H., & Tong, Y.-L. (2022). Using ZnCo2O4 nanoparticles as the hole transport layer to improve long term stability of perovskite solar cells. *Scientific reports*, 12(1), 2921. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-06764-w>
- Kamble, A., Mokurala, K., Gupta, A., Mallick, S., & Bhargava, P. (2014). Synthesis of Cu₂NiSnS₄ nanoparticles by hot injection method for photovoltaic applications. *Materials Letters*, 137, 440-443. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.09.065>
- Li, X., Yang, J., Jiang, Q., Lai, H., Li, S., Tan, Y., Chen, Y., & Li, S. (2019). Perovskite solar cells employing an eco-friendly and low-cost inorganic hole transport layer for enhanced photovoltaic performance and operational stability [10.1039/C9TA01499C]. *Journal of Materials Chemistry A*, 7(12), 7065-7073. <https://doi.org/10.1039/C9TA01499C>
- Maka, A. O. M., & Alabid, J. M. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*, 6(3), 476-483. <https://doi.org/10.1093/ce/zkac023>
- Raju, P., Jesuraj, J. P., & Muthukumar, S. (2021). Influence of Ni(2+) ions on the structural, morphological, photoluminescence, photo-catalytic and anti-bacterial studies of Cd(0.9)Zn(0.1)S nanostructures. *J Mater Sci Mater Electron*, 32(11), 14310-14327. <https://doi.org/10.1007/s10854-021-05994-4>
- Syafiq, U., Ataollahi, N., Maggio, R. D., & Scardi, P. (2019). Solution-Based Synthesis and Characterization of Cu₂ZnSnS₄ (CZTS) Thin Films. *Molecules*, 24(19), 3454. <https://www.mdpi.com/1420-3049/24/19/3454>
- Tao, J., Zhao, C., Wang, Z., Chen, Y., Zang, L., Yang, G., Bai, Y., & Chu, J. (2025). Suppressing non-radiative recombination for efficient and stable perovskite solar cells [10.1039/D4EE02917H]. *Energy & Environmental Science*, 18(2), 509-544. <https://doi.org/10.1039/D4EE02917H>
- Vailassery, J., Wubie, G. Z., She, J.-W., Wu, W.-T., Yu, H.-h., & Sun, S.-S. (2025). Composite Hole-Transporting Materials Based on 9,10-Dimethoxyphenanthrene Cores and Spiro-OMeTAD for Efficient and Stable Perovskite Solar Cells. *ACS Omega*, 10(20), 20638-20648. <https://doi.org/10.1021/acsomega.5c01513>



- Wali, Q., Rabbani, N. A., Afrin, S., Lee, I. E., Khan, M. Y., & Aamir, M. (2025). Advances in thin layer deposition techniques in perovskite solar cells [10.1039/D5RA05921F]. *RSC Advances*, 15(48), 40286-40298. <https://doi.org/10.1039/D5RA05921F>
- Wang, S., Wu, T., Guo, J., Zhao, R., Hua, Y., & Zhao, Y. (2024). Engineering the Hole Transport Layer with a Conductive Donor–Acceptor Covalent Organic Framework for Stable and Efficient Perovskite Solar Cells. *ACS Central Science*, 10(7), 1383-1395. <https://doi.org/10.1021/acscentsci.4c00416>

YAPAY ZEKÂ TABANLI DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİYLE GİRTLAK LEZYONLARININ SINIFLANDIRILMASI

Orçun ORUÇ

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Electrical and Electronics Engineering,
46100 Onikişubat, Kahramanmaraş
ORCID: 0009-0005-3355-1647

Ahmet ALKAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Electrical and Electronics Engineering,
46100 Onikişubat, Kahramanmaraş
ORCID: 0000-0003-0857-0764

Kubilay Muhammed SÜNNETÇİ

Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of
Electrical and Electronics Engineering, 80000, Osmaniye
ORCID: 0000-0002-3500-5640

ÖZET

Gırtlak kanseri, erken evrede teşhis edilmediğinde ciddi fonksiyonel kayıplara yol açabilmektedir. Endoskopik görüntüleme yöntemleriyle ses teli lezyonlarının incelenmesi, tanı sürecinde önemli bir rol oynamaktadır. Yenilikçi teknikler arasında bulunan CE-NBI (Contact Endoscopy – Narrow Band Imaging) yöntemi, ses tellerinin damar yapılarının daha kontrastlı ve büyütülmüş şekilde görüntülenmesine imkân vermektedir. Ancak CE-NBI görüntülerinin yorumlanması, klinisyen deneyimine bağlı olarak değişkenlik göstermekte; bu da öznel değerlendirmelere, yanlış sınıflandırmalara ve tanı gecikmelerine yol açabilmektedir. Bu nedenle yapay zekâ tabanlı sınıflandırma sistemlerinin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, 210 hastaya ait 11.144 CE-NBI görüntüsünden oluşan açık erişimli veri seti kullanılarak iyi huylu (benign) ve kötü huylu (malignant) gırtlak lezyonlarının sınıflandırılması amaçlanmıştır. Derin öğrenme mimarileri arasından CE-NBI veri setinde daha önce denenmemiş modeller üzerinde durulmuş ve MATLAB ortamında AlexNet tabanlı transfer öğrenme yaklaşımı uygulanmıştır. Veri seti eğitim (%70), doğrulama (%20) ve test (%10) alt kümelerine ayrılmış; görüntüler AlexNet mimarisi ile uyumlu olacak şekilde 227×227 piksele yeniden boyutlandırılmıştır. AlexNet'in son katmanları iki sınıflı problem yapısına uyarlanarak model optimize edilmiştir.

Test veri seti üzerinde yapılan değerlendirmelerde modelin doğruluk değeri %94,44, duyarlılığı %93,21, özgüllüğü %97,13 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca sınıf bazlı precision, recall ve F1-score değerleri yüksek bulunmuş; ROC analizi sonucunda AUC değeri 0,99 olarak elde edilmiştir. Elde edilen bulgular, AlexNet tabanlı transfer öğrenme yaklaşımının CE-NBI görüntülerinde benign–malignant ayrımını yüksek doğrulukla gerçekleştirebildiğini ve erken teşhise yönelik klinik karar destek sistemleri için güçlü bir aday olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: CE-NBI, AlexNet, derin öğrenme, yapay zekâ, gırtlak kanseri, sınıflandırma, tıbbi görüntüleme

CLASSIFICATION OF LARYNGEAL LESIONS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE-BASED DEEP LEARNING METHODS

ABSTRACT

Laryngeal cancer can lead to severe functional impairments when not detected at an early stage. Endoscopic imaging techniques play a crucial role in the evaluation of vocal fold lesions during the diagnostic process. Among innovative approaches, the CE-NBI (Contact Endoscopy – Narrow Band Imaging) technique enables high-contrast visualization of vascular structures on the vocal folds, facilitating lesion characterization. However, interpretation of CE-NBI images varies depending on clinician experience, which may lead to subjective assessments, misclassification, and diagnostic delays. For this reason, the development of artificial intelligence–based classification systems is of critical importance.

In this study, the aim was to classify benign and malignant laryngeal lesions using an open-access CE-NBI dataset consisting of 11,144 images from 210 patients. Among deep learning architectures, an AlexNet-based transfer learning approach—previously untested on the CE-NBI dataset—was implemented in the MATLAB environment. The dataset was divided into training (70%), validation (20%), and test (10%) subsets; images were resized to 227×227 pixels to match the AlexNet architecture. The final fully connected layers of AlexNet were modified to adapt the network to the binary classification task.

Evaluation on the test set yielded an accuracy of 94.44%, sensitivity of 93.21%, and specificity of 97.13%. Class-wise precision, recall, and F1-score values were also found to be high, and ROC analysis produced an AUC value of 0.99. These results indicate that the AlexNet-based transfer learning approach can accurately distinguish benign and malignant lesions in CE-NBI images and represents a strong candidate for use in clinical decision-support systems aimed at early diagnosis

Keywords: CE-NBI, AlexNet, deep learning, artificial intelligence, laryngeal cancer, classification, medical imaging.

1. GİRİŞ

Gırtlak kanseri, baş ve boyun bölgesindeki en yaygın malignant tümörlerden biridir ve erken tanı, hem yaşam kalitesinin korunması hem de tedavi başarısının artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Klasik tanı yöntemleri histopatolojik biyopsiye dayanmakla birlikte, son yıllarda optik biyopsi olarak adlandırılan görüntü tabanlı değerlendirmeler ön plana çıkmıştır. Bu yaklaşımda, damar yapısındaki değişikliklerin analizi, maligniteye işaret eden en önemli belirteçlerden biri olarak kabul edilmektedir (*Esmaeili et al., 2020*).

Gırtlak mukozasının damar desenlerinin yüksek çözünürlükte incelenmesini sağlayan Contact Endoscopy (CE) ve Narrow Band Imaging (NBI) teknolojilerinin birleşimi, subepitelyal damar yapısının ayrıntılı olarak görüntülenmesine olanak tanımıştır. Ancak CE-NBI görüntülerinin yorumlanması, klinisyen deneyimine bağlı olarak değişkenlik göstermekte; bu da öznel değerlendirmelere, yanlış sınıflandırmalara ve tanı gecikmelerine yol açabilmektedir. Bu nedenle, yapay zekâ (YZ) ve makine öğrenmesi (ML) temelli karar destek sistemlerinin CE-NBI görüntülerine uygulanması, son yıllarda araştırma dünyasında büyük ilgi görmüştür (*Esmaili et al., 2021; Wang et al., 2024*).

1.1. CE-NBI Teknolojisi ve Veri Seti

CE-NBI yöntemi, NBI ışık filtreleri sayesinde hemoglobin tarafından emilen dar bantlı mavi ve yeşil ışığın kullanılmasıyla subepitelyal damar yapısını vurgular. Elde edilen görüntüler, damarların morfolojik değişikliklerini (örneğin, tortuözite, yönelme, dallanma) belirginleştirir. Bu değişiklikler, malignite ile doğrudan ilişkilidir (*Esmaili et al., 2020*).

Bu bağlamda Esmaili ve arkadaşları (2023) tarafından tanıtılan CE-NBI veri seti, literatürdeki ilk açık erişimli ve etik olarak onaylı gırtlak veri tabanıdır. Veri seti, 210 hastadan elde edilen 11.144 CE-NBI görüntüsünü içermektedir. Görseller benign ve malignant lezyonlara göre etiketlenmiştir. Veri seti, yalnızca model eğitimi için değil, aynı zamanda optik biyopsi ve görüntü yorumlama algoritmalarının standardizasyonu için de kullanılmaktadır (*Esmaili et al., 2023*). Şekil-1’de CE-NBI veri setine ait Benign ve Malignant lezyon görüntüleri verilmiştir.



Şekil 1. CE-NBI Veri Setine ait Benign (a) ve Malign (b) Lezyon Görüntüleri

1.2. AlexNet Mimarisi

Krizhevsky, Sutskever ve Hinton (2012) tarafından geliştirilen AlexNet, ImageNet LSVRC veri seti üzerinde yüksek doğruluk elde etmek amacıyla tasarlanmış sekiz katmanlı bir derin evrişimli sinir ağıdır. ReLU aktivasyonu, dropout, veri artırma ve yerel yanıt normalizasyonu

(LRN) gibi yöntemlerin kullanılması, modelin hem eğitim hızını artırmış hem de overfitting'i önemli ölçüde azaltmıştır. Yaklaşık 60 milyon parametreye sahip olan ağ, iki GPU üzerinde paralel olarak eğitilmiş ve ImageNet test setinde %15.3 top-5 hata oranı ile dönemin en başarılı modeli olmuştur. AlexNet'in bu başarısı, derin öğrenme tabanlı görüntü işleme alanında yeni bir dönemi başlatmış ve VGG, ResNet ve Inception gibi modern mimarilerin gelişimine doğrudan öncülük etmiştir (Krizhevsky et al., 2012).

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

CE-NBI (Contact Endoscopy–Narrow Band Imaging) yöntemi, ses teli lezyonlarının damar yapılarını yüksek kontrastla görüntüleyebilmesi nedeniyle erken tanıda önemli bir role sahiptir. Ancak görüntülerin yorumlanması klinisyen deneyimine bağlı olduğundan, yapay zekâ tabanlı otomatik karar destek sistemleri son yıllarda yoğun şekilde araştırılmaktadır.

Bu alandaki ilk çalışma Esmaceli ve ark. (2020) tarafından gerçekleştirilmiş olup, 68 hastadan elde edilen CE-NBI görüntülerinde damar yapıları Jerman filtresiyle çıkarılmış, ardından 24 geometrik özellik kullanılarak SVM, kNN ve RF modelleriyle sınıflandırma yapılmıştır. SVM-RBF modeli %98,1 özgüllük ve %80,6 duyarlılıkla en başarılı sonuçları vermiştir. Bu çalışma, manuel değerlendirmedeki öznel farklılıkların ML ile azaltılabileceğini göstermesi açısından önemlidir.

Manuel özellik çıkarımının sınırlılıklarını gidermek amacıyla Esmaceli ve ark. (2021) tarafından derin öğrenme tabanlı ilk CE-NBI sistemi geliştirilmiştir. 146 hastadan elde edilen 8.181 görüntü üzerinde ResNet50 mimarisi transfer öğrenme ile yeniden eğitilmiş; %83,5 doğruluk ve %96 özgüllük elde edilmiştir. Bu çalışma, CE-NBI görüntülerinde tamamen otomatik bir derin öğrenme mimarisinin kullanılmasına öncülük etmiştir.

CE-NBI veri setinin açık erişime sunulması ise Esmaceli ve ark. (2023) tarafından sağlanmış; 210 hastadan oluşan 11.144 görüntüsel veri tabanı literatürdeki en kapsamlı CE-NBI koleksiyonunu oluşturmuştur. Aynı çalışmada DenseNet121, EfficientNetB0V2 ve ResNet50V2 modelleri karşılaştırılmış; ensemble yaklaşımıyla doğruluk %92,8'e ulaşmıştır. Ensemble modellerinin özellikle yanlış negatif oranlarını azalttığı belirtilmiştir.

Model açıklanabilirliği üzerine yürütülen çalışmalarda Wang ve ark. (2024), radyomik özellik çıkarımıyla CE-NBI görüntülerini analiz etmiş ve üç farklı ML sınıflayıcısında %94'ün üzerinde recall elde etmiştir. Bu yaklaşım, klinik karar destek sistemlerinde şeffaflığın artırılması açısından önem taşımaktadır.

Son olarak Fang ve ark. (2025), CE-NBI görüntülerinde ara alan transferinin etkisini incelemiş ve fundus görüntülerini ara domain olarak kullanan “Step-Wise Fine-Tuning (SWFT)” stratejisinin doğruluğu %20'ye kadar artırabildiğini göstermiştir. Bulgular, transfer öğrenmede veri alanlarının yapısal benzerliğinin kritik olduğunu ortaya koymuştur.

Bu çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, CE-NBI tabanlı yapay zekâ uygulamalarının 2020–2025 yılları arasında klasik makine öğrenmesinden derin öğrenme, ensemble modelleri ve açıklanabilirlik odaklı yaklaşımlara doğru evrildiği görülmektedir.

3. YÖNTEM VE MATERYAL

3.1. Materyal

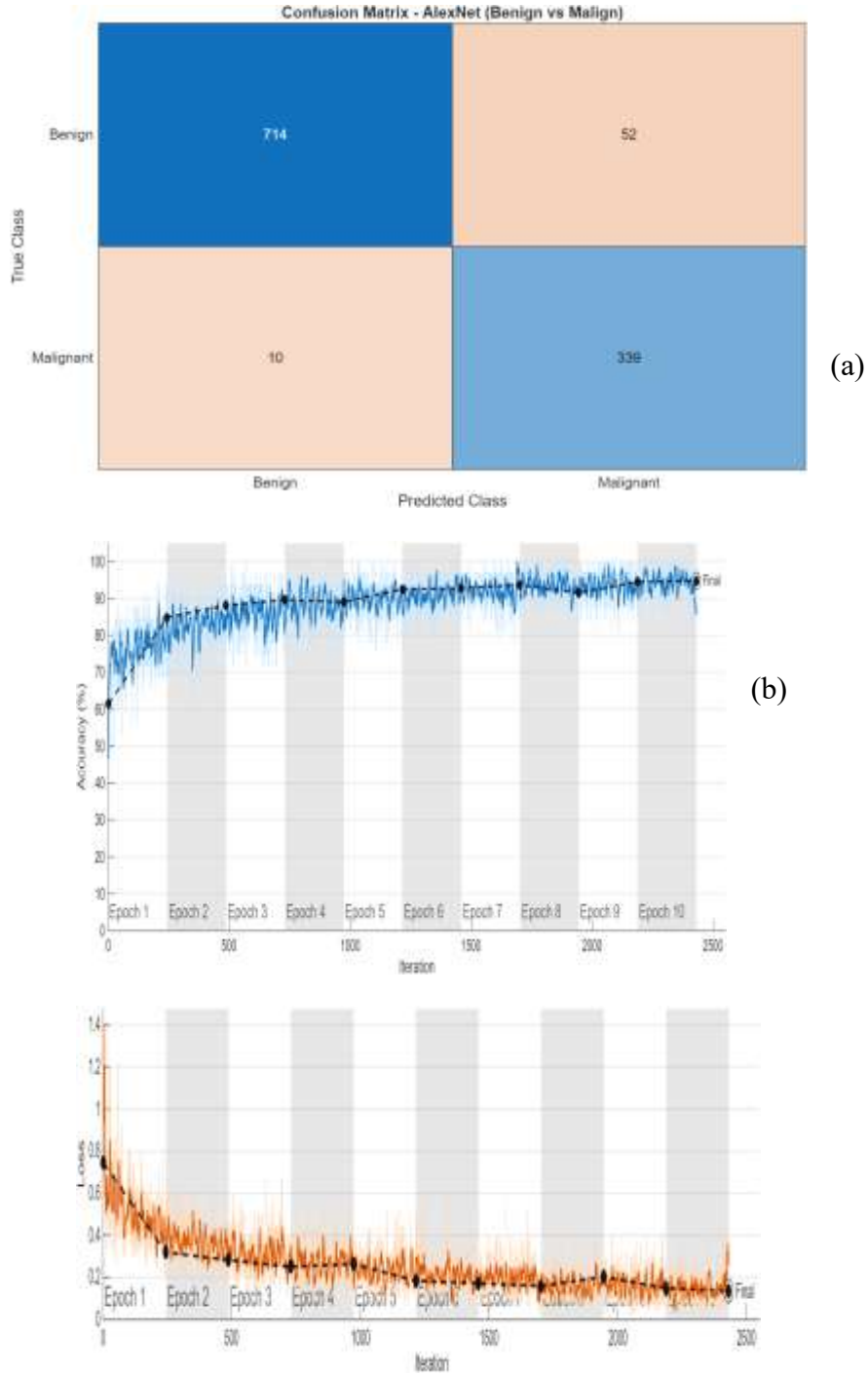
Bu çalışmada gırtlak lezyonlarının benign ve malignant olarak sınıflandırılması amacıyla CE-NBI (Contact Endoscopy–Narrow Band Imaging) veri seti kullanılmıştır. Zenodo’da açık erişimde sunulan bu veri seti, 210 hastaya ait toplam 11.144 endoskopik görüntü içermekte olup yüksek çözünürlüklü ve klinik olarak etiketlenmiş bir referans veri kaynağıdır. Çalışmada tüm görüntü işleme adımları, model eğitimi ve performans değerlendirmeleri MATLAB R2025b ve Deep Learning Toolbox kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

Çalışma kapsamında öncelikle CE-NBI görüntüleri AlexNet mimarisiyle uyumlu hâle getirilmiş; tüm görseller $227 \times 227 \times 3$ boyutuna yeniden ölçeklendirilmiştir. Veri seti %70 eğitim, %20 doğrulama ve %10 test olacak şekilde ayrılmıştır. Sınıflandırma modeli olarak önceden ImageNet üzerinde eğitilmiş AlexNet mimarisi kullanılmış ve transfer öğrenme yaklaşımıyla CE-NBI verilerine uyarlanmıştır. Ağın son tam bağlı katmanı iki sınıflı çıktı verecek şekilde yeniden düzenlenmiş, sınıflandırma katmanları benign–malignant ayrımı için güncellenmiştir. Model, eğitilmiş ve model performansı; doğruluk, duyarlılık, özgüllük, F1 skoru, ROC–AUC ve konfüzyon matrisi gibi tıbbi sınıflandırma metrikleriyle değerlendirilmiştir.

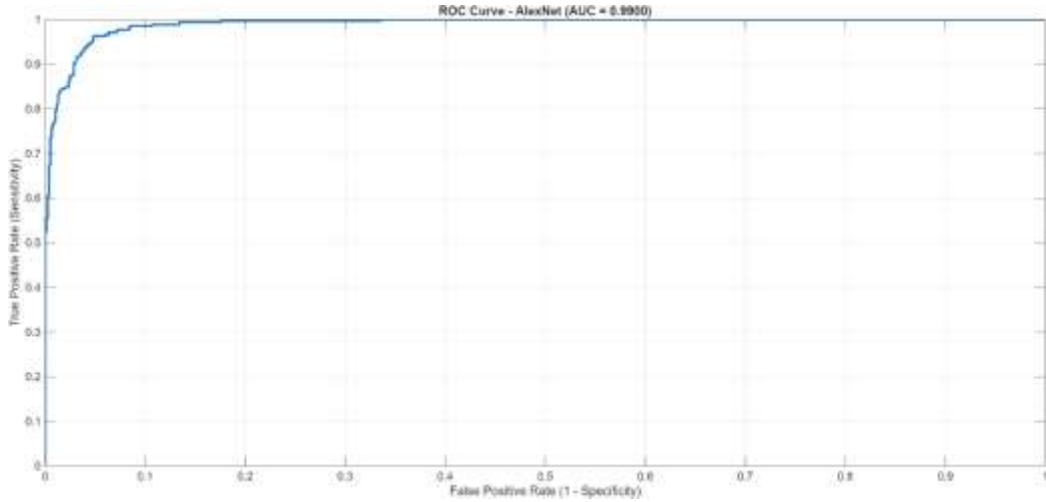
4. BULGULAR

Bu çalışmada AlexNet tabanlı derin öğrenme modeli CE-NBI görüntülerinin benign ve malignant olarak sınıflandırılması amacıyla eğitilmiştir. Modelin eğitim ve doğrulama süreçlerine ait doğruluk ve kayıp eğrileri Şekil 2’de gösterilmiştir. 10 epoch sonunda doğrulama doğruluğu yaklaşık %94,84 seviyesine ulaşmış ve kayıp değerleri eğitim süreci boyunca kararlı bir şekilde azalmıştır.



Şekil 2. Modelin eğitim sürecine ait doğruluk (a) ve kayıp (b) eğrileri

Test veri seti üzerinde elde edilen sınıflandırma performansı Şekil 3’de sunulan konfüzyon matrisi ile değerlendirilmiştir. Buna göre model, 714 benign ve 339 malignant görüntüyü doğru sınıflandırmış; toplam test doğruluğu %94,44 olarak elde edilmiştir. Performans metrikleri incelendiğinde, modelin duyarlılık değeri %93,21, özgüllüğü %97,13, kesinliği %98,62 ve F1 skoru %95,84 olarak hesaplanmıştır. Model performansına ilişkin değerlendirmeler Tablo 1’de sunulmuştur.



Şekil 3. Test veri seti için elde edilen konfüzyon matrisi

Performans Ölçütü	Sonuç	Açıklama
Doğruluk	%94,44	Genel doğruluk oranı
Duyarlılık	%93,21	Benign tespit başarısı
Özgüllük	%97,13	Malignant ayırt etme oranı
Kesinlik	%98,62	Doğru pozitif oranı
F1 Skoru	%95,84	Precision-Recall dengesi
AUC	0,99	Sınıflar arası ayırt edicilik

Tablo 1. AlexNet tabanlı modelin CE-NBI veri setindeki sınıflandırma performansı

Şekil 4. Model için oluşturulan ROC eğrisi ve AUC değeri

Modelin iki sınıfı ayırt etme gücü ROC analizi ile değerlendirilmiş ve Şekil 4’te sunulan eğriye göre AUC değeri 0,99 olarak elde edilmiştir. Bu sonuç, modelin benign ve malignant sınıfları oldukça yüksek doğrulukla ayırtılabildiğini göstermektedir.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada CE-NBI görüntülerinin sınıflandırılması için AlexNet tabanlı bir derin öğrenme modeli uygulanmış ve modelin test doğruluğu %94,44, duyarlılığı %93,21, özgüllüğü %97,13 ve AUC değeri 0,99 olarak elde edilmiştir. Bu değerler, modelin benign ve malignant lezyonları yüksek başarıyla ayırt edebildiğini göstermektedir.

Yapay zekâ tabanlı teknolojilerin sağlık alanından eğitime veya kimyadan bitki bilimine kadar çeşitli alanlarda kullanıldığı bilinmektedir (Alkan et al., 2021; Oguz et al., 2024; Sunnetci et al., 2022; Sunnetci et al., 2025a; Sunnetci, 2025b). Bu kapsamda, bu çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar literatürle karşılaştırıldığında, bu çalışmanın performansının daha derin

mimariler kullanan önceki araştırmalarla rekabetçi olduğu görülmektedir. Örneğin Esmaeili et al. (2021), ResNet50 mimarisi ile %83,5 doğruluk ve %88,8 duyarlılık bildirmiştir; AlexNet modeli bu değerlerin üzerinde bir doğruluk ve özellikle daha yüksek bir duyarlılık sağlamaktadır. Daha kapsamlı modellerle yapılan ensemble çalışmalarında doğruluk %92,8 seviyelerinde raporlanmıştır (*Esmaeili et al., 2023*). Bu çalışma ise tek bir modelle bu seviyenin üzerinde bir başarı sunmaktadır. ROC eğrisine ait 0.99 AUC değeri de literatürde bildirilen ortalama AUC değerleri (~0.95) ile karşılaştırıldığında daha yüksek bir ayırt edicilik göstermektedir.

Sonuç olarak, AlexNet tabanlı model CE-NBI görüntülerinde yüksek doğrulukta sınıflandırma gerçekleştirmiş, literatürdeki daha derin veya birleştirilmiş mimarilerle elde edilen sonuçlarla rekabet edebilir performans göstermiştir. Modelin hesaplama maliyetinin düşük olması ve yüksek duyarlılık sunması, klinik uygulamalarda hızlı karar destek sistemi olarak kullanılabilmesi açısından önemli bir avantajdır. Gelecek çalışmalarda daha derin modeller, veri çeşitliliği ve açıklanabilir yapay zekâ teknikleriyle performansın daha da artırılması mümkündür.

KAYNAKÇA

- Alkan, A., Abdullah, M. U., Abdullah, H. O., Assaf, M., & Zhou, H. (2021). A smart agricultural application: automated detection of diseases in vine leaves using hybrid deep learning. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(6), 717-729. <https://doi.org/10.3906/tar-2007-105>
- Esmaeili, N., Illanes, A., Boese, A., Davaris, N., Arens, C., Navab, N., & Friebe, M. (2020). Laryngeal lesion classification based on vascular patterns in contact endoscopy and narrow band imaging: Manual versus automatic approach. *Sensors*, 20(14), 4018. <https://doi.org/10.3390/s20144018>
- Esmaeili, N., Illanes, A., Boese, A., Davaris, N., Arens, C., Navab, N., & Friebe, M. (2021). Deep convolution neural network for laryngeal cancer classification on contact endoscopy–narrow band imaging. *Sensors*, 21(23), 8157. <https://doi.org/10.3390/s21238157>
- Esmaeili, N., Illanes, A., Boese, A., Davaris, N., Arens, C., Navab, N., & Friebe, M. (2023). Contact endoscopy–narrow band imaging (CE-NBI) data set for laryngeal lesion assessment. *Scientific Data*, 10, Article 733. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02629-7>
- Fang, X., Chong, C. F., Wong, K. L., Simões, M., & Ng, B. K. (2025). Investigating the key principles in two-step heterogeneous transfer learning for early laryngeal cancer identification. *Scientific Reports*, 15(1), Article 2146. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-84836-9>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2017). ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM*, 60(6), 84–90. <https://doi.org/10.1145/3065386>
- Oguz, F. E., Ekersular, M. N., Sunnetci, K. M., & Alkan, A. (2024). Can Chat GPT be utilized in scientific and undergraduate studies?. *Annals of Biomedical Engineering*, 52(5), 1128-1130. <https://doi.org/10.1007/s10439-023-03333-8>
- Sunnetci, K. M., Ulukaya, S., & Alkan, A. (2022). Periodontal bone loss detection based on hybrid deep learning and machine learning models with a user-friendly application. *Biomedical Signal Processing and Control*, 77, 103844. <https://doi.org/10.1016/j.bspc.2022.103844>
- Sunnetci, K. M., Aydin, Ö., & Alkan, A. (2025). Determination of methylene violet concentration using classification algorithms. *Iran Journal of Computer Science*, 8(1), 9-20. <https://doi.org/10.1007/s42044-024-00197-6>
- Sunnetci, K. M. (2025). Biomedical text-based detection of colon, lung, and thyroid cancer: A deep



learning approach with novel dataset. *Displays*, 89, 103068.

<https://doi.org/10.1016/j.displa.2025.103068>

Wang, H., Zhang, K., & Mainardi, L. (2024). An interpretable framework utilizing radiomics for laryngeal cancer classification through narrow band imaging. *IEEE Access*, 12, 129804–129812.

<https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3408752>

DENTAL TOMOGRAFİ GÖRÜNTÜLERİNDE PERİAPİKAL LEZYONLARIN TESPİTİ VE DERECELENDİRİLMESİ: SAGİTTAL EKSENDE DENSENET201 PERFORMANS ANALİZİ

Mahmut Nedim EKERSULAR

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Electrical and Electronics Engineering,
46100 Onikişubat, Kahramanmaraş

ORCID ID: 0000-0002-0209-9484

Dr. Öğr. Üyesi Emine ARARAT

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Faculty of Dentistry, Department of Dentomaxillofacial
Radiology, 46100 Onikişubat, Kahramanmaraş

ORCID ID: 0000-0002-2383-373X

Prof. Dr. Ahmet ALKAN

Kahramanmaraş Sütçü İmam University, Department of Electrical and Electronics Engineering,
46100 Onikişubat, Kahramanmaraş

ORCID ID: 0000-0003-0857-0764

Dr. Öğr. Üyesi Emre CULHA

Gaziantep University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, 27310 Şehitkamil,
Gaziantep

ORCID ID: 0000-0002-3143-2258

Öğr. Gör. Oğuz Burhan ÇETİNKAYA

Gaziantep University, Faculty of Dentistry, Department of Endodontics, 27310 Şehitkamil,
Gaziantep

ORCID ID: 0009-0008-2307-2118

ÖZET

Periapikal lezyonların erken teşhisi ve klinik şiddetinin doğru belirlenmesi, endodontik tedavinin başarısı için hayati önem taşımaktadır. Bu çalışma, Dental Tomografi görüntülerinin Sagittal kesitleri üzerinde, derin öğrenme tabanlı DenseNet201 mimarisinin hem lezyon tespiti hem de derecelendirme performansını değerlendirmeyi amaçlamaktadır.

Çalışmada, veri sızıntısını önlemek amacıyla hasta bazlı ayırım stratejisi benimsenmiş ve model performansını doğrulamak için 5-katlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Veri setindeki dengesizliği gidermek adına eğitim aşamasında dinamik sınıf ağırlıklandırma uygulanmıştır. DenseNet201 modeli, Sagittal eksenindeki görüntülerle iki farklı görev için eğitilmiştir: 3 sınıflı Klinik Şiddet (Görev 1: Sağlıklı, Orta, Ciddi) ve 2 sınıflı İkili Teşhis (Görev 2: Sağlıklı, Hasta).

Analiz sonucunda, lezyon varlığının tespit edildiği İkili Teşhis (Görev 2) görevinde %82.04 doğruluk (Accuracy), 0.60 duyarlılık (Sensitivity) ve 0.60 özgüllük (Specificity) değerlerine ulaşılmıştır. Lezyon şiddetinin sınıflandırıldığı Klinik Şiddet (Görev 1) görevinde ise model %52.66 doğruluk, 0.48 duyarlılık ve 0.74 özgüllük performansı göstermiştir.

Elde edilen bulgular, DenseNet201 modelinin Sagittal kesitlerde hastalık varlığını tespit etmede yüksek başarı potansiyeline sahip olduğunu, ancak Orta ve Ciddi seviyeler arasındaki radyolojik örtüşmeler nedeniyle derecelendirme başarısının daha düşük seyrettiğini göstermektedir. Bu çalışma, yapay zeka modellerinin dental radyolojide özellikle ön teşhis ve

tarama (screening) aşamasında klinisyenlere etkili bir karar destek mekanizması sunabileceğini kanıtlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Dental Yapay Zeka, Periapikal Lezyon, DenseNet201, Dental Tomografi, Sagittal Kesit.

DETECTION AND GRADING OF PERIAPICAL LESIONS IN DENTAL TOMOGRAPHY IMAGES: PERFORMANCE ANALYSIS OF DENSENET201 IN THE SAGITTAL PLANE

ABSTRACT

Early diagnosis and accurate determination of the clinical severity of periapical lesions are of vital importance for the success of endodontic treatment. This study aims to evaluate the performance of the deep learning-based DenseNet201 architecture for both lesion detection (diagnosis) and grading using sagittal sections of Dental Tomography images.

A global patient split strategy was adopted to prevent data leakage, and a 5-fold cross-validation method was employed to validate model performance. Dynamic class weighting was applied during the training phase to address class imbalance within the dataset. The DenseNet201 model was trained for two distinct tasks using sagittal plane images: a 3-class Clinical Severity task (Task 1: Healthy, Moderate, Severe) and a 2-class Binary Diagnosis task (Task 2: Healthy, Unhealthy).

As a result of the analysis, the Binary Diagnosis task (Task 2), which detects the presence of lesions, achieved an Accuracy of 82.04%, Sensitivity of 0.60, and Specificity of 0.60. In the Clinical Severity task (Task 1), where lesion severity was classified, the model demonstrated an Accuracy of 52.66%, Sensitivity of 0.48, and Specificity of 0.74.

The findings indicate that the DenseNet201 model possesses high potential for detecting disease presence in sagittal sections; however, grading performance remained lower due to radiological overlaps between Moderate and Severe levels. This study demonstrates that artificial intelligence models can offer an effective clinical decision support mechanism for clinicians in dental radiology, particularly during the preliminary diagnosis and screening stages.

Keywords: Dental AI, Periapical Lesion, DenseNet201, CBCT, Sagittal Plane.

1. GİRİŞ

Apikal periodontitis, diş pulpasının enfeksiyonu veya nekrozu sonucu gelişen ve çevre alveol kemiğinde yıkıma neden olan enflamatuvar bir patolojidir. Endodontik tedavilerin başarısı ve uzun dönem prognozu, bu lezyonların erken aşamada tespit edilmesine ve klinik şiddetinin doğru bir şekilde derecelendirilmesine doğrudan bağlıdır (Nair, 2004). Geleneksel iki boyutlu (2D) periapikal radyografiler, anatomik yapıların süperpozisyonu ve geometrik bozulmalar nedeniyle, özellikle süngerimsi kemik içerisindeki erken aşama lezyonların tespitinde yetersiz kalabilmektedir (Patel ve ark., 2009). Bu sınırlamalar, üç boyutlu (3D) görüntüleme imkânı sunan Dental Tomografinin (Konik Işınlı Bilgisayarlı Tomografi- KIBT) endodontide lezyon tespitinde daha hassas bir yöntem olarak öne çıkmasını sağlamıştır (Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics, 2015). Dental Tomografi, diş ve çevre dokuların aksiyal, koronal ve sagittal düzlemlerde detaylı incelenmesine olanak tanır. Ancak, yüzlerce kesitin klinisyen tarafından manuel olarak taranması zaman alıcıdır ve ciddi bir iş yükü oluşturur. Ayrıca, lezyonların sınırları ve şiddeti konusundaki değerlendirmeler, hekimin tecrübesine ve yorgunluk düzeyine bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir (Venskutonis ve ark., 2014). Bu durum, radyolojik değerlendirmelerde standardizasyonu sağlayacak ve hekimlere yardımcı olacak yapay zekâ tabanlı otomatik karar destek sistemlerine olan ihtiyacı artırmıştır (Schwendicke ve Krois, 2020).

Son yıllarda makine öğrenmesi (Machine Learning) ve derin öğrenme (Deep Learning) algoritmaları, medikal görüntü analizinde yüksek başarı oranlarına ulaşmıştır (Ekersular ve Alkan, 2024; Oğuz ve ark., 2025; Sunnetci ve ark., 2025). Konvolüsyonel Sinir Ağları (CNN), görüntüdeki özellikleri insan müdahalesi olmadan hiyerarşik olarak öğrenebilme yeteneği sayesinde diş hekimliğinde patoloji tespiti ve sınıflandırmasında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Hung ve ark., 2020; Sunnetci ve ark., 2022). Bu alanda, DenseNet (Densely Connected Convolutional Networks) gibi gelişmiş mimariler, veri akışını ve özellik tekrar kullanımını optimize ederek, sınırlı veri setlerinde dahi yüksek performans göstermeleriyle dikkat çekmektedir (Huang ve ark., 2017).

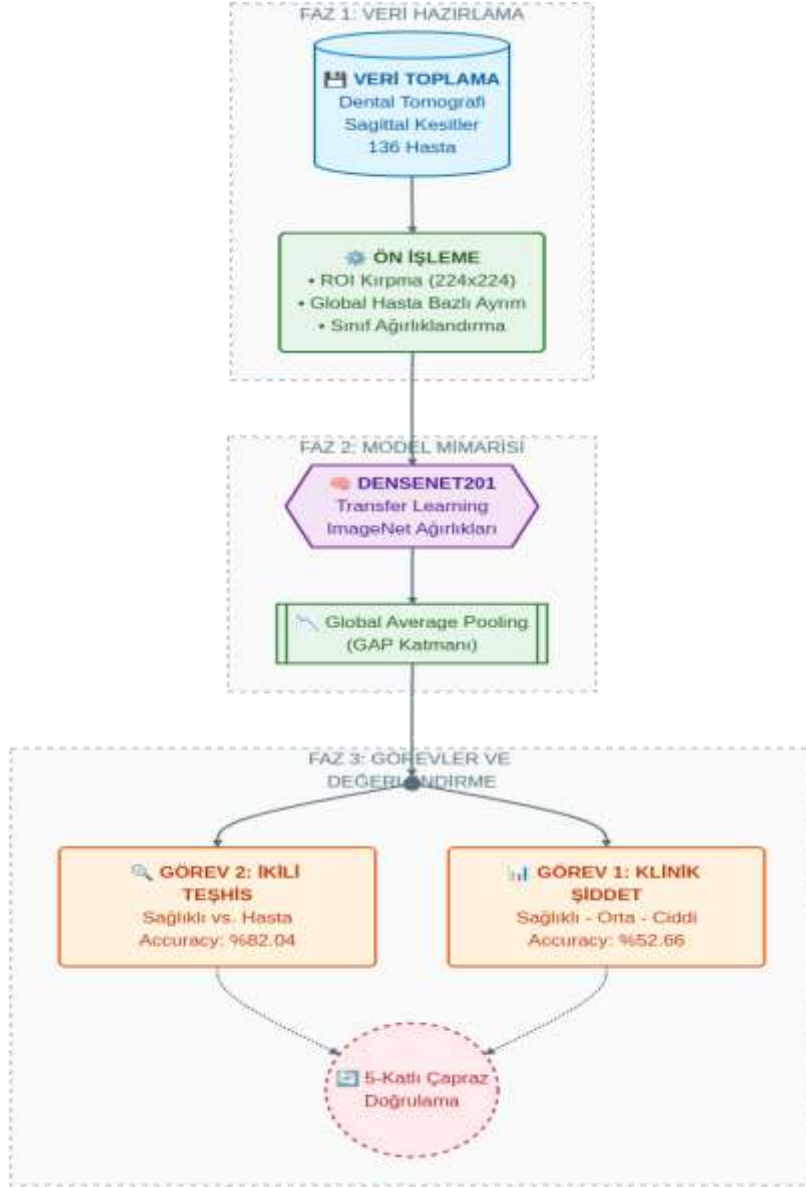
Mevcut literatür incelendiğinde, derin öğrenme tabanlı dental çalışmaların büyük çoğunluğunun sadece lezyonun varlığını veya yokluğunu (binary classification) ayırt etmeye odaklandığı görülmektedir (Pul ve Schwendicke, 2024). Lezyonun klinik şiddetinin veya evresinin belirlenmesine yönelik çok sınıflı (multi-class) sınıflandırma çalışmaları ise oldukça sınırlıdır (Orhan ve ark., 2020). Oysa klinik pratikte lezyonun sadece varlığını bilmek değil, sağlıklı, orta veya ciddi düzeyde olup olmadığını ayırt edebilmek tedavi planlaması açısından kritiktir. Ayrıca, literatürde modeller genellikle panoramik radyografiler veya aksiyal kesitler

üzerinde eğitilmiş olsa da, dişin uzun aksı boyunca izlenen sagittal kesitler, kök apeksi ve periapikal lezyon ilişkisinin morfolojik olarak en detaylı incelendiği düzlemdir (Estrela ve ark., 2008). Buna rağmen, sadece sagittal kesitlerin tanısal potansiyeline odaklanan yapay zekâ çalışmaları henüz yeterli sayıya ulaşmamıştır.

Bu çalışmanın amacı, Dental Tomografi görüntülerinin sagittal kesitleri üzerinde DenseNet201 mimarisini kullanarak periapikal lezyonların hem tespitini hem de derecelendirilmesini gerçekleştirmektir. Çalışma, veri sızıntısını önleyen hasta bazlı ayırım stratejisi ve veri dengesizliğini yöneten sınıf ağırlıklandırma yöntemleriyle metodolojik olarak güçlü bir altyapı sunmayı hedeflemektedir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Dental Tomografi (KIBT) görüntülerinin sagittal kesitleri üzerinde derin öğrenme tabanlı DenseNet201 mimarisini kullanarak periapikal lezyonların tespiti ve sınıflandırılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın deneysel tasarımı; veri setinin hazırlanması, ön işleme adımları, model mimarisi, eğitim stratejileri ve performans değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır. Tüm hesaplamalar ve model eğitimleri, MATLAB (MathWorks, Natick, MA, USA) platformunda ve Deep Learning Toolbox kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın akış şeması Şekil 1’ de verilmektedir.



Şekil 1. Önerilen çalışmanın akış şeması

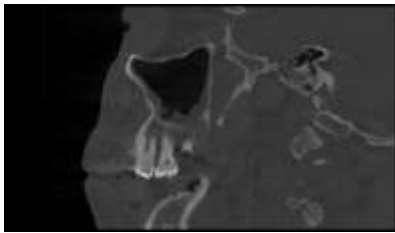
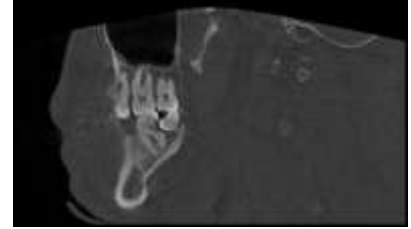
2.1. Veri Seti ve Görüntü Toplama

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi'nden alınan görüntülerle oluşturulan veri setinde, diş kökü ve periapikal doku ilişkisinin morfolojik olarak en detaylı izlendiği düzlem olması nedeniyle, Dental Tomografi görüntülerinin sagittal kesitleri kullanılmıştır. Görüntüler, farklı anatomik varyasyonları ve lezyon tiplerini kapsayacak şekilde seçilmiş toplam 136 farklı hastaya aittir. Veri setinden örnek bazı örnek görüntüler Şekil 2' de verilmiştir.

Veri seti, uzman radyologlar tarafından periapikal indeks skorlarına göre etiketlenmiş ham görüntülerden oluşmaktadır. Çalışma kapsamında derin öğrenme modelinin başarısını iki farklı klinik senaryoda test etmek amacıyla etiketler aşağıdaki şekilde yeniden yapılandırılmıştır:

Görev 1: Klinik Şiddet Derecelendirmesi (3 Sınıflı): Lezyonlar klinik şiddetlerine göre "Sağlıklı", "Orta Seviye" ve "Ciddi Seviye" olmak üzere üç ana kategoriye ayrılmıştır.

Görev 2: İkili Teşhis (2 Sınıflı): Tarama amaçlı kullanıma uygun olarak görüntüler sadece "Sağlıklı" ve "Hasta" olarak iki sınıfa ayrılmıştır.

**a****b****c**

Şekil 2. Veri setinden örnek görüntüler (**a:** Sağlıklı, **b:** Orta Seviye, **c:** Ciddi Seviye)

2.2. Veri Ön İşleme ve Hasta Bazlı Ayrım

Derin öğrenme modellerinde en sık karşılaşılan metodolojik hatalardan biri olan veri sızıntısını önlemek amacıyla, bu çalışmada görüntü bazlı değil, hasta bazlı ayırım stratejisi uygulanmıştır.

Çevrimdışı veri artırma yöntemleri ile aynı hastaya ait görüntülerden rotasyon ve öteleme işlemleriyle türetilen varyasyonlar, veri setini zenginleştirmek için kullanılmıştır. Ancak eğitim ve test setleri oluşturulurken, aynı hastaya ait tüm varyasyonların (orijinal ve artırılmış kopyalar) ya tamamen eğitim setinde ya da tamamen test setinde yer alması sağlanmıştır. Bu sayede modelin, hastanın anatomik yapısını ezberlemesi engellenmiş ve sadece patolojik özellikleri öğrenmesi hedeflenmiştir.

Tüm görüntüler, DenseNet201 mimarisinin giriş katmanına uygun olacak şekilde $224 \times 224 \times 3$ piksel boyutuna yeniden boyutlandırılmış ve Z-skoru normalizasyonuna tabi tutulmuştur.

2.3. Derin Öğrenme Modeli: DenseNet201

Çalışmada özellik çıkarımı ve sınıflandırma için DenseNet201 mimarisi tercih edilmiştir. DenseNet mimarisi, her katmanın kendisinden önceki tüm katmanlardan doğrudan veri aldığı yoğun bağlantılı yapısı sayesinde, kaybolan gradyan problemini azaltmakta ve özellik tekrar kullanımını teşvik etmektedir. Bu yapı, medikal görüntüler gibi sınırlı veri setlerinde daha az parametre ile daha yüksek performans elde edilmesine olanak tanır.

Model, ImageNet veri seti üzerinde önceden eğitilmiş ağırlıklarla başlatılmış (Transfer Learning), böylece modelin temel kenar ve doku özelliklerini tanıması sağlanmıştır. Modelin son tam bağlantılı (fully connected) katmanı, çalışılan görevin sınıf sayısına (Görev 1 için 3 sınıf, Görev 2 için 2 sınıf) uygun olarak değiştirilmiştir.

2.4. Eğitim Stratejisi ve Sınıf Ağırlıklandırma

Tıbbi veri setlerinde sıkça karşılaşılan sınıf dengesizliği problemini (örneğin; sağlıklı görüntü sayısının az, hasta görüntü sayısının çok olması) yönetmek amacıyla, eğitim aşamasında Dinamik Sınıf Ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Ters frekans ağırlıklandırma prensibine göre, eğitim setinde az temsil edilen sınıflara daha yüksek ceza puanı atanarak, modelin baskın sınıfa karşı yanlılık (bias) geliştirmesi engellenmiştir.

Model eğitimi için Stokastik Gradyan İnişi (SGDM) optimizasyon algoritması kullanılmıştır. Eğitim hiperparametreleri; başlangıç öğrenme oranı (initial learning rate) $1e-4$, mini-batch boyutu 16 ve maksimum epok sayısı 12 olarak belirlenmiştir. Her epokta veriler karıştırılmış (shuffle) ve modelin genelleme yeteneğini artırmak için eğitim sırasında hafif rastgele rotasyonlar (online augmentation) uygulanmıştır.

2.5. Performans Değerlendirme

Modelin performansı ve genellenebilirliği, 5-Katlı Çapraz Doğrulama (5-Fold Cross-Validation) yöntemi ile test edilmiştir. Veri seti 5 eşit parçaya bölünmüş, her iterasyonda 4 parça eğitim, 1 parça test için kullanılmıştır. Bu işlem 5 kez tekrarlanarak veri setindeki her bir hastanın tam olarak bir kez test setinde yer alması sağlanmıştır.

Model başarısı; Doğruluk (Accuracy), Duyarlılık (Sensitivity), Özgüllük (Specificity) ve F1-Skoru metrikleri ile değerlendirilmiştir. Sınıflandırma hatalarının detaylı analizi için her görev ve her katman (fold) sonunda Karmaşıklık Matrisleri (Confusion Matrix) oluşturulmuştur.

3. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Dental Tomografi görüntülerinin sagittal kesitleri üzerinde DenseNet201 derin öğrenme mimarisinin periapikal lezyonları tespit etme (İkili Teşhis) ve derecelendirme (Klinik Şiddet) performansı değerlendirilmiştir. Veri sızıntısını önlemek amacıyla hasta bazlı ayırım stratejisi uygulanmış ve modelin başarısı 5-katlı çapraz doğrulama yöntemiyle test edilmiştir. Her iki görev için elde edilen ortalama Doğruluk (Accuracy), Duyarlılık (Sensitivity), Özgüllük (Specificity) ve F1-Skoru değerleri Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. DenseNet201 modelinin Sagittal ekseninde "Klinik Şiddet" ve "İkili Teşhis" görevleri için performans metrikleri

Görev	Sınıflandırma Tipi	Doğruluk (Accuracy)	Duyarlılık (Sensitivity)	Özgüllük (Specificity)	F1-Skoru
Görev 1	Klinik Şiddet (3 Sınıflı)	0.5266	0.4805	0.7362	0.4605
Görev 2	İkili Teşhis (2 Sınıflı)	0.8204	0.5970	0.5970	0.5921

Görev 2 (İkili Teşhis) sonuçları incelendiğinde, DenseNet201 modelinin lezyon varlığını tespit etmede %82.04 gibi yüksek bir doğruluk oranına ulaştığı görülmüştür. Bu görevde elde edilen 0.5970 duyarlılık ve özgüllük değerlerinin dengeli olması, eğitim aşamasında uygulanan sınıf ağırlıklandırma (class weighting) stratejisinin, modelin baskın sınıfa (sağlıklı) yönelik yanlılığını (bias) başarıyla engellediğini ve hasta grubunu tespit etme yeteneğini koruduğunu göstermektedir. Bu bulgu, modelin sagittal kesitlerde potansiyel patolojileri ayırt etmede güvenilir bir tarama aracı olabileceğine işaret etmektedir.

Görev 1 (Klinik Şiddet) sonuçlarında ise modelin performansı, problemin karmaşıklığına paralel olarak daha düşük seyretmiştir. Lezyonların "Sağlıklı", "Orta" ve "Ciddi" olarak sınıflandırıldığı bu görevde genel doğruluk %52.66 olarak gerçekleşmiştir. Modelin özgüllük değerinin 0.7362 gibi yüksek bir seviyede olması, sağlıklı dokuları ayırt etmedeki başarısını ortaya koyarken; duyarlılığın 0.4805 seviyesinde kalması, özellikle "Orta" ve "Ciddi" lezyon sınıfları arasındaki radyolojik geçişliliğin ve morfolojik benzerliklerin modelin karar verme sürecini zorlaştırdığını düşündürmektedir. F1-Skorunun (0.4605) görece düşük olması da çok sınıflı sınıflandırmada sınıflar arası dengesizliğin ve ayırım zorluğunun etkisini yansıtmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, DenseNet201 mimarisinin sagittal Dental Tomografi kesitlerinde periapikal lezyonların varlığını tespit etmede (Görev 2) klinik olarak kabul edilebilir bir başarı sergilediği, ancak lezyonun şiddetini derecelendirmede (Görev 1) daha ileri optimizasyonlara veya daha geniş veri setlerine ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Ekersular, M. N., & Alkan, A. (2024). Detection of COVID-19 disease with machine learning algorithms from CT images. *Gazi University Journal of Science*, 37(1), 169-181.
- Estrela, C., Bueno, M. R., Azevedo, B. C., Azevedo, J. R., & Pécora, J. D. (2008). A new periapical index based on cone beam computed tomography. *Journal of Endodontics*, 34(11), 1325-1331.
- Huang, G., Liu, Z., Van Der Maaten, L., & Weinberger, K. Q. (2017). Densely connected convolutional networks. In *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 4700-4708).
- Hung, K., Montalvao, C., Tanaka, R., Kawai, T., & Bornstein, M. M. (2020). The use and performance of artificial intelligence applications in dental and maxillofacial radiology: A systematic review. *Dentomaxillofacial Radiology*, 49(1), 20190107.
- Nair, P. N. R. (2004). Pathogenesis of apical periodontitis and the causes of endodontic failures. *Critical Reviews in Oral Biology & Medicine*, 15(6), 348-381.

- Oğuz, F. E., Alkan, A., Klepaczko, A., Strumillo, P., & İspiroğlu, M. (2025). Artificial intelligence supported colonoscopy bowel preparation assessment: a video-based approach. *Signal, Image and Video Processing*, 19(11), 946.
- Orhan, K., Bayrakdar, I. S., Ezhov, M., Kravtsov, A., & Özyürek, T. (2020). Evaluation of artificial intelligence for detecting periapical pathosis on cone-beam computed tomography scans. *International Endodontic Journal*, 53(5), 680-689.
- Patel, S., Dawood, A., Mannocci, F., Wilson, R., & Pitt Ford, T. (2009). Detection of periapical bone defects in human jaws using cone beam computed tomography and intraoral radiography. *International Endodontic Journal*, 42(6), 507-515.
- Pul, U., & Schwendicke, F. (2024). Artificial intelligence for detecting periapical radiolucencies: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 148, 105199.
- Schwendicke, F., & Krois, J. (2020). Artificial intelligence in dentistry: chances and challenges. *Journal of Dental Research*, 99(7), 769-774.
- Special Committee to Revise the Joint AAE/AAOMR Position Statement on use of CBCT in Endodontics. (2015). AAE and AAOMR Joint Position Statement: Use of Cone Beam Computed Tomography in Endodontics 2015 Update. *Journal of Endodontics*, 41(9), 1393-1396.
- Sunnetci, K. M., Ulukaya, S., & Alkan, A. (2022). Periodontal bone loss detection based on hybrid deep learning and machine learning models with a user-friendly application. *Biomedical Signal Processing and Control*, 77, 103844.
- Sunnetci, K. M., Oğuz, F. E., Ekersular, M. N., Gulenc, N. G., Ozturk, M., & Alkan, A. (2025). Comparative bladder cancer tissues prediction using vision transformer. *Journal of Imaging Informatics in Medicine*, 38(3), 1722-1733.
- Venskutonis, T., Plotino, G., Juodzbaly, G., & Mickeviciene, L. (2014). Periapical status of endodontically treated teeth in relation to the technical quality of the root filling and the coronal restoration. *International Endodontic Journal*, 47(1), 85-94.

5G AĞLAR İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ DESTEKLİ KAYNAK VE AĞ OPTİMİZASYONU

Asuman SAVAŞCIHABEŞ

Nuh Naci Yazgan University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics
Engineering, 38170 Kocasinan, Kayseri

ORCID: 0000-0002-7261-1906

ÖZET

Beşinci nesil (5G) ve altıncı nesil (6G) kablosuz haberleşme sistemleri; yüksek veri hızı, ultra-düşük gecikme, enerji verimliliği ve masif bağlantı gereksinimlerinin aynı anda sağlanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu gereksinimler, yüksek boyutlu, doğrusal olmayan ve zamanla değişen ağ ortamlarında karmaşık optimizasyon problemlerini beraberinde getirmektedir. Klasik deterministik ve kural tabanlı yöntemler, bu problemlerin gerçek zamanlı ve ölçeklenebilir biçimde çözümünde sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, veriye dayalı öğrenme ve istatistiksel çıkarım yetenekleri sunan makine öğrenmesi (ML) yaklaşımları, 5G ve 6G ağları için güçlü bir alternatif çözüm çerçevesi olarak değerlendirilmektedir.

Bu çalışmada, makine öğrenmesinin 5G/6G kablosuz ağlardaki uygulamaları, katmanlar arası bir bakış açısıyla sistematik olarak incelenmektedir. Özellikle MAC ve ağ katmanlarında güç kontrolü, spektrum tahsisi, ağ dilimleme, önbellekleme ve backhaul/edge bilişim kaynak yönetimi problemleri ele alınmaktadır. Bu problemler, çoğunlukla yüksek boyutlu optimizasyon ve Markov karar süreçleri (MDP) çerçevesinde modellenmekte olup; denetimli, denetimsiz ve pekiştirmeli öğrenme yaklaşımları ile çözülmektedir. Destek vektör makineleri (SVM), K-means kümeleme, derin sinir ağları (DNN, CNN, RNN, LSTM), derin pekiştirmeli öğrenme ve transfer öğrenme yöntemlerinin söz konusu problemler üzerindeki etkinliği analitik bir perspektifle değerlendirilmektedir.

Sunulan analizler, makine öğrenmesi tabanlı yöntemlerin, karmaşık ve zamanla değişen 5G/6G ağ ortamlarında, klasik optimizasyon tekniklerine kıyasla daha düşük hesaplama süresi ile yakın-optimal çözümler üretebildiğini ve dağıtık ağ mimarileri için ölçeklenebilir çözümler sunduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, öğrenme sürecinin kararlılığı, örnek verimliliği, genellenebilirlik ve teorik yakınsama garantilerinin eksikliği, bu yöntemlerin pratik uygulamalarındaki temel sınırlamalar olarak öne çıkmaktadır. Sonuç olarak, makine öğrenmesi tabanlı yaklaşımlar, 5G ve özellikle 6G için öngörülen yapay zekâ-yerel (AI-native) ağ mimarilerinin temel yapı taşlarından biri olarak değerlendirilmektedir. Gelecek çalışmaların, standartlaştırılmış veri kümeleri, teorik performans sınırları ve analitik modelleme ile öğrenme temelli yöntemlerin bütünleştirilmesine odaklanması kritik önem taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: 5G/6G kablosuz haberleşme, makine öğrenmesi, derin pekiştirmeli öğrenme, kaynak yönetimi, öz-organize ağlar.

MACHINE LEARNING-ENABLED RESOURCE AND NETWORK OPTIMIZATION FOR 5G NETWORKS

ABSTRACT

Fifth-generation (5G) and sixth-generation (6G) wireless communication systems must simultaneously meet stringent requirements on data rate, latency, energy efficiency, and massive connectivity, resulting in highly complex, high-dimensional, and time-varying network optimization problems. Traditional deterministic and model-based optimization methods often struggle to cope with the dynamic and heterogeneous nature of these networks. In this context, machine learning (ML) has emerged as a promising paradigm for enabling intelligent, adaptive, and autonomous 5G/6G network operation.

This survey provides a comprehensive and systematic overview of machine learning applications in 5G and 6G wireless networks from a cross-layer perspective. Key problems at the medium access control (MAC), network, and application layers—including power control, spectrum allocation, network slicing, caching, mobility management, and edge computing resource optimization—are reviewed. Supervised, unsupervised, and reinforcement learning techniques are categorized and analyzed, with particular emphasis on support vector machines, clustering methods, deep neural networks, deep reinforcement learning, and transfer learning. Furthermore, current challenges such as data availability, computational complexity, generalization, and the lack of theoretical performance guarantees are critically discussed. This survey identifies open research directions toward AI-native 6G networks, including standardized datasets, analytical performance bounds, and cross-layer learning frameworks.

Keywords: 5G/6G wireless communications, machine learning, deep reinforcement learning, resource management, self-organizing networks.

R404A'YA ALTERNATİF OLARAK R290 KULLANAN SOĞUTMA SİSTEMLERİNİN COP, TEWI VE LCCP DEĞERLERİNE GÖRE KARŞILAŞTIRILMASI

Rayyan Ahmad Mahmoud ALHASHASH

Karabuk University, The Institute of Graduate Programs, Department of Energy Systems Engineering, 78020, Karabük

ORCID: 0009-0000-2685-1274

Abdullah DAĞDEVİREN

Karabuk University, Department of Mechanical Engineering, 78020, Karabük

ORCID: 0000-0002-5418-4445

Şafak ATAŞ

Karabuk University, Department of Mechanical Engineering, 78020, Karabük

ORCID: 0000-0003-4124-8929

ÖZET

Bu çalışmada, soğutma sistemlerinde yaygın olarak kullanılan, küresel ısınma potansiyeli (GWP) yüksek olan R404A soğutucu akışkanına alternatif görülen doğal soğutucu akışkan R290'ın enerji performansı ve çevresel etkileri incelenmiştir. Sistem, 45 °C yoğuşma sıcaklığında ve -30, -25, -20 ve -15 °C buharlaşma sıcaklıklarında teorik olarak analiz edilmiştir. Analizler sonucunda elde edilen veriler ile farklı akışkanların kullanıldığı sistemlerin performans katsayısı (COP), toplam eşdeğer ısınma etkisi (TEWI) ve yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP) hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, R290 tüm buharlaşma sıcaklıklarında R404A'ya göre daha iyi performans göstermiştir. COP değerleri R404A için -30, -25, -20 ve -15 °C buharlaşma sıcaklıklarında sırasıyla 1.67, 1.91, 2.19 ve 2.52, R290 için ise 2.11, 2.37, 2.68 ve 3.04 olarak elde edilmiştir. Bu durum, R290 soğutucu akışkanının enerji verimliliği açısından daha iyi çalıştığını göstermektedir. Çevresel etki açısından bakıldığında, R290 kullanımı TEWI değerlerinde bir düşüş sağlamıştır ve TEWI değerlerinde R404A'ya kıyasla -30 °C'de yaklaşık %18, -25 °C'de yaklaşık %18, -20 °C'de yaklaşık %19 ve -15 °C'de yaklaşık %20 oranında azalma elde edilmiştir. LCCP sonuçları incelendiğinde ise, R290 için tüm buharlaşma sıcaklıklarında R404A'ya göre yaklaşık %18 ile %21 arasında daha düşük LCCP değerleri elde edildiği görülmüştür. Genel olarak elde edilen bulgular, R290'ın hem enerji kullanımı hem de çevreye olan etkiler açısından R404A'ya göre daha avantajlı bir soğutucu akışkan olduğunu ve gerekli güvenlik önlemleri alındığında düşük sıcaklık uygulamalarında tercih edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Soğutucu akışkanlar, küresel ısınma potansiyeli (GWP), performans katsayısı (COP), toplam eşdeğer ısınma etkisi (TEWI), yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP), soğutma sistemleri.

COMPARISON OF REFRIGERATION SYSTEMS USING R290 AS AN ALTERNATIVE TO R404A BASED ON COP, TEWI AND LCCP

ABSTRACT

This study investigates the energy performance and environmental impacts of R290, a natural refrigerant considered an alternative to R404A, a commonly used refrigerant with a high global warming potential (GWP) in cooling systems. The system is operated at a condensing temperature of 45 °C and evaporation temperatures of -30, -25, -20 and -15 °C, and the evaluation is carried out based on the coefficient of performance (COP), total equivalent warming impact (TEWI) and life cycle climate performance (LCCP). In the LCCP analysis, the physical properties and thermodynamic performance of the refrigerant are considered, and the total CO₂ equivalent emissions over the lifetime of the refrigeration system are evaluated. According to the results, R290 shows better performance than R404A at all evaporation temperatures. The COP values for R404A at -30, -25, -20 and -15 °C are 1.67, 1.91, 2.19 and 2.52, respectively, while the values for R290 are 2.11, 2.37, 2.68 and 3.04. This shows that the system using R290 works more efficiently in terms of energy. From an environmental point of view, the use of R290 leads to a reduction in TEWI values, with decreases of about 18% at -30 °C, 18% at -25 °C, 19% at -20 °C and 20% at -15 °C compared to R404A. The LCCP results also show that R290 has lower LCCP values than R404A at all evaporation temperatures, with reductions ranging from about 18% to 21%. Overall, the findings indicate that R290 is a more advantageous refrigerant than R404A in terms of both energy use and environmental impact and can be preferred in low-temperature applications when the necessary safety precautions are taken.

Keywords: Refrigerants, Global warming potential (GWP), Coefficient of performance (COP), Total equivalent warming impact (TEWI), Life cycle climate performance (LCCP), Refrigeration systems.

1. GİRİŞ

Soğutma sistemleri; gıdaların korunması, marketlerdeki soğutucular ve sanayi alanları gibi birçok yerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerin yaygın olması, enerji tüketiminin artmasına ve sera gazı salınımlarının yükselmesine neden olmaktadır. Bu yüzden, iklim değişikliğiyle mücadelede soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların ne kadar enerji harcadığı ve çevreye olan etkilerinin daha dikkatli bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

Ticari soğutma sistemlerinde uzun yıllar boyunca yaygın şekilde kullanılan R404A soğutucu akışkanı, uygun termodinamik özellikler sunmasına rağmen oldukça yüksek küresel ısınma potansiyeline (GWP) sahiptir. R404A'nın bu özelliği, doğrudan ve dolaylı emisyonlara olan

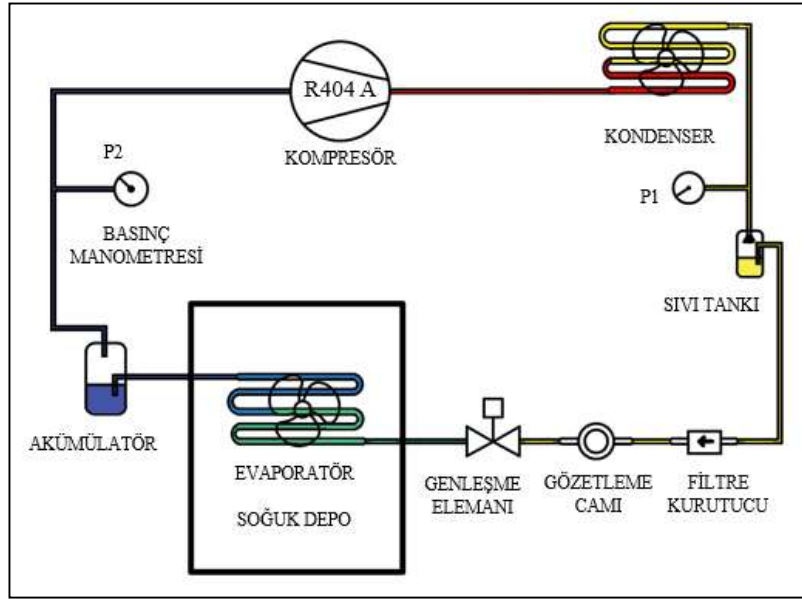
katkısının yüksek olmasına yol açmakta ve uluslararası çevre düzenlemeleri kapsamında kullanımının sınırlandırılmasına neden olmaktadır. Bu durum, mevcut soğutma sistemlerinde daha çevre dostu ve düşük GWP'ye sahip alternatif soğutucu akışkanların araştırılmasına olan ilgiyi artırmıştır (Koşan, 2023). Bu kapsamda, doğal bir hidrokarbon soğutucu akışkan olan R290 (propan), oldukça düşük GWP değeri ve uygun termodinamik özellikleri sayesinde R404A'ya güçlü bir alternatif olarak öne çıkmaktadır. R290'ın yüksek ısı transfer kabiliyeti ve düşük özgül enerji tüketimi, soğutma sistemlerinde daha yüksek enerji verimliliği elde edilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, alevlenebilirlik özelliği nedeniyle R290'ın kullanımı sırasında sistem tasarımı, kompresör seçimi ve güvenlik önlemlerinin dikkatli bir şekilde ele alınması gerekmektedir. Özellikle yağ seçimi ve kompresör performansı, sistemin güvenli ve verimli çalışmasında belirleyici faktörler arasında yer almaktadır (İbrahim vd., 2024; Lin vd., 2025). R404A ve R290'ın ticari dikey dondurucular, buzdolapları ve blok buz makineleri üzerinde karşılaştırıldığı deneysel çalışmalarda, R290 kullanılan sistemlerin genel olarak daha düşük güç tüketimi ve daha yüksek COP değerleri sunduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda, R404A'nın R290 ile değiştirilmesi sonucunda soğutma kapasitesinin arttığı, güç tüketiminin azaldığı ve ekserji verimliliğinin iyileştiği rapor edilmiştir (Akmal vd., 2025). Ayrıca, toplam ekserji kaybı ve eşdeğer karbon salınımının R290 kullanılan sistemlerde belirgin şekilde daha düşük olduğu ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygun kompresör ve sistem düzenlemeleriyle birlikte R290'ın hem enerji hem de çevresel performansı önemli ölçüde iyileştirebildiğini göstermektedir (Biçen vd., 2025). Bununla birlikte, hafif ticari soğutma uygulamalarında yapılan çalışmalarda, R290'ın kullanımıyla enerji tüketiminde önemli azalmalar sağlandığı ve sistem performansının belirgin biçimde iyileştiği ortaya konulmuştur. Güvenlik gereksinimleri nedeniyle soğutucu şarj miktarının azaltılmasına yönelik yapılan tasarım iyileştirmelerinin, enerji tüketimi üzerinde ihmal edilebilir bir etki oluşturduğu ve R290'ın uygun tasarım koşullarında güvenli bir şekilde uygulanabileceği belirtilmektedir. Bu bulgular, R290'ın ticari soğutma uygulamalarında çevre dostu bir alternatif olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir (Mastrullo vd., 2014). Literatürde yer alan çalışmaların büyük bir kısmı, R404A ve R290 karşılaştırmalarını ağırlıklı olarak COP, enerji tüketimi ve ekserji verimliliği üzerinden ele almaktadır (Febiadisti vd., 2025; Saraç vd., 2024). Buna karşılık, soğutma sistemlerinin yaşam döngüsü boyunca neden olduğu çevresel etkileri tüm yaşam döngüsünü dikkate alarak değerlendiren toplam eşdeğer ısınma etkisi (TEWI) ve yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP) gibi göstergelerin birlikte kullanıldığı çalışmaların sınırlı olduğu görülmektedir.

Günümüzde, soğutma sistemlerinde kullanılan soğutucu akışkanların enerji performansı ve çevresel etkilerinin değerlendirilmesine yönelik yapılan çalışmalar, sürdürülebilir soğutma

sistemlerinin geliştirilmesine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu çalışmanın amacı, kısa vadede 2030 yılı itibarıyla kullanımı yasaklanacak olan R404A'ya alternatif olarak değerlendirilen R290 soğutucu akışkanının, sistemde herhangi bir değişiklik yapılmadan sadece soğutucu akışkanın değiştirilmesi durumunda, aynı buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi ve aynı çalışma koşulları altında COP, TEWI ve LCCP parametreleri açısından teorik olarak karşılaştırılmasıdır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, aynı buhar sıkıştırırmalı soğutma sistemi esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, yüksek küresel ısınma potansiyeline sahip R404A soğutucu akışkanının yerine alternatif olarak değerlendirilen R290'ın, sistemde herhangi bir sistem değişikliği yapılmadan yalnızca soğutucu akışkanın değiştirilmesi durumunda performans ve çevresel etkiler açısından karşılaştırılmasıdır. Analizler, her iki soğutucu akışkan için aynı çalışma koşulları altında ayrı ayrı yürütülmüştür.



Şekil 1. Soğutma sistemi

Hesaplamalarda buharlaşma sıcaklıkları -30 , -25 , -20 ve -15 °C olarak belirlenmiş, yoğuşma sıcaklığı ise tüm durumlar için 45 °C sabit kabul edilmiştir. Sistem performansının değerlendirilmesinde performans katsayısı (COP), toplam eşdeğer ısınma etkisi (TEWI), yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP), evaporatör kapasitesi ve kütleli debi parametreleri dikkate alınmıştır. Tüm karşılaştırmalar teorik olarak gerçekleştirilmiş olup, soğutma çevrimine ait termodinamik hesaplamalarda EES (Engineering Equation Solver) yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, R404A ve R290 soğutucu akışkanlarının aynı sistem ve aynı çalışma şartları altındaki performans ve çevresel etkilerini ortaya koyacak şekilde değerlendirilmiştir.

A. Performans Katsayısı (COP)

Performans katsayısı (COP), bir soğutma veya ısıtma sisteminin ne kadar verimli çalıştığını gösteren temel bir parametredir. COP değeri, sistem tarafından elde edilen faydalı enerji miktarının, bu enerjiyi sağlamak için harcanan güce oranı olarak tanımlanmaktadır. Bu parametre, sistemin enerji kullanım etkinliğinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

COP değeri aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$COP = \frac{Q_{ÇIKIŞ}}{W_{GİRİŞ}}$$

Bu denklemde Q sistemin sağladığı faydalı gücü göstermektedir. Isıtma durumunda bu değer, sistemin ürettiği ısıyı; soğutma durumunda ise elde edilen soğutma kapasitesini ifade etmektedir ve Watt birimi ile belirtilmektedir. W ise kompresörün çalışması için harcanan gücü göstermekte olup Watt cinsinden ifade edilmektedir (Budak vd., 2014).

B. Toplam eşdeğer ısınma etkisi (TEWI)

TEWI, bir soğutma ya da iklimlendirme sisteminin küresel ısınmaya ne kadar katkı yaptığını belirlemek için kullanılan bir ölçüttür. TEWI hesabında, sistemin kullanım süresi boyunca meydana gelen soğutucu akışkan kaçaklarından kaynaklanan doğrudan emisyonlar ile sistemin çalışması sırasında harcanan elektrik enerjisi nedeniyle oluşan dolaylı emisyonlar birlikte değerlendirilir. Bu yöntem, sistemin çevre üzerindeki toplam etkisinin daha net görülmesini sağlar.

TEWI değeri aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$TEWI = \text{doğrudan emisyonlar} + \text{dolaylı emisyonlar}$$

$$TEWI = (GWP \times L \times N) + (Ea \times \beta \times n)$$

Bu eşitlikte yer alan GWP, kullanılan soğutucu akışkanın küresel ısınma üzerindeki etkisini (kg CO₂-eşdeğer/kg) ifade etmektedir. L, sistemde bir yıl içinde meydana gelen soğutucu akışkan kaçak miktarını (kg) göstermektedir. N, sistemin toplam kullanım süresini (yıl), Ea sistemin bir yılda tükettiği elektrik enerjisini (kWh), β elektrik üretimi sırasında oluşan karbon katsayısını (kgCO₂-eşd./kWh) ve n ise sistemin çalışma süresini (yıl) temsil etmektedir (Makhnatch vd., 2014).

TEWI hesabında kullanılan elektrik tüketimine bağlı dolaylı emisyon katsayısı, LCCP hesaplamalarında da aynı şekilde dikkate alınmaktadır. Bu durum, TEWI yönteminin LCCP yaklaşımıyla benzer bir hesaplama temeline sahip olduğunu göstermektedir.

C. Yaşam döngüsü iklim performansı (LCCP)

LCCP, ısıtma, havalandırma ve iklimlendirme sistemlerinin kullanım süresi boyunca küresel ısınmaya olan toplam etkisini belirlemek amacıyla kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. Bu yöntemde, sistemin ömrü boyunca oluşan tüm emisyonlar birlikte ele alınarak çevresel etki hesaplanır.

LCCP analizinde doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı emisyon türü dikkate alınmaktadır. Doğrudan emisyonlar, sistemin çalışması sırasında meydana gelen soğutucu akışkan kaçaklarını ve sistem kullanım ömrü sonunda gerçekleşen soğutucu akışkan kayıplarını kapsamaktadır. Dolaylı emisyonlar ise sistemin üretimi, çalışması sırasında tüketilen enerji ve sistemin kullanım ömrü sonunda bertaraf edilmesi sürecinde oluşan emisyonları içermektedir.

$$LCCP = DE(CO_{2,Doğrudan}) + EE(CO_{2,Dolaylı})$$

Doğrudan emisyonlar (CO₂,doğrudan) aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$DE = C \times (L \times ALR + EOL) \times (GWP + GWP_{adp})$$

Bu denklemde yer alan C, sistemde kullanılan toplam soğutucu akışkan miktarını (kg) ifade etmektedir. L, sistemin çalışma süresini göstermekte olup yıl cinsinden belirtilmektedir. ALR, kullanılan soğutucu akışkanın sistem çalışması sırasında her yıl meydana gelen sızıntı oranını (%), EOL ise cihazın kullanım ömrü sonunda oluşan soğutucu akışkan kayıp oranını (%) temsil etmektedir. GWP, soğutucu akışkanın küresel ısınma üzerindeki etkisini (kg CO₂-eşdeğer/kg) gösterirken, GWP_{adp} soğutucu akışkanın atmosferde zamanla bozunmasından kaynaklanan küresel ısınma etkisini (kg CO₂-eşdeğer/kg) ifade etmektedir.

$$EE = L \times AEC \times EM + \Sigma(m MM) + \Sigma(mr MM) + C \times (1 + L \times ALR) \times RFM + C \times (1 - EOL) \times RFD$$

Bu denklemde yer alan AEC, sistemin bir yıl içinde tükettiği toplam elektrik enerjisini (kWh/yıl) göstermektedir. EM, elektrik üretimi sırasında ortaya çıkan karbondioksit salım katsayısını (kgCO₂-eşd./kWh) ifade etmektedir. m, kullanılan soğutma ünitesinin kütlesini (kg) belirtirken, MM sistemde kullanılan malzemelerin üretimi sırasında oluşan emisyonları (kgCO₂-eşd.r/kg) temsil etmektedir. mr, geri dönüştürülen malzeme miktarını (kg), RM ise bu geri dönüşüm sürecinden kaynaklanan emisyonları (kgCO₂-eşd./kg) göstermektedir. RFM terimi de soğutucu akışkanın üretimi sırasında ortaya çıkan emisyonları ifade etmektedir (Yıldız vd., 2020).

Bu çalışmada kullanılan soğutucu akışkanlara ait küresel ısınma potansiyeli (GWP), atmosferde bozunmaya bağlı küresel ısınma potansiyeli (GWP_{adp}) ve üretim aşamasına ait emisyon değerleri Tablo 1'de sunulmuştur. LCCP analizinde kullanılan diğer referans

parametreler ise Tablo 2’de verilmiştir. Elektrik tüketiminden kaynaklanan emisyonların hesaplanabilmesi için, elektrik üretimine ait emisyon katsayısının bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışma, Türkiye için elektrik üretiminden kaynaklanan emisyon faktörü 0.442 kgCO₂-eşd./kWh olarak kabul edilmiştir (ETKB, 2024).

Tablo 1. Soğutucu akışkanlara ait GWP, GWP_{adp} ve Soğutucu akışkan üretim emisyonları

Soğutucu akışkan	GWP	GWP _{adp}	RFM
R404A	3943	—	16,7
R290	3	—	0,05

Malzeme üretiminden kaynaklanan emisyonların hesaplanmasında, Uluslararası Soğutma Enstitüsü (IIR) tarafından belirlenen standartlar esas alınmıştır. Soğutma sistemlerinde sık kullanılan dört farklı malzeme ile bu malzemelerin iklimlendirme sistemleri içindeki ortalama kullanım oranları Tablo 2’de gösterilmiştir. Ayrıca, bu malzemelere ait geri dönüşüm emisyon değerleri Tablo 3’te verilmiştir (IIR, 2016).

Tablo 2. Soğutma ünitesini oluşturan malzemeler ve bu malzemelerine ait üretim emisyonları

Malzeme	Sistemde bulunma oranı (%)	Üretim emisyon değeri (kgCO ₂ /kg)
Çelik	46	1.8
Alüminyum	12	12.6
Bakır	19	3
Plastik	23	2.8

Tablo 3. Soğutma ünitesini oluşturan malzemelerin geri dönüşüm kaynaklı emisyonları

Malzeme	Sistemde bulunma oranı (%)	Geri dönüşüm emisyon değeri (kgCO ₂ /kg)
Metal	77	0,07
Plastik	23	0,01

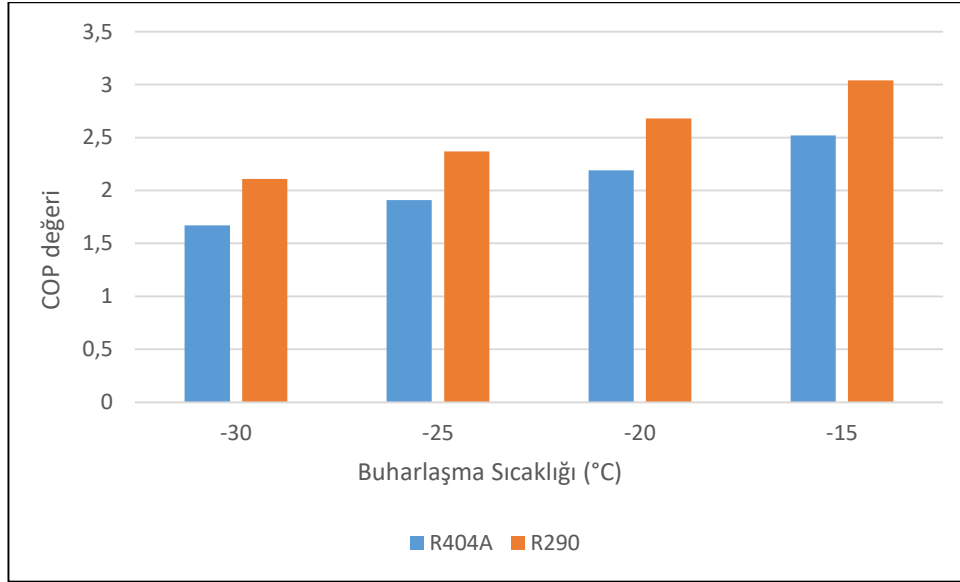
LCCP ve TEWI analizlerinde kullanılan bazı kabuller Tablo 4’te verilen referans değerlere göre yapılmıştır.

Tablo 4. Soğutma ünitesi referans değerleri

Açıklama	Değer	Birim
Sistemin çalışma ömrü	15	yıl
Yıllık soğutucu akışkan sızıntı oranı (ALR)	5	%
Cihaz ömrü sonunda soğutucu akışkan sızıntı oranı (EOL)	15	%
Soğutma ünitesinin kütlesi (m)	50	kg
Kompresör güç tüketimi	0,367	kW

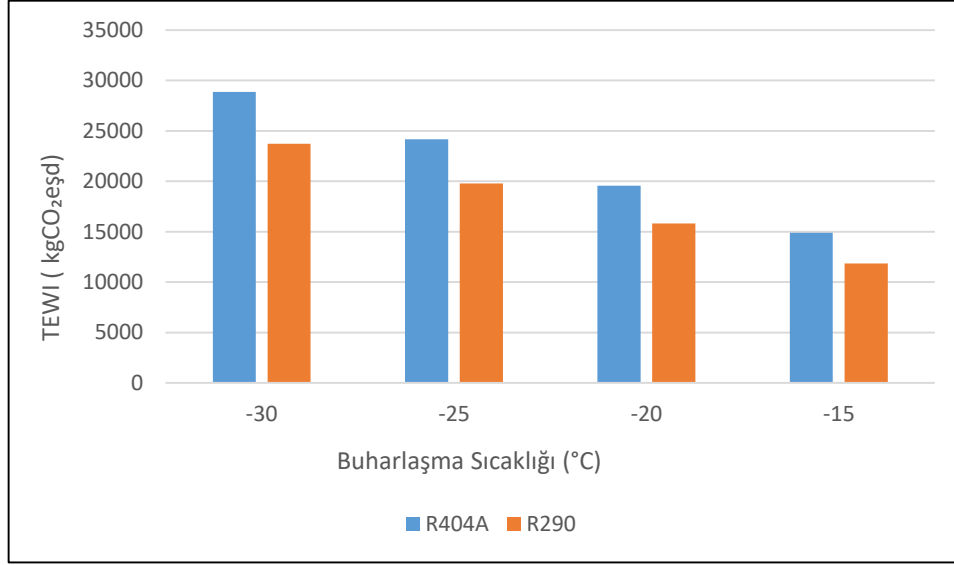
3. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu çalışmada yapılan teorik analizler sonucunda elde edilen COP, TEWI, LCCP, evaporatör kapasitesi ve soğutucu akışkanın kütleli debisi değerleri grafiklerde gösterilmiştir.



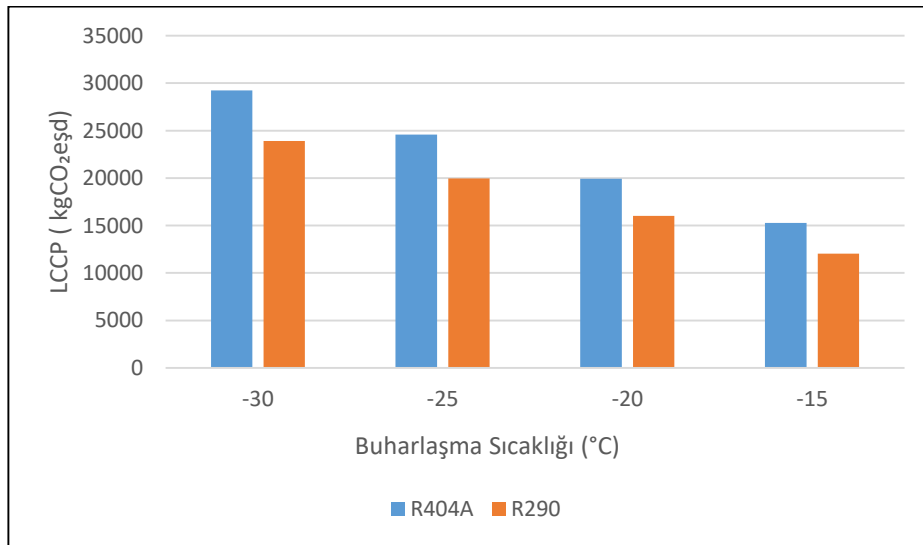
Şekil 2. Soğutucu akışkanların COP değerlerinin buharlaşma sıcaklığına göre karşılaştırılması

Şekil 2’de gösterildiği gibi soğutucu akışkanlar R404A ve R290 için farklı buharlaşma sıcaklıklarına bağlı olarak COP değerleri incelenmiştir. Her iki akışkan için de buharlaşma sıcaklığı düştükçe COP değerlerinin azaldığı görülmektedir. Buharlaşma sıcaklığı $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’den $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’ye düştüğünde R404A’nın COP değeri yaklaşık 2,5’ten 1,65’e düşerken, R290 için COP değeri 3,0’dan 2,1 seviyesine gerilemektedir. Tüm çalışma koşullarında R290’ın COP değerleri R404A’ya göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, R290’ın enerji verimliliği açısından R404A’ya kıyasla daha avantajlı olduğunu ve düşük buharlaşma sıcaklıklarında daha yüksek sistem performansı sağladığını göstermektedir.



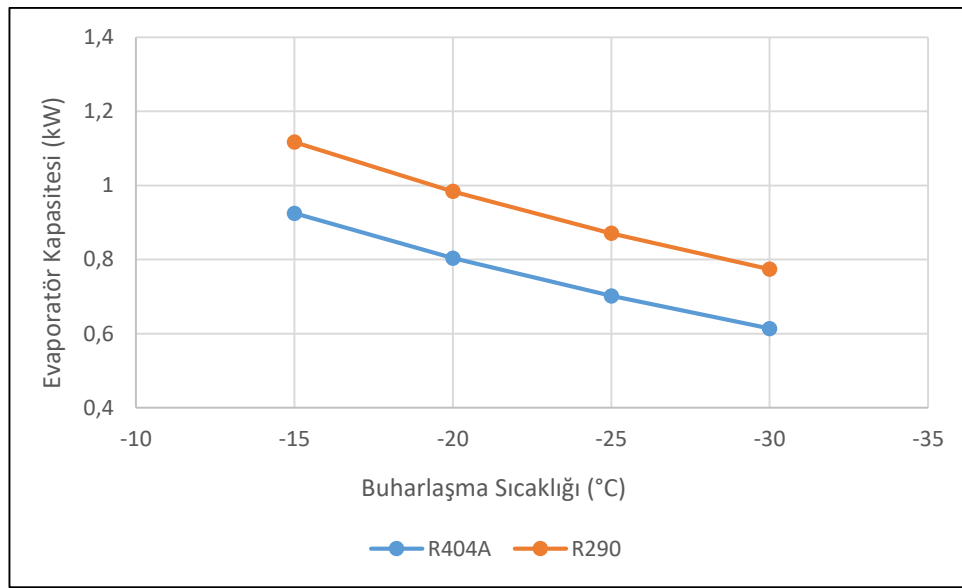
Şekil 3. Soğutucu akışkanların TEWI analizlerinin buharlaşma sıcaklığına göre karşılaştırılması

Şekil 3'te gösterildiği gibi soğutucu akışkanlar R404A ve R290 için, farklı buharlaşma sıcaklıklarına göre TEWI analizi yapılmış olup, her iki akışkan için de buharlaşma sıcaklığı düştükçe TEWI değerlerinin arttığı görülmektedir. Buharlaşma sıcaklığı -15°C 'den -30°C 'ye düştüğünde R404A için TEWI değeri 14895,84 kgCO₂-eşd'den 28851,99 kgCO₂-eşd'ye yükselmekte, R290 için ise 11864,72 kgCO₂-eşd'den 23729,11 kgCO₂-eşd'ye çıkmaktadır. Tüm çalışma koşullarında R404A'nın TEWI değerlerinin R290'a göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, R290'ın TEWI açısından daha düşük çevresel etkiye sahip olduğunu ve özellikle düşük buharlaşma sıcaklıklarında iklim etkisini azaltmak için daha uygun bir soğutucu akışkan olduğunu göstermektedir.



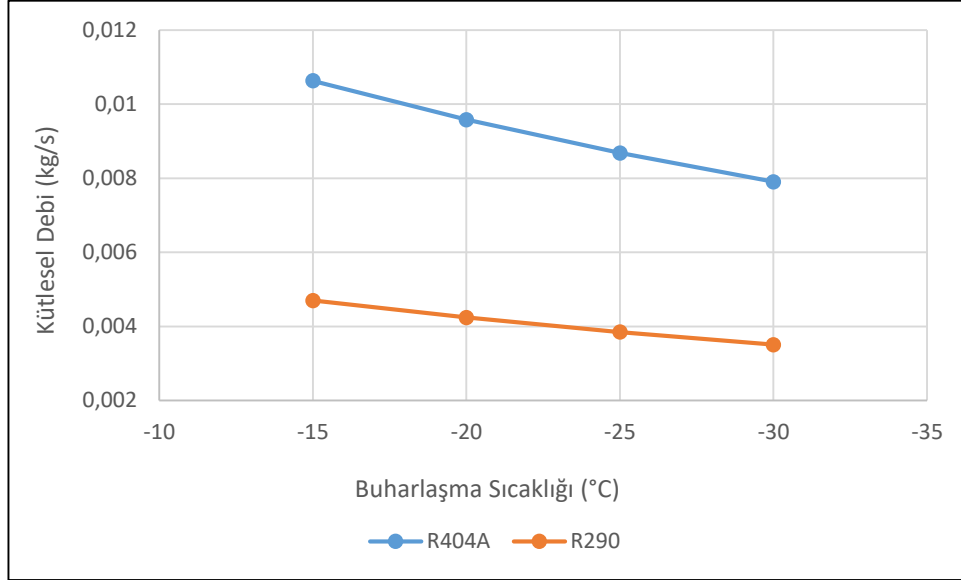
Şekil 4. Soğutucu akışkanların LCCP analizlerinin buharlaşma sıcaklığına göre karşılaştırılması

Şekil 4'te gösterildiği gibi soğutucu akışkanlar R404A ve R290 için, farklı buharlaşma sıcaklıklarına göre LCCP analizi yapılmış olup, her iki akışkan için de buharlaşma sıcaklığı düştükçe LCCP değerlerinin arttığı görülmektedir. Buharlaşma sıcaklığı -15°C 'den -30°C 'ye düştüğünde R404A için LCCP değeri 15274,97 kgCO_2 -eşd'den 29231,12 kgCO_2 -eşd'ye yükselirken, R290 için bu değer 12045,31 kgCO_2 -eşd'den 23909,70 kgCO_2 -eşd'ye çıkmaktadır. Tüm çalışma koşullarında R404A'nın LCCP değerleri R290'a göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçlar, R290'ın daha düşük toplam çevresel etkiye sahip olduğunu ve özellikle düşük buharlaşma sıcaklıklarında soğutma sistemleri için çevresel açıdan daha uygun bir alternatif olduğunu göstermektedir.



Şekil 5. Soğutucu akışkanların evaporatör kapasitelerinin buharlaşma sıcaklığına göre karşılaştırılması

Şekil 5'de gösterildiği gibi soğutucu akışkanlar R404A ve R290 için, farklı buharlaşma sıcaklıklarına bağlı olarak evaporatör kapasitesi analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre, her iki akışkan için de buharlaşma sıcaklığı düştükçe evaporatör kapasitesinin azaldığı görülmektedir. Buharlaşma sıcaklığı -15°C 'den -30°C 'ye düştüğünde R404A için evaporatör kapasitesi 0,925 kW değerinden 0,614 kW değerine düşerken, R290 için ise 1,117 kW'dan 0,774 kW'a gerilemektedir. Tüm buharlaşma sıcaklıklarında R290'ın evaporatör kapasitesinin R404A'ya göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu durum, R290 kullanılan sistemin aynı çalışma koşullarında daha yüksek soğutma kapasitesi sağladığını ve sistem performansı açısından R404A'ya göre daha avantajlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Soğutucu akışkanların kütleli debi değerlerinin buharlaşma sıcaklığına göre karşılaştırılması

Şekil 6’da gösterildiği gibi soğutucu akışkanlar R404A ve R290 için, farklı buharlaşma sıcaklıklarına bağlı olarak kütleli debi analizi yapılmıştır. Sonuçlara göre, her iki akışkan için de buharlaşma sıcaklığı düştükçe kütleli debi değerlerinin azaldığı görülmektedir. Buharlaşma sıcaklığı -15 °C ’den -30 °C ’ye düştüğünde R404A için kütleli debi $0,01063283\text{ kg/s}$ değerinden $0,00790745\text{ kg/s}$ değerine düşerken, R290 için ise $0,00470022\text{ kg/s}$ ’den $0,00350849\text{ kg/s}$ ’e gerilemektedir. Tüm çalışma koşullarında R404A’nın kütleli debi değerlerinin R290’a göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu sonuçlar, R290’ın daha düşük kütleli debi ile çalıştığını ve bu durumun daha düşük akışkan dolaşımı ve sistem tasarımı açısından avantaj sağlayabileceğini göstermektedir.

4. SONUÇLAR

Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan R404A soğutucu akışkanı ile alternatifi olan R290 soğutucu akışkanının termodinamik ve çevresel performansları teorik olarak karşılaştırılmıştır. Analiz kapsamında COP, evaporatör kapasitesi ve soğutucu akışkanın kütleli debisi yanı sıra, çevresel etkilerin değerlendirilmesi amacıyla TEWI ve LCCP analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar şunlardır:

- COP açısından R290’ın, düşük buharlaşma sıcaklıklarında R404A’ya kıyasla yaklaşık (20–27%) daha verimli olduğunu ortaya koyulmaktadır.
- TEWI açısından R290’ın, R404A’ya kıyasla yaklaşık (17–20%) daha düşük emisyonlara sahip olduğu belirlenmiştir.
- LCCP kapsamında R290’ın, R404A’ya kıyasla yaklaşık (18–21%) oranında daha düşük emisyonlara sahip olduğunu tespit edilmiştir.

- Evaporatör kapasitesi açısından R290 kullanılan sistemin, aynı çalışma koşullarında R404A'ya kıyasla yaklaşık (21–26%) oranında daha avantajlı olduğu sonucuna varılmıştır.
- Kütlesel debi açısından R290 kullanılan sistemin, R404A'ya kıyasla yaklaşık (56%) daha düşük kütlesel debiyle çalıştığı ve dolayısıyla daha az soğutucu akışkan kullandığı görülmektedir.

5. KAYNAKÇA

- Koşan, M. (2023). Investigation of using low GWP alternatives to replace R404A in the refrigeration system. *International Journal of Energy Studies*, 8(3), 453–464.
- Ibrahim, O. A. A. M., Kadhim, S. A., Hammoodi, K. A., Rashid, F. L., & Askar, A. H. (2024). Review of hydrocarbon refrigerants as drop-in alternatives to high-GWP refrigerants in VCR systems: The case of R290. *Cleaner Engineering and Technology*, 23, 100825.
- Lin, J., Zhang, R., Wang, C., Wu, J., & Zhu, L. (2025). Study on the oil supply characteristics of R290 rotary compressors under high-speed conditions. *International Journal of Refrigeration*, 177, 254–262.
- Akmal, M., Sumeru, K., Tohir, T., Hikmat, Y. P., Nuryati, N., & Sulaimon, S. (2025). Energy and exergy performance of R290 as a substitute for R404A in freezers: Experimental investigation. *Jurnal Polimesin*, 23(2), 53–61.
- Biçen, E., & Arabacı, S. K. (2025). Energy and exergy evaluation of R404A and R290 in a shelf-cooled commercial vertical deep freezer. *Applied Thermal Engineering*, 278, 127287.
- Mastrullo, R., Mauro, A. W., Menna, L., & Vanoli, G. P. (2014). Replacement of R404A with propane in a light commercial vertical freezer: A parametric study of performances for different system architectures. *Energy Conversion and Management*, 82, 54–60.
- Febiadisti, V., Suryaman, N. N., Santosa, A., Saepudin, A., & Setiawan, A. (2025). The use of R290 as a replacement for R404A in block ice machines. *Research of Engineering and Management (REM)*.
- Saraç, T., & Ünalı, M. (2024). R290 refrigerant performance in a commercial refrigerator. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 39(1), 157–166.
- Budak, E., Cansevdi, B., & Güngör, A. (2014). Su soğutma cihazlarında enerji verimliliği ve ısı geri kazanım. *Tesisat Mühendisliği*, 139, 23–31.
- Makhnatch, P., & Khodabandeh, R. (2014). The role of environmental metrics (GWP, TEWI, LCCP) in the selection of low GWP refrigerant. *Energy Procedia*, 61, 2460–2463.
- Yıldız, A., & Yıldırım, R. (2020). R134a'ya alternatif bir soğutucu akışkan (R513A) kullanan buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinin enerji ve çevresel analizi. *Düzce University Journal of Science and Technology*, 8(3), 1817–1828.
- T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB). (2024). Türkiye Elektrik Üretimi ve Elektrik Tüketim Noktası Emisyon Faktörleri Bilgi Formu. enerji.gov.tr.
- International Institute of Refrigeration (IIR). (2016). Guideline for life cycle climate performance (LCCP). IIR.

PRİMER FREKANS KONTROLÜNDE BATARYA DEPOLAMA SİSTEMLERİNİN KULLANIMININ GÜÇ SİSTEM FREKANSINA ETKİSİ

Prof. Dr. Ahmet KARAARSLAN

Ankara Yıldırım Beyazıt University, Institute of Natural and Applied Science, Department of Electric and Electronics Engineering, Keçiören, Ankara

ORCID: 0000-0001-6475-4539

Mehmet Emrah ŞEKER

Ankara Yıldırım Beyazıt University, *Institute of Natural and Applied Science*, Department of Electric and Electronics Engineering, Keçiören, Ankara

ORCID: 0000-0001-5622-8192

ÖZET

Güç sistemlerinde yenilenebilir enerji kaynaklarının giderek yaygınlaşması, sistem ataletinin azalmasına yol açarak frekans dinamiklerini ve genel sistem kararlılığını önemli ölçüde etkilemektedir. Düşük ataletli çalışma, güvenilir şebeke işletimi için zorluklar yaratmakta ve bozulmaların ardından daha hızlı ve daha büyük frekans sapmalarına neden olmaktadır. Batarya enerji depolama sistemleri (BEDS), hızlı tepki kabiliyetleri ve yüksek kontrol edilebilirlikleri nedeniyle frekans düzenlemesi için etkili bir çözüm olarak ortaya çıkmıştır. Primer frekans kontrolü, frekans sapmalarına yanıt olarak aktif güç çıkışını otonom olarak ayarlayarak sistem frekansını yeni bir kararlı durum değerine geri getirmeyi amaçlamaktadır. Bu çalışma, BEDS'in iletim sistemi düzeyinde primer frekans kontrolüne katkısını araştırmakta ve bunların geleneksel enerji santralleriyle entegrasyonunu değerlendirmektedir. Simülasyon sonuçları, BEDS ve üretim birimlerinin koordineli çalışmasının frekans sapmalarını önemli ölçüde azalttığını ve sistem frekans kararlılığını artırdığını göstermektedir. **Anahtar Kelimeler:** Batarya Enerji Depolama Sistemleri, Primer Frekans Kontrolü, Low-Inertia Power System, Frekans Regülasyonu.

THE EFFECT OF BATTERY STORAGE SYSTEMS ON POWER SYSTEM FREQUENCY IN PRIMARY FREQUENCY CONTROL

ABSTRACT

The increasing penetration of renewable energy sources in power systems leads to a reduction in system inertia, significantly affecting frequency dynamics and overall system stability. Low-inertia operation posing challenges for reliable grid operation, results in faster and larger frequency deviations following disturbances. Battery energy storage systems (BESS), due to their fast response capability and high controllability, have emerged as an effective solution for frequency regulation. Primary frequency control aims to restore system frequency to a new steady-state value by autonomously adjusting active power output in response to frequency deviations. This study investigates the contribution of BESS to primary frequency control at the transmission system level and evaluates their integration with conventional power plants.



Simulation results demonstrate that the coordinated operation of BESS and generation units significantly reduces frequency deviations and enhances system frequency stability.

Keywords: Battery Energy Storage Systems, Primary Frequency Control, Low-Inertia Power System, Frequency Regulation.

OTONOM İHA'LAR İÇİN DERİN ÖĞRENME VE EĞİM ANALİZİNE DAYALI TERMAL SENSÖR DESTEKLİ GÜVENLİ İNİŞ SİSTEMİ

Sercan KÖSE

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0009-0005-8491-4268

Alperen SARI

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0009-0008-7980-7363

Mustafa NAMDAR

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0000-0002-3522-4608

Arif BAŞGÜMÜŞ

Bursa Uludağ University, Electrical and Electronics Engineering Department, 16059, Bursa
ORCID: 0000-0002-0611-3220

ÖZET

Bu çalışma, otonom insansız hava araçlarının (İHA) güvenli iniş ve kalkış süreçlerini iyileştirmeye yönelik bütünsel bir çözüm yaklaşımını ele almaktadır. Son yıllarda İHA'ların kullanım alanları hızla genişlemiştir; özellikle savunma sanayi, tarım ve lojistik gibi sektörlerde kritik roller üstlenmiştir. Ancak, İHA'ların çevresel engeller ve olumsuz koşullar altında güvenli şekilde iniş gerçekleştirmesi önemli bir teknik zorluk oluşturmaktadır. Önceki yaklaşımlar ağırlıklı olarak nesne tespiti ve sensör entegrasyonuna odaklanırken, bu çalışmada jet motoru alev tespiti gibi ilave algılama bileşenleri sisteme entegre edilerek güvenli iniş kabiliyeti önemli ölçüde artırılmıştır. Önerilen sistem; derin öğrenme tabanlı nesne tespiti, sensör verileri, eğim analizi ve termal görüntüleme yöntemlerini bütünsel bir yapı altında birleştirilerek güvenli iniş stratejileri oluşturmaktadır. Raspberry Pi 3 Model B+ platformu üzerinde OpenCV ve TensorFlow kütüphaneleri kullanılarak, İHA'nın iniş rotasında yer alan nesneler tespit edilmiştir. Ayrıca, Google Earth Engine üzerinden elde edilen dijital yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılarak iniş alanlarının eğim analizi gerçekleştirilmiş ve çevresel riskler belirlenmiştir. Arduino tabanlı ultrasonik sensörler ve radar simülasyonları aracılığıyla iniş sırasında karşılaşılan engeller gerçek zamanlı olarak analiz edilmiştir. Jet motoru alevlerinin tespiti amacıyla kızılötesi termal görüntüleyici sensör verileri kullanılmış ve renk tabanlı segmentasyon yöntemleri uygulanarak farklı özel renk aralıkları üzerinden alev bölgeleri yüksek hassasiyetle belirlenmiştir. Geliştirilen sistem, İHA'ların operasyonel güvenliğini artırmayı, iniş risklerini azaltmayı ve genel görev verimliliğini iyileştirmeyi hedeflemektedir.

Anahtar Kelimeler: Otonom İHA, derin öğrenme, nesne tespiti, sensör verileri, eğim analizi

A SECURE LANDING SYSTEM FOR AUTONOMOUS UAVs BASED ON DEEP LEARNING AND SLOPE ANALYSIS WITH THERMAL SENSOR SUPPORT

ABSTRACT

This study presents an integrated solution approach aimed at improving the safe landing and takeoff processes of autonomous unmanned aerial vehicles (UAVs). In recent years, the application areas of UAVs have expanded rapidly, with critical roles in sectors such as defense, agriculture, and logistics. However, ensuring safe landing under environmental obstacles and adverse conditions remains a significant technical challenge. While previous approaches have primarily focused on object detection and sensor integration, this study significantly enhances the secure landing capability by integrating additional perception components, such as jet engine flame detection. The proposed system combines deep learning-based object detection, sensor data, slope analysis, and thermal imaging methods within a unified framework to generate safe landing strategies. Object detection along the UAV landing trajectory is performed using OpenCV and TensorFlow on a Raspberry Pi 3 Model B+ platform. In addition, slope analysis of potential landing areas is conducted using digital elevation model (DEM) data obtained from Google Earth Engine to identify environmental risks. Arduino-based ultrasonic sensors and radar simulations are employed to analyze obstacles encountered during landing in real time. Furthermore, infrared thermal imaging sensor data are utilized for the detection of jet engine flames, where flame regions are accurately identified through color-based segmentation techniques using multiple predefined color ranges. This flame detection approach provides critical security insights, particularly for military operations. The developed system aims to enhance the operational safety of UAVs, reduce landing-related risks, and improve overall mission efficiency.

Keywords: Autonomous UAV, deep learning, object detection, sensor data, slope analysis, safe landing

I. GİRİŞ

Son yıllarda dünya, hızla gelişen bir teknoloji çağına girmiş; ileri teknolojilerin günlük yaşamın hemen her alanında yaygın biçimde kullanılmasıyla yaşam kalitesi ve verimlilik önemli ölçüde artmıştır. Bu dönemin en kritik unsurlarından biri yapay zekâdır; birçok alanda büyük atılımlar sağlayan yapay zekâ, derin öğrenme gibi gelişmiş yöntemlerle görüntü sınıflandırma ve video analizi gibi alanlarda etkili çözümler sunmaktadır [1-2]. Gelişen teknoloji ile birlikte insansız hava araçlarının (İHA) kullanım alanları genişlemiş, derin öğrenme sayesinde bu araçların nesne tanıma ve tespit yetenekleri geliştirilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada, İHA'ların güvenilir iniş yapabilmesi ve olası olumsuz durumlarda acil duruma geçerek zarar görmesini önlemeyi hedeflemektedir. Bu bildiri kapsamında,

İHA'lar tarafından elde edilen görüntüler üzerinden derin öğrenme algoritmaları kullanılarak canlı ve cansız nesnelerin tespiti ve tanınması amaçlanmakta, ek olarak İHA üzerinde bulunan sensörlerden alınan verilerle inişin daha güvenli ve kusursuz gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır [3]. Savunma sanayi başta olmak üzere İHA'ların kullanıldığı tüm alanlarda önemli bir ihtiyacı karşılamayı hedefleyen bu çalışma, ülkemizin bu teknolojide üst düzey ürünler geliştirmesine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın amacı, insansız hava araçlarının iniş ve uçuş esnasında hasar almasını önlemek ve bu araçların kullanımını kolaylaştırmaktır. Bu amaç doğrultusunda, derin öğrenme yöntemleri ile görüntü işleme ve sensör verileri kullanılarak insansız hava araçlarının iniş zorluğunu minimize etmek hedeflenmektedir. Çalışma kapsamında, insansız hava araçlarına yerleştirilecek kamera ve sensörler yardımıyla elde edilen veriler analiz edilerek güvenli iniş sağlanacaktır. Bu çalışmada, çeşitli teknolojileri bir araya getirerek görüntü işleme ve veri analizi alanlarında kapsamlı çözümler sunulmuştur. İlk olarak, Raspberry Pi 3 Model B+ OpenCV ve Python kullanılarak gerçek zamanlı nesne tespiti gerçekleştirilmiştir [4]. TensorFlow ile eğitilmiş bir model, Raspberry Pi'ye bağlı kameradan alınan görüntülerde nesneleri tespit etmiş ve etiketlemiştir [5]. İkinci olarak, farklı yüzey türlerini tespit etmek ve etiketlemek için OpenCV ile renk tabanlı segmentasyon yapılmıştır. Üçüncü olarak, Google Earth Engine kullanılarak dijital yükseklik modeli verileri toplanmış ve eğim analizi ile 3D görselleştirme yapılmıştır [6]. Dördüncü olarak, Arduino platformunda bir ultrasonik sensör ve servo motor kullanılarak mesafe ölçümü yapılmış ve sonuçlar çevre haritalama gibi uygulamalarda kullanılmıştır [7]. Son olarak, Arduino'dan gelen veriler Processing ortamında radar simülasyonu olarak görselleştirilmiş; çevresel engeller radar üzerinde gösterilmiş ve hareket stratejileri geliştirilmiştir.

Çalışmanın II. bölümünde önerilen yöntemler ve makine öğrenimi eğitiminin aşamaları detaylı olarak anlatılmaktadır. III. bölümde çalışmada kullanılan veri seti ve deney sonuçları aktarılmaktadır. Son bölümde ise elde edilen sonuçlar yorumlanmıştır.

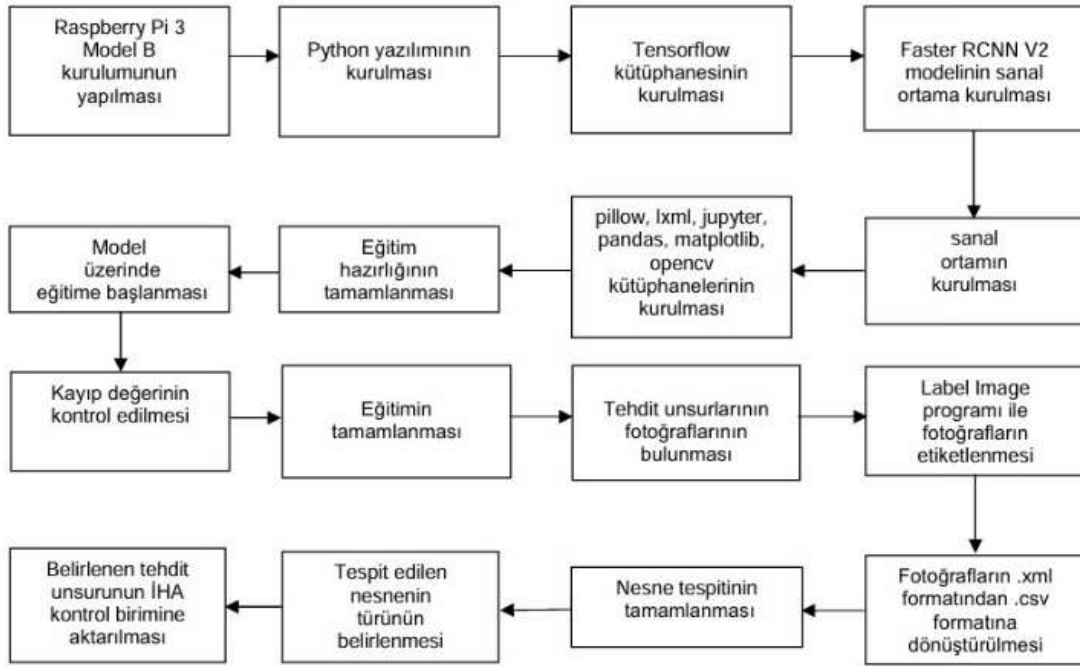
II. SİSTEM MODELİ

Bu çalışmada geliştirilen sistem, otonom İHA'ların güvenli iniş ve kalkışını sağlamak amacıyla çok katmanlı bir mimari üzerinde inşa edilmiştir. Sistemin en önemli katkılarından biri, literatürdeki çalışmalardan farklı olarak, jet motoru alevlerinin hem RGB hem de termal sensor verileriyle tespit edilmesidir [1]. Bu özellikle, İHA'nın sadece iniş güvenliği değil, aynı zamanda operasyonel tehditlerin analizi için de kullanılmasını sağlamaktadır. Bu amaç doğrultusunda, sistemde görüntü işleme algoritmaları, derin öğrenme modelleri, eğim analizi ve sensör verilerinin entegrasyonu gibi çeşitli teknolojiler kullanılmıştır. İHA, iniş sırasında gerçek zamanlı olarak çevresini analiz etmekte ve potansiyel tehditleri tespit ederek güvenli

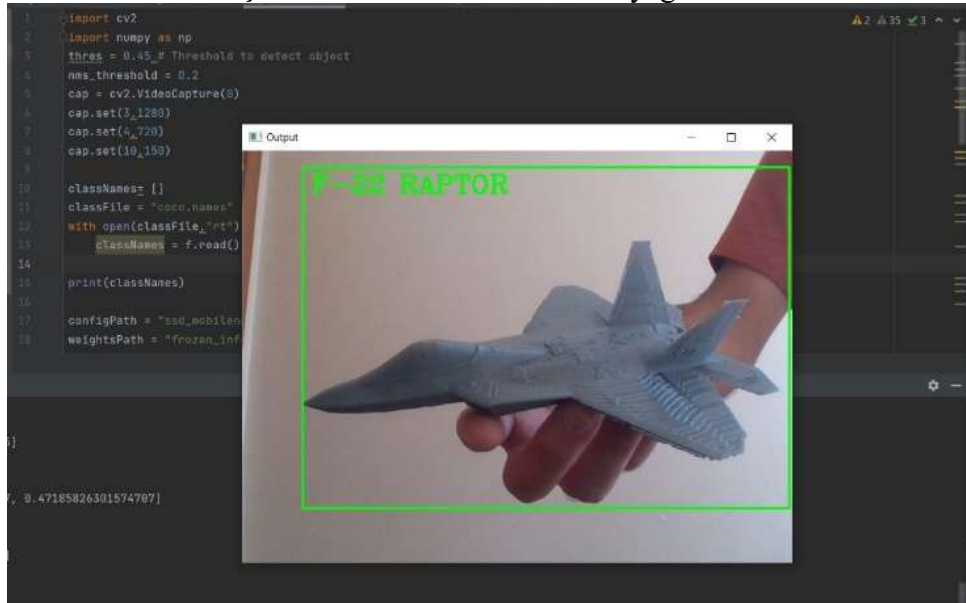
iniş yapabileceği bir alan belirlemektedir. Bu süreçte, Raspberry Pi 3 Model B+ platformu üzerinde çalışan OpenCV ve TensorFlow kütüphaneleri kullanılarak, İHA'nın yerleşik kamerası aracılığıyla toplanan görüntüler üzerinde nesne tespiti yapılmakta, yüzey analizi gerçekleştirilmektedir. Aynı zamanda, Arduino tabanlı sensörler yardımıyla çevresel engeller tespit edilerek bu veriler radar simülasyonu ile görselleştirilmektedir. Buna ek olarak, sistemde jet motoru alevlerinin optik olarak tespiti amacıyla renk tabanlı segmentasyon yöntemleri geliştirilmiş ve bu yöntemlerle alevin farklı spektral dağılımlarına karşılık gelen özel renk aralıkları tanımlanmıştır. Alevin görsel görünümüne dayalı bu tespit yaklaşımı, GY-AMG8833 kızılötesi termal görüntüleyici sensör modülünden elde edilen sıcaklık verileriyle desteklenmiştir. Böylece sadece RGB görüntü tabanlı algılama değil, aynı zamanda termal veriye dayalı doğrulama ile daha hassas ve güvenilir bir tespit gerçekleştirilmiştir. Bu özellik, İHA'yı sadece bir iniş-kalkış aracı olmaktan çıkarıp aynı zamanda seyyar bir görsel ve termal radar destek sistemine dönüştürmekte ve askeri operasyonlarda kritik güvenlik analizlerine katkı sağlamaktadır.

III. GERÇEK ZAMANLI NESNE TESPİTİ

Gerçek zamanlı nesne tespiti, sistemin temel yapı taşlarından biridir ve İHA'nın iniş alanını güvenli bir şekilde seçmesine yardımcı olur. Bu işlem, Raspberry Pi 3 Model B+ üzerinde çalışan bir derin öğrenme modeli tarafından gerçekleştirilir. TensorFlow ile eğitilmiş nesne algılama modeli, İHA'ya bağlı kameradan gelen görüntüleri analiz eder ve iniş sırasında karşılaşılabilecek olası engelleri tespit eder. Bu engeller, nesnelerin sınıf isimleriyle etiketlenir ve sınıf kimlikleri, sınır kutuları ile birlikte görüntü üzerine yerleştirilir [8]. Kullanılan nesne algılama modeli, COCO veri seti ile eğitilmiş olup, birçok yaygın nesneyi tanıma kapasitesine sahiptir. Model, OpenCV'nin DNN (Derin Sinir Ağı) modülü ile entegre edilmiştir ve bu sayede İHA'nın yerleşik kamerası üzerinden aldığı görüntülerdeki nesneleri gerçek zamanlı olarak tanır ve tespit eder [9]. Bu tespit süreci, İHA'nın olası bir çarpışma veya engelden kaçınarak güvenli iniş yapabilmesi için kritik öneme sahiptir.



Şekil 1. Sistem modeli blok diyagramı.

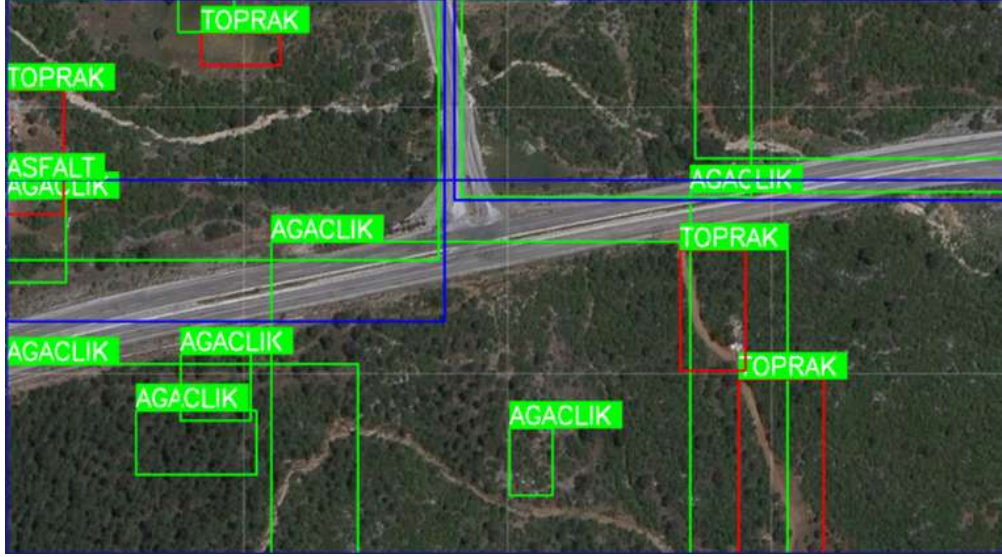


Şekil 2. Gerçek zamanlı tespit edilen nesnelerin fotoğrafları.

A. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE YÜZEY ANALİZİ

Görüntü işleme, İHA'nın güvenli iniş yapacağı yüzeyleri tespit etmesi ve yüzey türlerini sınıflandırması için kullanılır. Bu adımda OpenCV ve NumPy kütüphaneleri kullanılarak, kamera tarafından alınan görüntüler üzerinde renk tabanlı segmentasyon gerçekleştirilir. İniş yapılacak yüzeyin özelliklerini daha iyi anlamak için görüntü, RGB renk uzayından HSV (Hue, Saturation, Value) renk uzayına dönüştürülür [10]. Bu dönüşüm, renk tabanlı işlemleri kolaylaştırır ve belirli yüzey türlerini (örneğin çim, asfalt, toprak) ayırt etmeyi sağlar. Her bir yüzey türüne karşılık gelen renk aralıkları tanımlanır ve bu renk aralıklarına uyan pikseller, cv2.inRange() fonksiyonu kullanılarak maskeleme işlemi ile seçilir. Sonrasında, görüntüdeki küçük hataları ve gürültüleri gidermek için morfolojik işlemler uygulanır. Bu işlemler

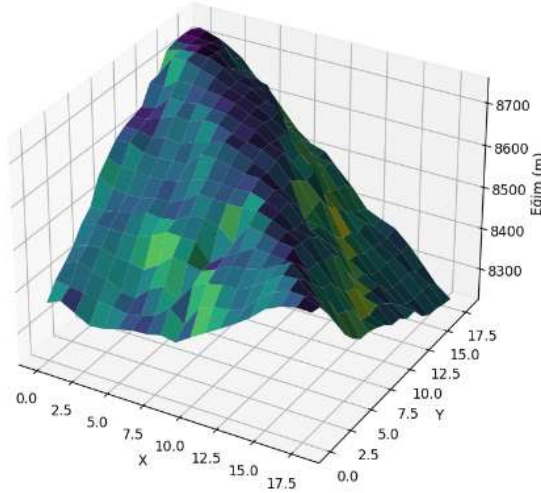
sonucunda, yüzeyin güvenli olup olmadığını belirlemek için detaylı bir yüzey analizi gerçekleştirilir. İHA bu sayede iniş yapılacak uygun bölgeleri belirler ve güvenli iniş yapabilmek için gerekli alanları tanır.



Şekil 3. Görüntü işleme ile yapılan yüzey analizi.

B. EĞİM ANALİZİ

İHA'nın iniş yapacağı alanın topografik özelliklerini değerlendirmek ve eğimli bölgelerden kaçınmak için dijital yükseklik modeli (DEM) verileri kullanılarak eğim analizi yapılır [11]. Bu adımda, Google Earth Engine (GEE) üzerinden elde edilen DEM verileri Python ortamında işlenir. İlk olarak, belirli bir coğrafi bölge seçilir ve bu bölgeden uygun yükseklik verileri alınır. GEE, küresel ölçekte kullanılabilen SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) verilerini sağlar ve bu veriler İHA'nın iniş yapacağı yüzeyin yüksekliğini ve eğimini piksel bazında gösterir [12]. Yükseklik verileri numpy kütüphanesi kullanılarak analiz edilir ve yükseklik değişim oranları matplotlib kullanılarak 3 boyutlu bir model olarak görselleştirilir [13-14]. Eğim bileşenlerinin hesaplanmasıyla, yüzeyin eğimli olup olmadığı belirlenir. Eğimli yüzeyler, iniş sırasında İHA için tehlikeli olabilir, bu nedenle eğim analizi güvenli iniş yapılacak düz alanları tespit etmek için hayati öneme sahiptir. Bu analiz sonucunda, İHA'nın yalnızca güvenli, düz ve uygun eğime sahip alanlara iniş yapması sağlanır.



Şekil 4. Eğim analizi uygulaması.

C. RADAR SENSÖRLERİ İLE ÇEVRESEL ENGELLERİN TESPİTİ

İHA'nın iniş sırasında çevresel engelleri tespit etmesi ve bunlardan kaçınması için Arduino tabanlı bir ultrasonik sensör sistemi kullanılır. HC-SR04 ultrasonik sensörü, İHA'nın çevresindeki nesnelerle arasındaki mesafeyi ölçer. Bu sensör, ses dalgaları göndererek ve bu dalgaların geri dönüş süresini ölçerek mesafeyi hesaplar. Sensör sistemi, servo motorlar yardımıyla belirli bir açı aralığında hareket ederek geniş bir tarama alanı oluşturur. Bu sayede, İHA'nın etrafındaki tüm potansiyel engeller belirlenir ve engellerin pozisyonu radar simülasyonu ile görselleştirilir. Sensörlerden elde edilen veriler, Arduino platformunda işlenir ve bu veriler Processing yazılımı ile gerçek zamanlı olarak radar ekranında gösterilir [15]. Radar simülasyonu, engellerin tespit edilip bunların sınır kutuları ve mesafe bilgileri ile görselleştirilmesini sağlar. İHA, bu verileri kullanarak, iniş rotasında karşılaşılabileceği engellerden kaçınır ve güvenli bir iniş stratejisi oluşturur.

D. JET MOTORU ALEVLERİNİN OPTİK OLARAK TESPİTİ

İHA'nın görev sırasında jet motoru kaynaklı alevleri tespit edebilmesi amacıyla, görüntü işleme tabanlı bir alev algılama sistemi geliştirilmiştir. Bu sistem, özellikle alevlerin klasik radar sistemlerinde görünmez kalma riskini ortadan kaldırmak ve görsel temelli analiz kabiliyeti kazandırmak üzere tasarlanmıştır. RGB görüntülerde belirgin şekilde görülebilen alev renkleri, HSV renk uzayında tanımlanan özel renk aralıklarıyla tespit edilmektedir. Bu işlemde OpenCV kütüphanesi ile renk eşikleme ve kontur analizleri yapılmakta, tespit edilen alev bölgeleri görüntü üzerinde sınır kutuları ile işaretlenmektedir. Renk tabanlı segmentasyona ek olarak, GY-AMG8833 kızılötesi termal sensör modülünden alınan sıcaklık verileri kullanılarak alev tespitleri doğrulanmakta ve sıcaklık seviyelerine göre sınıflandırılmaktadır [16]. Bu sayede hem görünür ışık spektrumundaki renklerden hem de kızılötesi termal sinyallerden faydalanılarak daha hassas bir tespit sağlanmaktadır. Bu çok katmanlı algılama mimarisi sayesinde, İHA sadece pasif gözlem yapmakla kalmaz, aynı

zamanda jet motorlarından kaynaklanan yüksek sıcaklık bölgelerini de görsel olarak analiz ederek, seyyar bir radar destek ünitesi gibi davranabilir.



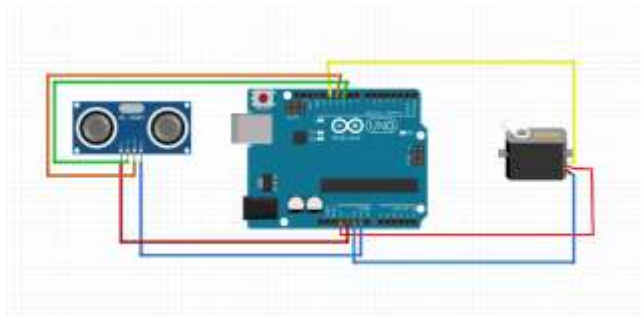
Şekil 5. Tespit edilen alev bölgelerinin fotoğrafları.



Şekil 6. Alev tespiti yapılan noktaya ait fotoğraf.

IV. DEVRE TASARIMI

Bu çalışmada, bir Arduino Uno kullanılarak ultrasonik mesafe sensörü (HC-SR04) ve bir servo motoru kontrol eden bir devre tasarlanmıştır. Bu tür devreler, genellikle robotik uygulamalarda ve engel algılama sistemlerinde kullanılmaktadır [17]. Bu bildirideki temel kullanım amacı, insansız hava aracına doğru yaklaşan tehditleri algılamaktır. Devre tasarımına başlamadan önce gerekli malzemelerin listesi hazırlanmıştır. Malzemelerin belirlenmesinin ardından devre, Fritzing yazılımında çizilmiş ve test edilmiştir. Testlerin başarılı olmasının ardından, Şekil 7’de gösterildiği gibi devrenin kurulumu tamamlanmıştır.



Şekil 7. HC-SR04 ile mikrodenetleyici bağlantısının Fritzing çizimi.



Şekil 9. Önerilen çalışmaya ait devre kurulumu.

Bu devre, insansız hava aracına yaklaşan yırtıcı kuşlar veya diğer insansız hava araçları gibi tehdit unsurlarını algılamak için kullanılmaktadır. Çalışma sırasında, servo motor HC-SR04 sensörünün çevreyi 160 derecelik bir açıyla taramasını sağlar. Tarama sırasında, HC-SR04 sensörü menziline bir tehdit unsuru girdiğinde gerekli uyarıyı verir.

V. SONUÇ

Bu çalışmada, insansız hava araçlarının (İHA) güvenli iniş ve kalkış süreçlerini optimize etmek amacıyla derin öğrenme, görüntü işleme ve sensör verileri entegrasyonu kullanılarak çok katmanlı bir sistem geliştirilmiştir. Raspberry Pi 3 Model B+ üzerinde TensorFlow ve OpenCV kütüphaneleriyle nesne tespiti ve yüzey sınıflandırması yapılmış, Google Earth Engine ile eğim analizi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, Arduino tabanlı ultrasonik sensörlerle çevresel engeller algılanmış ve radar simülasyonu ile görselleştirilmiştir. Buna ek olarak, sistemin yeni geliştirilen bileşeninde jet motoru kaynaklı alevlerin tespiti için özel renk aralıklarına dayalı segmentasyon algoritmaları geliştirilmiş, bu sayede görünür spektrumdaki sıcak gaz jetlerinin hassas şekilde tespiti sağlanmıştır. Renk tabanlı segmentasyonun yanı sıra kızılötesi termal sensör verileri de değerlendirilerek sıcaklık temelli doğrulama yapılmıştır. Bu sistem, İHA'ların iniş alanlarını güvenli bir şekilde belirlemesine ve çevresel engellerden kaçınmasına yardımcı olur. Ayrıca, jet motoru alevlerinin hassas tespiti ile entegre edilen filtreleme mekanizmaları sayesinde, optik ve termal düzlemde doğru analizler yapılabilmekte; böylece yanlış pozitifler minimize edilerek sistemin güvenilirliği artırılmaktadır. Sonuçlar, sistemin güvenli iniş süreçlerinde etkin olduğunu, çevresel engellerin başarıyla tespit edildiğini ve aynı zamanda kritik güvenlik analizleri için alev tespitinde yüksek doğruluk sağladığını göstermiştir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 1919B012306441 başvurusu numarası ile TÜBİTAK 2209-A üniversite öğrencileri araştırma projeleri destekleme programı kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Sarı, S. Köse, “Otonom İHA Sistemlerinde Güvenli İniş-Kalkış için bir Çözüm Yaklaşımı”, International Scientific Research and Innovation Congress-2, 16-18 Aralık 2024, Adana 2024, s.1050-1056.
- [2] Ö. Kutlu, “İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Görüntülerin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2019.
- [3] Ö. Aydoğdu, “İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş”, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 297-303, 2020.
- [4] What is a Raspberry Pi?
<https://opensource.com/resources/raspberry-pi> (Erişim zamanı; Kasım, 2023)
- [5] Introduction to Tensorflow
https://cgi.csc.liv.ac.uk/~xiaowei/ai_materials_2019/19-Introduction-to-Tensorflow.pdf (Erişim zamanı; Ocak, 2024)
- [6] What is Google Earth Engine ?
<https://www.google.com/earth/education/tools/google-earth-engine/#:~:text=Google%20Earth%20Engine%20is%20a,natural%20resource%20management%2C%20and%20more> (Erişim zamanı; Ocak, 2024)
- [7] Topal A., Yiğit T. “İnsansız Kara Araçları İçin LIDAR Teknolojisi Kullanılarak 3B Ortam Haritalama Sistemi” Int. J. of 3D Printing Tech. Dig. Ind., 5(2): 171-186, 2021.
- [8] H. Lee, J. Lee, H. Choi, “Parallelization of Non-Maximum Suppression”, IEEE Access, 2169-3536, 2021.
- [9] ObjectDetector-OpenCV
https://github.com/ankityddv/ObjectDetector-OpenCV/blob/main/ssd_mobilenet_v3_large_coco_2020_01_14.ptxt (Erişim zamanı; Şubat 2024)
- [10] M. Yüzkat, H. O. İlhan, N. Aydın, “Effects of Color Space Transformations on Classification Performance of Sperm Morphology”, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 2021.
- [11] Çakır L., “Sayısal Yükseklik Modellerinde Klasik ve Esnek Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması.”, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, Turkey. 2015.
- [12] U.S. Geological Survey, “Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)”, Fact Sheet, 10.3133/fs07103, 2003.
- [13] What does numpy.gradient do?
<https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.gradient.html> (Erişim zamanı; Mart 2024)
- [14] N. Ari, M. Ustazhanov, “Matplotlib in python”, IEEE Xplore, 10.1109/icecco.2014.6997585, 2014.
- [15] What is Processing ?
<https://processing.org/overview> (Erişim zamanı; Mart 2024)
- [16] Sümbül, H., Çolak, H. (2020). Robotik Kodlama Eğitim Setinin Tasarlanması ve Oluşturulması. Bilge International Journal of Science and Technology Research, 4 (2): 103-109.
- [17] Infrared Sensor: What Is It & How Does It Work?
<https://getsafeandsound.com/blog/infrared-sensor/> (Erişim zamanı: Haziran 2025)

ENGELSİZ YAŞAM İÇİN AKILLI BASTON**Emir KARA**

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0009-0001-1089-5843**Uğur KARABIÇAK**

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0009-0003-4906-2130**Mustafa NAMDAR**

Kutahya Dumlupınar University, Electrical and Electronics Engineering Department, 43100,
Kutahya

ORCID: 0000-0002-3522-4608**Arif BAŞGÜMÜŞ**

Bursa Uludağ University, Electrical and Electronics Engineering Department, 16059, Bursa

ORCID: 0000-0002-0611-3220**ÖZET**

Bu çalışmada, görme engelli bireylerin bağımsız hareket kabiliyetlerini artırmak amacıyla geliştirilen, çok sensörlü ve veri odaklı bir akıllı baston sisteminin tasarımı, donanımsal altyapısı ve performans değerlendirmesi sunulmaktadır. Dünya genelinde milyonlarca insan görme kaybı ile yaşamakta olup, bu bireyler günlük yaşamda çevresel engelleri algılama, yön bulma ve güvenli hareket etme konusunda ciddi zorluklarla karşılaşmaktadır. Mevcut çözümler genellikle tekil sensör yapıları veya sınırlı kullanım senaryoları sunmakta, bu da gerçek hayattaki dinamik ortamlarda yetersiz kalabilmektedir. Bu bağlamda, düşük maliyetli, çoklu sensör destekli ve IoT tabanlı bir yardımcı sistem geliştirilmesi önemli bir ihtiyaç hâline gelmiştir. Önerilen akıllı baston sisteminde ESP32 tabanlı bir mikrodenetleyici kullanılmış olup, sistem Wi-Fi ve Bluetooth haberleşme altyapısı ile desteklenmiştir. Cihaza entegre edilen HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörleri sayesinde çevredeki engeller belirli bir mesafeden algılanmakta ve kullanıcıya sesli ya da titreşimli geri bildirimler sunulmaktadır. Böylece, özellikle kalabalık ve karmaşık ortamlarda güvenli navigasyon sağlanmaktadır. Ayrıca, GPS tabanlı konum takibi ile kullanıcının bulunduğu konum sürekli izlenmekte ve acil durumlarda önceden tanımlanmış kişilere bildirim gönderilebilmektedir. Sistem, IoT tabanlı yapısı sayesinde sensör ve konum verilerini gerçek zamanlı olarak sunucuya veya mobil cihazlara aktarabilmektedir. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda, geliştirilen akıllı bastonun çevresel farkındalığı artırdığı, engel algılama başarımının yüksek olduğu ve görme engelli bireylerin güvenli ve bağımsız hareket kabiliyetini etkin biçimde desteklediği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı baston; görme engelliler; ultrasonik sensörler; GPS; IoT; ESP32

SMART WALKING STICK FOR AN INCLUSIVE LIFE

ABSTRACT

This study presents the design, hardware architecture, and performance evaluation of a multi-sensor and data-driven smart walking stick developed to enhance the independent mobility of visually impaired individuals. Millions of people worldwide live with visual impairment, and these individuals face significant challenges in perceiving environmental obstacles, navigating their surroundings, and moving safely in daily life. Existing solutions often rely on single-sensor structures or limited usage scenarios, which may be inadequate in dynamic real-world environments. In this context, the development of a low-cost, multi-sensor-supported, and IoT-based assistive system has become an important necessity. In the proposed smart walking stick system, an ESP32-based microcontroller is employed, supported by Wi-Fi and Bluetooth communication infrastructure. Environmental obstacles are detected at a certain distance using integrated HC-SR04 ultrasonic sensors, and the user is informed through auditory or vibrational feedback. This approach enables safe navigation, particularly in crowded and complex environments. In addition, GPS-based location tracking continuously monitors the user's position and allows notifications to be sent to predefined contacts in emergency situations. Thanks to its IoT-based architecture, the system transmits sensor and location data to a server or mobile devices in real time. Experimental results demonstrate that the developed smart walking stick increases environmental awareness, achieves high obstacle detection performance, and effectively supports the safe and independent mobility of visually impaired individuals.

Keywords: Smart walking stick; visually impaired; ultrasonic sensors; GPS; IoT; ESP32

VI. GİRİŞ

Dünya genelinde yaklaşık 43 milyon insan görme kaybı ile yaşamaktadır; bu sayı, dünya nüfusunun yaklaşık %0,5'ine karşılık gelmektedir [1]. Ayrıca, 295 milyon kişi orta ila şiddetli görme kaybı yaşamaktadır [2]. Görme engelli bireyler, çevresel engelleri algılayamama, yön bulma güçlükleri ve sosyal izolasyon gibi günlük yaşamda önemli zorluklarla karşılaşmaktadırlar [3]. Bu zorlukların üstesinden gelmek için geliştirilen teknolojik çözümler, görme engelli bireylerin bağımsızlıklarını artırmakta ve toplumsal hayata daha etkin katılımlarını sağlamaktadır. Görme engelli bireylerin günlük yaşantısında karşılaşacağı zorluklara (canlılar, taşıtlar, nesneler) karşı güvenli bir hareket alanı içerisinde olmalı ve ona göre hareket etmelidir. Bu sorun hakkında en sık kullanılan çözüm yolu sarı şeritli yollardır ancak bu şeritler genellikle kalabalık alanlar veya alışveriş merkezi gibi insanların yoğun olduğu yerler dışında kullanılmamaktadır [4].

Günümüzde görme engelliler için tasarlanan akıllı bastonlar yapay zekanın insan hayatına girişiyle beraber kullanımı yaygınlaşan teknolojik ürünlerdir [5]-[6]. Bu bağlamda, literatürde birçok “akıllı baston” çalışması geliştirilmiştir. Bu çalışmalar, günlük olarak sık kullanılan alanlara (market, manav vb.) hareketi kolaylaştırmakta ve aynı zamanda kişisel olarak hareket engeli bulunan bireyleri günlük yürüyüşlerini gerçekleştirebilecekleri yerlere (mahalle, sokak vb.) yönlendirebilmektedir. Örneğin, Suhair tarafından geliştirilen düşük maliyetli akıllı baston, ESP8266 mikrodenetleyici ve ultrasonik sensörleri entegre ederek engel tespiti ve titreşimli geri bildirim sağlamaktadır. Çalışma, hem erişilebilir fiyat hem de gerçek zamanlı uyarı mekanizmaları ile görme engellilerin güvenliğini artırmayı hedeflemiştir [7]. Benzer şekilde, Babu tarafından önerilen *Safeway Companion* sistemi, yalnızca engel algılama ile sınırlı kalmayıp toplu taşıma kullanımında da destek sağlamaktadır. Çalışmada, sesli asistan ve otobüsle haberleşme modülü entegre edilerek, görme engelli bireylerin bağımsız bir şekilde toplu taşıma araçlarını kullanabilmeleri hedeflenmiştir [8].

Diğer taraftan, Chavan tarafından geliştirilen *Smart Blind Stick* projesinde ultrasonik sensör, servo motor ve titreşimli uyarı mekanizmaları kullanılmıştır. Bu sistem, özellikle kalabalık ortamlarda engelleri yan açılardan da algılayarak kullanıcıya sesli ve titreşimli uyarılar sağlamaktadır. Ayrıca GPS ve IoT entegrasyonu gibi ek modüllerle acil durum desteği ve uzaktan takip özellikleri de önerilmiştir [9].

Literatürdeki bu çalışmalar, engel tespiti, sesli/titreşimli uyarılar, GPS/GSM entegrasyonu ve toplu taşıma desteği gibi farklı yönleri ele almaktadır. Ancak mevcut sistemlerin büyük kısmı ya yüksek maliyetli olmakta ya da yalnızca belirli bir kullanım senaryosuna odaklanmaktadır [10]. Bu nedenle, hem erişilebilir fiyatlı hem de çoklu fonksiyonlara sahip yeni nesil akıllı baston çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, yapay zeka ve gelişen teknoloji unsurları kullanılarak bireylerin yaşamları önemli ölçüde kolaylaştırılmaktadır. Arduino tabanlı GPS ve sensörle donatılmış bu akıllı baston, kullanıcının çevresini algılayarak karşımıza çıkacak engellere karşı hassas bir şekilde tepki verme yeteneğine sahiptir. Ses veya titreşim gibi anlık geribildirimler aracılığıyla kullanıcıyı uyararak güvenli bir hareket sağlamaktadır. Önerilen yaklaşım aynı zamanda kullanıcının konum bilgisini sürekli güncelleyerek, bastonun kullanıldığı yerlere ilişkin detaylı bilgileri depolayarak ve yeni yerlere gidildikçe veri tabanını genişleterek hizmet verir. Bu çalışma kapsamında geliştirilen akıllı baston, görme engelli bireylerin güvenli ve bağımsız bir şekilde hareket etmelerini desteklemek amacıyla tasarlanmış ve kapsamlı testlerden geçirilmiştir. Yapılan testler sonucunda, önerilen model oluşturulmuş ve performans analizleri ile ilgili çıktılar sunulmuştur.

Çalışmanın II. bölümünde akıllı bastonun donanımsal yapısını oluşturan devre modelleri ile birlikte, sistemin işleyişini sağlayan temel algoritmaların tasarımı ve uygulanmasına dair detaylar sunulmaktadır. III. Bölümde ise geliştirilen sistemin işlevselliği çeşitli parametreler üzerinden test edilerek performans değerlendirmeleri yapılarak, elde edilen sonuçlar teknik açıdan analiz edilmektedir. Son bölümde ise bu çalışmanın bulguları özetlenmiş ve akıllı baston sisteminin görme engelli bireyler için sunduğu faydalar vurgulanmıştır. Ayrıca, sistemin gelecekteki geliştirme olanakları hakkında bilgiler verilmiştir.

VII. SİSTEM MODELİ

Bu çalışmada, sistemin donanımsal altyapısını oluşturmak üzere ESP32 mikrodenetleyici , NEO-6M GPS modülü , HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü ve buzzer bileşenleri kullanılmıştır [11]-[12]-[13]. Başlangıçta Arduino Uno ile gerçekleştirilen devre tasarımı, işlevsellik ve entegrasyon kolaylığı açısından ESP32 platformuna taşınmıştır. Güç ihtiyacı AAA pillerle sağlanmış, tüm bileşenler bir arada çalışacak şekilde yapılandırılmış ve test edilmiştir [14].

D. MALZEME SEÇİMİ

Önerilen yaklaşımda başlangıçta Arduino UNO R3 Klon (USB chip CH340) kartı kullanılarak sistem test edilmiştir [15]. Bu testler sonucunda sistemin ihtiyaç duyduğu giriş/çıkış özellikleri ve işlevsellik açısından ESP32 kartının yeterli olduğu görülmüştür. Her iki sistemle de çeşitli denemeler yapılmış olup, stabilite ve kullanım kolaylığı gibi parametreler dikkate alındığında, sistemin ESP32 kartı ile çalışmasının daha uygun olduğuna karar verilmiştir.

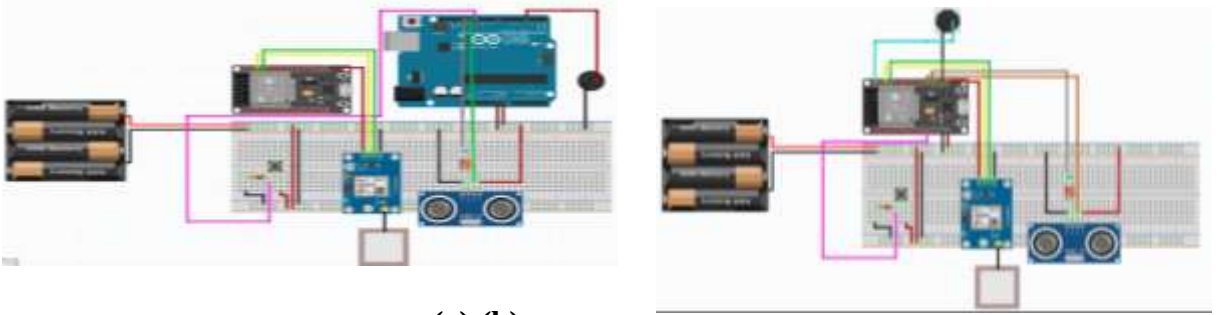


Şekil 1. Baston görünümü.

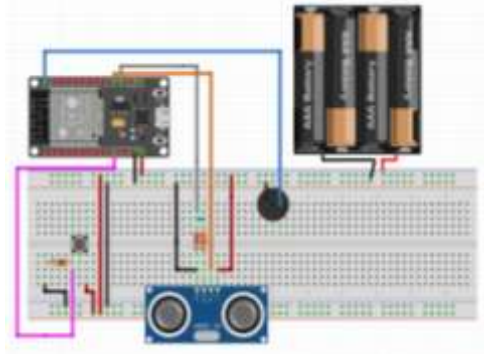
Bastonun hareketi, HCR-S04 sensöründen alınan sinyaller kullanılarak sağlanmıştır. Sensörlerden gelen veriler analiz edilip işlenerek, geri bildirim mekanizması sayesinde bastonun hareketinde gerekli değişimler gözlenmiştir. Böylelikle, ESP32 üzerinde sistemin hem donanımsal hem de yazılımsal olarak optimize edilmesi mümkün olmuştur. ESP32, güçlü Wi-Fi ve Bluetooth bağlantı özellikleri sayesinde yüksek hızlı ve kesintisiz iletişim imkânı

sunmaktadır. Çift modlu (dual-mode) Bluetooth (Bluetooth Classic ve Bluetooth Low Energy-BLE) desteği ile enerji verimliliği sağlarken, Wi-Fi üzerinden geniş kapsama alanında hızlı veri transferi gerçekleştirebilmektedir. Bu sayede, cihazlar arası iletişimde gecikme minimum seviyeye indirilirken, güvenilir bağlantı performansı elde edilmektedir. ESP32'nin bu güçlü bağlantı özellikleri, çalışmada kesintisiz veri aktarımı ve kullanıcı deneyiminin iyileştirilmesi açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır. NEO-6M GPS modülü yerine bilgisayara bağlanabilen veya uzaktan erişim sağlayan bir ESP modülü kullanılmaktadır. Bu modül, iki farklı yöntemle bilgisayar ile bağlantı kurabilir. İlk yöntemde, ESP belirli periyotlarla konum bilgilerini bilgisayara iletir ve bu sayede sürekli bir veri akışı sağlar. İkinci yöntemde ise Telegram uygulaması üzerinden veri paylaşımı yapılır [16]. Telegram platformu üzerinden gönderilen bildirimlerle ESP modülünden alınan konum bilgileri bilgisayara iletilir, böylece uzaktan da olsa iletişim sağlanır. Bu iki yöntem, gerçek zamanlı veri aktarımı ile iletişim ağı oluşturmaktadır.

Çalışmanın daha sade ve işlevsel bir yapıya kavuşturulması amacıyla farklı devre konfigürasyonları denenmiştir. Uygulanan bu alternatif devre yapıları Şekil 2a ve Şekil 2b'de sunulmaktadır. Denemeler sonucunda elde edilen en uygun ve stabil yapı ise Şekil 3'te nihai devre modeli olarak gösterilmiştir.



(a) (b)
Şekil 2. Alternatif devre modelleri.



Şekil 3. Nihai devre modeli.

E. SİSTEM ALGORİTMASI

Bu bölümde, geliştirilen sistemin işlevselliğini sağlayan yazılımsal altyapı detaylandırılmakta; kullanılan algoritmalar ve kodlama süreçleri teknik açıdan açıklanmaktadır. Kodların yazımı ve donanım ile entegrasyonu için Arduino IDE kullanılmış olup, algoritmalar donanım bileşenleriyle uyumlu şekilde yapılandırılmıştır [17].

Belirli Periyotlarda Konum Bilgisinin Bilgisayara Aktarılması:

ESP modülü bir mikrodenetleyici olarak görev alır ve bilgisayara USB aracılığıyla ya da Wi-Fi kullanarak belirli aralıklara konum bilgisi gönderilir. NEO-6M GPS modülü yerine ESP32 veriyi üretir veya sabit konum verileri kullanılmaktadır. Bu yöntemde ESP32, Wi-Fi üzerinden Flask sunucusuna bağlanarak haberleşme sağlanmaktadır. ESP modülü, belirli periyotlarla sabit bir konum bilgisini veya sensör üzerinden alınan konum bilgisini JSON formatında bilgisayara gönderir. Bilgisayar tarafında çalışan Python destekli Flask sunucusu, gelen bu veriyi işlemektedir. Bu veriler kaydedilip ekranda gösterilebilir ya da analiz edilebilir. Böylece, gerçek zamanlı veri aktarımı sunulabilmektedir.

```
1 #include <SPI.h>
2 #include <HTTIClient.h>
3
4 // Wi-Fi bağlantı bilgileri
5 const char* ssid = "WiFi_Adi"; // Bağlanacak Wi-Fi Ağ Adı (SSID)
6 const char* password = "WiFi_Parolası"; // Wi-Fi Şifresi
7
8 // Sunucu adresi (Flask sunucusu veya başka bir seri işleyici)
9 const char* serverUrl = "http://192.168.1.100:5000/location";
10
11 void setup() {
12     Serial.begin(115200); // Seri iletişimi başlatır
13     WiFi.begin(ssid, password); // Wi-Fi bağlantısını başlatır
14
15     Serial.println("Wi-Fi bağlantısı kuruluyor...");
16
17     // Wi-Fi bağlantısı sağlanana kadar bekle
18     while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
19         delay(3000);
20         Serial.print(".");
21     }
22
23     Serial.println("Wi-Fi bağlantısı başarılı");
24     Serial.print("IP Adresi: ");
25     Serial.println(WiFi.localIP()); // Bağlanan cihazın IP adresini gösterir
26 }
27
28 void loop() {
29     if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) { // Wi-Fi bağlantısı varsa
30         HTTPClient http; // HTTP istemcisi oluştur
31
32         Serial.println("Sunucuya konum bilgisi gönderiliyor...");
33
34         http.begin(serverUrl); // Sunucuya bağlan
35         http.addHeader("Content-Type", "application/json"); // JSON veri formatı belirtilir
36
37         // Gözet konum bilgisi JSON formatında oluşturuluyor
38         String jsonPayload = "{\"latitude\": 39.9207, \"longitude\": 32.8543}";
39
40         // HTTP POST istemi ile veriyi gönder
41         int httpResponseCode = http.POST(jsonPayload);
42
43         // Sunucudan gelen yanıt işleniyor
44         if (httpResponseCode > 0) {
45             String response = http.getString();
46             Serial.println("Sunucudan gelen cevap: " + response);
47         } else {
48             Serial.print("HTTP POST hatası: ");
49             Serial.println(httpResponseCode);
50         }
51
52         http.end(); // HTTP bağlantısını kapat
53     } else {
54         Serial.println("Wi-Fi bağlantısı kesildi! Tekrar bağlanmayı bekliyor...");
55     }
56     delay(5000); // 5 saniyede bir veri gönder
57 }
```

```
1 # Gerekli Flask modüllerini içe aktarır
2 from flask import Flask, request, jsonify
3
4 # Flask uygulamasının adıdır
5 app = Flask(__name__)
6
7 # ESP32 tarafından gönderilen konum verilerini almak için "/location" endpointi oluşturuluyor
8 @app.route("/location", methods=[ 'POST' ])
9 def receive_location():
10     """
11     ESP32'den HTTP POST istemiyle gönderdiği JSON formatındaki konum bilgilerini alır ve işler.
12     """
13     # Gelen JSON verisini alır
14     data = request.json
15
16     # JSON verisinden enlem (latitude) ve boylam (longitude) bilgilerini çıkar
17     latitude = data.get('latitude') # Gelen JSON'da 'latitude' varsa alır, yoksa None döner
18     longitude = data.get('longitude') # Gelen JSON'da 'longitude' varsa alır, yoksa None döner
19
20     # Gönderilecek konum bilgilerini gürültüyle (Sunucu tarafında log tutulmasını sağlar)
21     print("Gelen konum bilgisi: Enlem=[latitude], Boylam=[longitude]")
22
23     # Sunucudan başarılı bir şekilde veriyi alırsanız yanıtı dönüştürünüz.
24     return jsonify({"status": "success", "message": "Konum bilgisi alındı."})
25
26 # Flask sunucusunu başlatır
27 if __name__ == '__main__':
28     """
29     Flask sunucusunu başlatır,
30     host="0.0.0.0": Tüm ağ bağlantılarında gelen istekleri kabul eder.
31     port=5000: 5000 numaralı port üzerinde çalışır.
32     debug=True: Hata ayıklama modunu açar, değişiklikler anlık olarak yansır.
33     """
34     app.run(host="0.0.0.0", port=5000, debug=True)
```

Şekil 4. Konum bilgisi kod tasarımları.

Buzzer'ın Mesafe Sensörüne Entegre Bir Şekilde Çalıştırılması:

HC-SR04 ultrasonik sensör ile mesafe ölçümü yapar ve buzzer ile yakınlık uyarısı verir. Sensör belirlenen mesafe eşik değerinin (10 cm) altına düştüğünde buzzer çalar, aksi halde kapanır. Mesafe verileri seri monitöre yazdırılır ve her ölçüm 0,5 saniyede bir yapılır.

```

1 // Pin Tanımlamaları
2 const int trigPin = 34; // HC-SR04 TRIG pin
3 const int echoPin = 35; // HC-SR04 ECHO pin
4 const int buzzerPin = 12; // Buzzer pin
5
6 const int distanceThreshold = 10; // Mesafe sınırı (cm)
7
8 // Mesafe hesaplama değişkenleri
9 long duration;
10 int distance;
11
12 void setup() {
13   Serial.begin(115200); // Seri iletişimi için başlat
14
15   // Pin yönlendirme
16   pinMode(trigPin, OUTPUT);
17   pinMode(echoPin, INPUT);
18   pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
19 }
20
21 void loop() {
22   // Ultrasonik Sensör ile Mesafe Ölçme
23   digitalWrite(trigPin, LOW);
24   delayMicroseconds(2);
25   digitalWrite(trigPin, HIGH);
26   delayMicroseconds(10);
27   digitalWrite(trigPin, LOW);
28
29   duration = pulseIn(echoPin, HIGH); // Yansıtılan sinyal süresi (mikrosaniye)
30   distance = duration * 0.034 / 2; // Mesafeyi cm cinsinden çevir
31
32   // Seri Monitör'e Mesafeyi Yazdır
33   Serial.print("Mesafe: ");
34   Serial.println(distance);
35   Serial.println(" cm");
36
37   // Buzzer'ın Mesafe Sınırına Göre Aç/Kapat
38   if (distance < distanceThreshold) {
39     digitalWrite(buzzerPin, HIGH); // Mesafe sınırı buzzer çalıyor
40   } else {
41     digitalWrite(buzzerPin, LOW); // Mesafe sınırı buzzer kapalı
42   }
43
44   delay(500); // 0.5 saniye bekle
45 }

```

Şekil 5. Mesafe sensörü kod tasarımı.

```

1 #include <WiFi.h>
2 #include <WiFiClient.h>
3 #include <UniversalTelegramBot.h>
4
5 // Wi-Fi Bilgileri
6 const char* ssid = "WiFi_Ssid"; // Bağlanılan Wi-Fi Ağı
7 const char* password = "WiFi_Password"; // Wi-Fi Şifresi
8
9 // Telegram Bot Bilgileri
10 const char* BOTtoken = "BOT_TOKEN_BURASI"; // BotFather'dan alınan bot token
11 const char* BOT_ID = "BULANICI_OWL_ID"; // Telegram kullanıcı ID'si
12
13 // Wi-Fi Etiketli ve Telegram Bot Tanımlamaları
14 WiFiClientSecure client;
15 UniversalTelegramBot bot(BOTtoken, client);
16
17 void setup() {
18   Serial.begin(115200);
19
20   // Wi-Fi Bağlantısını Başlat
21   WiFi.begin(ssid, password);
22   Serial.println("Wi-Fi bağlantısı kuruluyor...");
23
24   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
25     delay(1000);
26     Serial.print(".");
27   }
28
29   Serial.println("Wi-Fi bağlantısı başarılı");
30   Serial.print("IP Adresi: ");
31   Serial.println(WiFi.localIP()); // Bağlanan cihazın IP adresini yazdır
32
33   client.setInsecure(); // SSL sertifikası kontrolü olmadan daha kolay bağlantı için gerekli
34 }
35
36 void loop() {
37   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED) { // Wi-Fi bağlantısı aktif mi kontrol et
38     String message = "Tüm Bilgiler: Sizin IP Adresiniz: " + WiFi.localIP();
39
40     // Telegram'a Mesaj Gönder
41     bot.sendMessage(BOT_ID, message, "");
42     Serial.println("Telegram'a mesaj başarıyla gönderildi");
43   } else {
44     Serial.println("Wi-Fi bağlantısı başarılı değil! Tekrar bağlantıya çalışıyor...");
45   }
46
47   delay(5000); // Her 5 saniye bir mesaj gönder
48 }

```

Şekil 6. Telegramla haberleşme kod tasarımı.

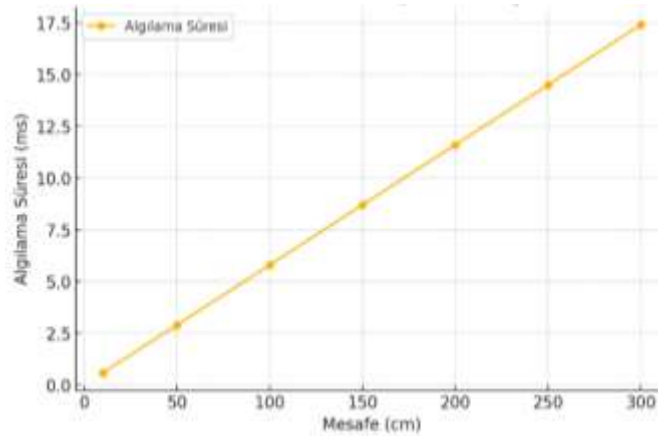
Telegram Üzerinden Konum Bilgisi Paylaşımı:

ESP32, Telegram botunu kullanarak konum bilgilerini bildirim(mesaj) olarak gönderir. Kullanıcı, bilgisayarı veya mobil cihazı aracılığıyla Telegram botu ile iletişim kurarak verileri elde edebilmektedir. Telegram uygulaması üzerinden bot oluşturulması için ilk olarak Telegram'da bulunan @BotFather ile iletişim kurulmaktadır. BotFather, botun oluşturulmasını ve yönetilmesini sağlamaktadır. Bu işlem doğrultusunda bot için bir Token bilgisi oluşturulur ve bu Token, ESP'nin Telegram API ile iletişim kurması için kullanılmaktadır.

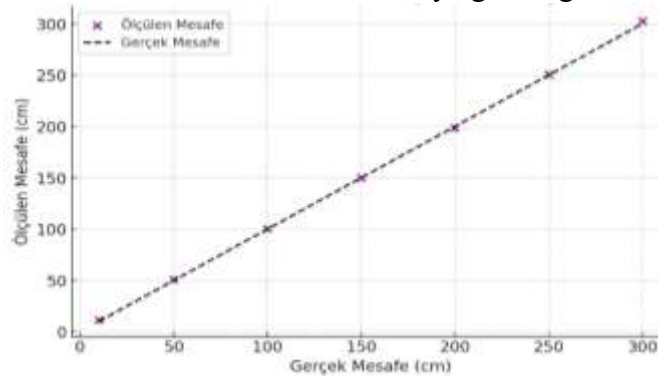
Özetle, ESP Telegram Bot API'sine bağlanarak belirli periyotlarda sabit veya kullanılan sensörden aldığı konum bilgisini bot üzerinden kullanıcıya iletilmektedir. Kullanıcı, Telegram uygulaması üzerinden gelen mesajları okuyarak konum bilgisini görüntülemektedir. Bu sayede cihaza uzaktan erişim sağlanmaktadır.

VIII. PERFORMANS ANALİZİ

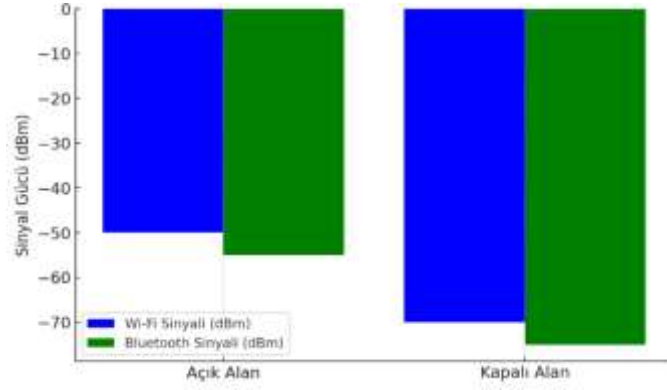
Bu bölümde, görme engelliler için geliştirilen akıllı baston prototipiyle yapılan performans testlerin sonuçları paylaşılmıştır. HC-SR04 sensörünün mesafe algılama süresi ve hassasiyeti, ESP32'nin sinyal gücü, sıcaklığa bağlı performansı ve farklı çalışma modlarındaki güç tüketimi gözlemlenmiştir. Ayrıca bataryanın ne kadar sürede tükendiği de grafiklerle gösterilmiştir. Bu veriler, bastonun devre elemanlarıyla nasıl çalıştığını ve genel performansını ortaya koymaktadır. Ultrasonik mesafe sensörü, mesafesi ses dalgalarının gidiş-dönüş süresini ölçerek belirttiğinden mesafe arttıkça ses dalgalarının ulaşma süresi de uzadığından kaynaklı algılama süresi doğrusal olarak artmaktadır.



Şekil 7. HC-SR04 sensörünün mesafeye göre algılama süresi.



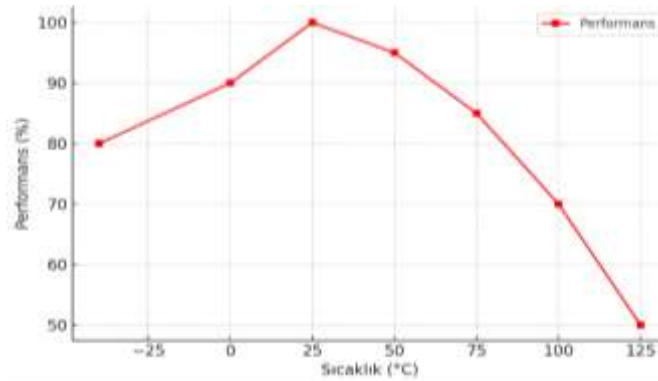
Şekil 8. HC-SR04 sensörünün ölçüm hassasiyeti.



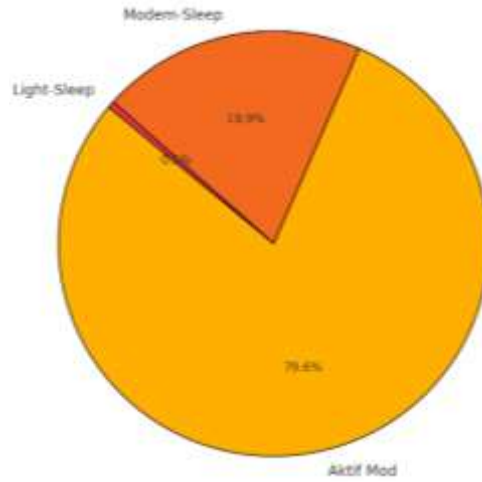
Şekil 9. ESP32 Wi-Fi ve bluetooth sinyal gücü karşılaştırması.

Sensör, belirlenen mesafelerde oldukça doğru ölçümler yapmasına rağmen, küçük hata payları bulunmaktadır. Ölçülen mesafeler, çeşitli faktörlere (hava sıcaklığı, yüzey yapısı, ortam koşulları) bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Açık alanda ESP32'nin Wi-Fi ve Bluetooth sinyal gücü daha yüksek elde edilmiştir. Çünkü sinyallerin yayılmasını engelleyen yapılar bulunmaz. Kapalı alanda ise duvarlar, elektronik cihazlar ve diğer engeller nedeniyle sinyal gücü net bir şekilde azalacaktır. Bu durum veri iletiminde problem yaşatmıştır.

ESP32, -40°C ile 125°C arasında çalışabilmesine rağmen, performansı ortam sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. 25-50°C arasında optimum performans sağlarken, aşırı sıcak ve soğuk koşullarda işlemci verimi düşmekte ve enerji tüketimi artmaktadır. Yapılan denemeler en optimum duruma göre baz alınmıştır.



Şekil 10. ESP32'nin çalışma sıcaklığına göre performansı.



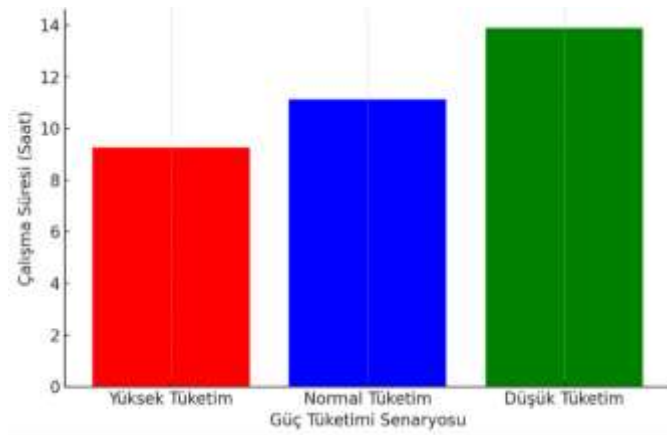
Şekil 11. ESP32'nin çalışma modlarına göre güç tüketimi.

ESP32, en fazla gücü aktif modda tüketirken, düşük güç modlarında enerji tasarrufu sağlar. Light-Sleep modunda güç tüketimi minimum seviyeye inerken, aktif modda Wi-Fi ve Bluetooth kullanımı nedeniyle güç tüketimi oldukça yüksektir. Akıllı bastondan tam verim alabilmek için ESP32 aktif modda kullanılmıştır.

Çalışma süresi, güç tüketimi senaryolarına göre aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Çalışma Süresi (Saat)} = \frac{\text{Toplam Güç Kapasitesi (Wh)}}{\text{Toplam Güç Tüketimi (W)}}$$

(1)



Şekil 12. Batarya güç-zaman grafiği.

Hesaplanan Çalışma Süreleri

- Yüksek Tüketim (Kırmızı- %20 daha fazla güç tüketimi): 9,26 saat
- Normal Tüketim (Mavi- Standart güç tüketimi): 11,11 saat
- Düşük Tüketim (Yeşil- %20 daha az güç tüketimi): 13,89 saat

Yukarıdaki grafikler, akıllı baston ile devre üzerindeki ekipmanların etkileşimi üzerine yapılan denemeler ve testler sonucunda elde edilmiştir. Geliştirilen akıllı baston, kapsamlı

testlerden geçirilmiştir. HC-SR04 ultrasonik mesafe sensörü kullanılarak engellerin %90'ın üzerinde doğru algılandığı, belirlenen mesafe sınırının altına inildiğinde sesli ve titreşimli geri bildirim sağlandığı tespit edilmiştir. GPS modülü ile bastonun konumu ± 5 metre doğrulukla belirlenmiş, Wi-Fi bağlantısı üzerinden Telegram botu aracılığıyla konum bilgilerinin uzaktan erişilebilir olduğu doğrulanmıştır. Sistem, 0,5 saniyeden kısa sürede uyarı verebilme ve kesintisiz veri aktarımı gibi yüksek performans değerleriyle çalışmıştır. Gerçekleştirilen testlerde, kullanılan 1500mAh kapasiteli 3.7V lityum pillerin, ESP32 tabanlı sistemde yaklaşık 8-9 saat kesintisiz çalışma süresi sunduğu gözlemlenmiştir. Bu süre, Wi-Fi veya Bluetooth üzerinden aktif veri iletişimi gerçekleştirilen senaryolar baz alınarak hesaplanmıştır. Kullanıcı geri bildirimleri doğrultusunda, sistemin erişilebilirlik açısından başarılı olduğu, uyarı mekanizmalarının net şekilde algılandığı ve güvenli hareket sağladığı belirlenmiştir.

IX. SONUÇ

Bu çalışma kapsamında, görme engelli bireylerin günlük yaşamda karşılaştıkları zorlukları azaltmayı hedefleyen akıllı baston sisteminin tasarımı ve performans değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. HC-SR04 ultrasonik sensörünün mesafe algılama süresi ve ölçüm hassasiyeti üzerine yapılan testler, sensörün kısa menzilli nesne tespitinde güvenilir sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. ESP32 mikrodenetleyicisinin Wi-Fi ve Bluetooth sinyal güçleri, çalışma sıcaklığına bağlı performans değişimleri ve farklı modlardaki güç tüketim değerleri analiz edilerek sistemin çeşitli çevresel koşullara uyum sağlama kapasitesi değerlendirilmiştir. Ayrıca batarya güç-tüketim verileri doğrultusunda sistemin enerji verimliliği grafiksel olarak incelenmiş ve uygulama açısından sürdürülebilirliği ortaya konulmuştur. Elde edilen bulgular, sistem bileşenlerinin birbiriyle uyumlu çalıştığını ve akıllı bastonun kullanıcı odaklı uygulamalarda kullanılabilirliğini desteklemektedir. Gelecekte, sistemin yapay zekâ tabanlı engel tanıma, GPS entegrasyonu ve mobil uygulama desteği ile daha işlevsel hâle getirilmesi planlanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 1919B012327417 başvurusu numarası ile TÜBİTAK 2209-A – Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

[1] International Agency for the Prevention of Blindness (IAPB), “Global Vision Atlas: Magnitude and Projections,” [Online]. Available: <https://www.iapb.org/learn/vision-atlas/magnitude-and-projections/global/> [Accessed: Apr. 2024].

- [2] Be Sensable, “How Many Blind People in the World?” [Online]. Available: <https://www.besensable.com/founder-journey/how-many-blind-people-in-the-world/> [Accessed: Apr. 2024].
- [3] H. İ. Ö. Kozan, H. Bozgeyikli, and Ş. Kesici, “Engelsiz kent: görme engelli bireylerin kentlerde yaşadıkları problemler,” *İdealkent*, vol. 9, no. 23, pp. 216–235, 2018. (in Turkish)
- [4] H. R. Bağcı and E. Karakaya, “Atakum (Samsun) engelli atlası,” *International Journal of Geography and Geography Education*, no. 47, pp. 187–209, 2022. (in Turkish)
- [5] University of Colorado Boulder, “Smart Walking Stick Could Help Visually Impaired with Groceries, Finding Seat,” [Online]. Available: <https://www.colorado.edu/today/2023/01/19/smart-walking-stick-could-help-visually-impaired-groceries-finding-seat/>. [Accessed: Sep. 2024].
- [6] Oracle, “Yapay Zeka Teknolojisi: What is AI?” [Online]. Available: <https://www.oracle.com/tr/artificial-intelligence/what-is-ai/> [Accessed: Oct. 2024]. (in Turkish)
- [7] M. Suhair, S. Malayil, D. A. V., F. R. T. P., and M. P. A. Kabeer, “Affordable Navigation Aid: A Smart Walking Stick for the Visually Impaired,” *2024 Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, IEEE, 2024, doi: 10.1109/RAICS61201.2024.10689812.
- [8] A. Babu, R. Sudarmani, and A. K. R., “Safeway Companion: Smart Walking Stick with Sensory Based Safety Alert for Visually Impaired Individuals,” *2024 International Conference on Science Technology Engineering and Management (ICSTEM)*, IEEE, 2024, doi: 10.1109/ICSTEM61137.2024.10560673.
- [9] P. Chavan, R. Chaudhari, K. Ambavade, R. Raut, and S. Bajad, “Smart Blind Stick,” *2022 6th International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA)*, IEEE, 2022, doi: 10.1109/ICCUBEA54992.2022.10010707.
- [10] S. Balpetek, “GPS’in icadı ve tarihi gelişimi,” *Genç Yorum Dergisi – Amerikan Tavukları*, Feb. 7, 2023. [Online]. Available: <https://www.gencyorumdergisi.com/2023/02/gpsin-icadi-ve-tarihi-gelisimi/> [Accessed: Oct. 2024]. (in Turkish)
- [11] Espressif Systems, “ESP32 Wi-Fi Modülü,” [Online]. Available: <https://github.com/espressif/arduino-esp32> [Accessed: Sep. 2024]. (in Turkish)
- [12] Random Nerd Tutorials, “Guide to NEO-6M GPS Module with Arduino,” [Online]. Available: <https://randomnerdtutorials.com/guide-to-neo-6m-gps-module-with-arduino/> [Accessed: Sep. 2024].
- [13] How To Mechatronics, “Arduino Ultrasonic Sensor HC-SR04 Tutorial,” [Online]. Available: <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/ultrasonic-sensor-hc-sr04/> [Accessed: Sep. 2024].
- [14] K. C. Sezer and G. Basmacı, “Şarj edilebilir pillere genel bakış,” *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. 10, no. 1, pp. 297–309, 2022. (in Turkish)
- [15] TÜBİTAK Bilim Genç, “Arduino UNO R3 Kartını Tanıyalım,” [Online]. Available: <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/arduino-karti-taniyalim-0/> [Accessed: Oct. 2024]. (in Turkish)
- [16] Telegram Messenger LLP, “Telegram Bot API Documentation,” 2023. [Online]. Available: <https://core.telegram.org/bots/api>. [Accessed: Oct. 2024].
- [17] Arduino, “Arduino IDE – Software,” [Online]. Available: <https://www.arduino.cc/en/software/> [Accessed: Jun. 2024].

CEVİZ KABUĞU TAKVİYELİ PVC MATRİSLİ KOMPOZİTLERİN ÜRETİMİ VE KAREKTERZASYONU

Merve AKÇAKAYA

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0009-0007-0946-2729

Doç. Dr. Eser YARAR

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0000-0003-1187-5382

Doç. Dr. Fevzi Cakmak BOLAT

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0000-0003-1532-7631

Doç. Dr. Emel KURAM

Gebze Technal University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering

ORCID: 0000-0003-3864-7582

Doç. Dr. Alp Eren ŞAHİN

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0000-0001-7313-2467

ÖZET

Plastik esaslı malzemeler; hafiflik, dayanıklılık, düşük maliyet ve kolay şekillendirilebilirlik gibi avantajları sayesinde endüstride yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak petrol temelli yapıları nedeniyle doğada uzun süre bozunmadan kalmaları ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu durum, sürdürülebilir ve çevre dostu malzemelere olan ilgiyi artırmıştır. Bu kapsamda geliştirilen odun plastik kompozitleri (Wood Plastic Composites – WPC), lignoselülozik esaslı doğal dolgu maddelerinin termoplastik polimerlerle birleştirilmesiyle elde edilen kompozit malzemelerdir. Odun esaslı kompozitler; odun unu, selüloz, bambu ve ceviz kabuğu gibi doğal dolgu maddelerinin PE, PP ve PVC gibi polimer matrislerle bir araya getirilmesiyle üretilmektedir. Bu yapı, tarımsal atıkların geri kazanımını sağlarken çevresel etkilerin azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmada, PVC matrisine ağırlıkça %5, %10, %15 ve %20 oranlarında ceviz kabuğu tozu ilave edilerek sıcak pres yöntemiyle kompozit numuneler üretilmiştir. Ceviz kabuğu, tarımsal bir atık olması, düşük yoğunluğu ve sert yapısı sayesinde sürdürülebilir bir dolgu malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Üretilen numunelerin üç noktalı eğme testi ile mekanik dayanımları, Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) testi ile termal özellikleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, eğilme dayanımının %10 dolgu oranına kadar iyileştiğini, ancak daha yüksek dolgu oranlarında ara yüzey uyumsuzluğu nedeniyle mekanik özelliklerde sınırlı azalmalar gözlemlenmiştir. DSC analizleri, ceviz kabuğu katkısının PVC'nin cam geçiş sıcaklığını artırdığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak, ceviz kabuğu katkılı PVC kompozitlerin sürdürülebilir mühendislik uygulamaları için uygun bir alternatif olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer Kompozit, PPS, Mekanik dayanım, DSC

PRODUCTION AND CHARACTERIZATION OF WALNUT SHELL REINFORCED PVC MATRIX COMPOSITES

ABSTRACT

Plastic-based materials are widely used in industry due to their light weight, durability, low cost, and ease of processing. However, their petroleum-based structure causes them to persist in the environment for long periods, leading to serious environmental problems. This situation has increased interest in sustainable and environmentally friendly materials. In this context, wood plastic composites (WPCs) have been developed as composite materials produced by combining lignocellulosic-based natural fillers with thermoplastic polymers.

Wood-based composites are produced by incorporating natural fillers such as wood flour, cellulose, bamboo, and walnut shell into polymer matrices including PE, PP, and PVC. This structure enables the recycling of agricultural waste and contributes to the reduction of environmental impacts (Mengeloğlu and Alma, 2002).

In this study, composite samples were produced by adding walnut shell powder to a PVC matrix at weight ratios of 5%, 10%, 15%, and 20% using the hot press method. Walnut shell stands out as a sustainable filler material due to its agricultural waste origin, low density, and rigid structure. The wear behavior of the produced samples was investigated using three-point bending, Differential Scanning Calorimetry (DSC), and Dynamic Mechanical Analysis (DMA) tests.

The results showed that the wear resistance increased with increasing walnut shell content, while flexural strength improved up to a filler content of 10%. At higher filler ratios, slight decreases in mechanical properties were observed due to interfacial incompatibility. DSC analyses revealed that the addition of walnut shell slightly increased the glass transition temperature (T_g) of PVC. Consequently, walnut shell-filled PVC composites were found to be a suitable alternative for sustainable engineering applications.

Keywords: Polymer Composite, PPS, Wear, Dynamic Mechanical Analysis, Test, DSC

TETRAKİRAL ÇEKİRDEK VE FONKSİYONEL OLARAK DERECELENDİRİLMİŞ YÜZEY TABAKALARI OLAN SANDVIÇ PLAKLARIN TİTREŞİM ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ YAPISAL PARAMETRELERİNİN İNCELENMESİ

Fatih PEHLİVAN

Karabük University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical
Engineering, 78050 Karabük, Türkiye
ORCID: 0000-0003-2675-6124

Kerim Gökhan AKTAŞ

Karabük University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechanical
Engineering, 78050 Karabük, Türkiye
ORCID: 0000-0002-8076-6799

ÖZET

Düşük ağırlık ve yüksek mekanik verimlilik gerektiren mühendislik alanlarında, sandviç yapılar ve gelişmiş malzemelerin kullanımı giderek daha fazla ilgi görmektedir. Bu çalışma, alüminyum/zirkonyadan yapılmış Fonksiyonel Dereceli Malzeme (FDM) yüz katmanları ve alüminyum tetrakiral kafes çekirdekten oluşan sandviç plakaların serbest titreşim özelliklerini incelemektedir. Sandviç plaka modellenmiş ve modal davranışı Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılarak analiz edilmiştir. Sınır koşullarının, hücre duvar kalınlığının, narinlik oranının ve FDM güç yasası indeksinin doğal frekanslar üzerindeki etkileri, parametrik bir çalışma ile sistematik olarak incelenmiştir. Sonuçlar, sandviç plaka ve kafes geometrisindeki değişikliklerin titreşim davranışında farklılıklara yol açtığını ve belirli konfigürasyonların daha iyi stabilite sağladığını göstermektedir. Genel olarak, bulgular kafes çekirdeklerin titreşim performansının kritik olduğu hafif yapısal uygulamalar için umut vericidir. Gelecekteki çalışmalar, istenen titreşim özelliklerini korurken yapısal verimliliği artırmak için kafes geometrilerinin optimizasyonuna odaklanabilir.

Anahtar Kelimeler: Tetrakiral yapı, FDM sandviç plaka, serbest titreşim, sonlu elemanlar yöntemi, doğal frekans

A STUDY OF STRUCTURAL PARAMETERS ON THE VIBRATION CHARACTERISTICS OF SANDWICH PLATES WITH TETRACHIRAL CORE AND FUNCTIONALLY GRADED FACE SHEETS

ABSTRACT

In engineering fields requiring low weight and high mechanical efficiency, the use of sandwich structures and advanced materials is gaining increasing attention. This study investigates the free vibration characteristics of sandwich plates composed of Functional Graded Material (FGM) face layers made of aluminum/zirconia and an aluminum tetrachiral lattice core. The sandwich plate was modelled, and its modal behavior was analyzed using the Finite Element Method (FEM). The effects of boundary conditions, cell wall thickness, slenderness ratio, and FGM power law index on natural frequencies were systematically

investigated through a parametric study. The results show that changes in the sandwich plate and lattice geometry lead to differences in vibration behavior and that certain configurations provide better stability. Overall, the findings show promise for lightweight structural applications where the vibration performance of lattice cores is critical. Future studies may focus on optimizing lattice geometries to enhance structural efficiency while maintaining desired vibration characteristics.

Keywords: Tetrachiral structure, FGM sandwich plate, free vibration, finite element method, natural frequency

1. INTRODUCTION

Structural efficiency is a fundamental design parameter in modern engineering. Weight reduction is of critical importance, particularly in the aerospace, space and automotive sectors (Cole & Sherman, 1995; Jobanpreet Singh et al., 2024). Lightweight saves fuel and increases carrying capacity (Siengchin, 2023; Yan & Xu, 2025). It also improves the system's dynamic response speed. These requirements have led engineers to turn to advanced composite systems instead of heavy metal alloys.

Sandwich structures are one of the most efficient results of this. These structures consist of two high-strength thin surfaces bonded to a low-density core (Kamble, 2024). The core material increases the structure's moment of inertia by increasing the distance between the surfaces (Wannarong & Singhanart, 2022). Thus, the bending rigidity increases significantly without increasing weight. The core also transmits shear stress between the surfaces and prevents local buckling (Briscoe et al., 2012). Today, sandwich panels do not only carry loads, but they also perform multifunctional tasks such as energy dissipation, thermal insulation, and acoustic control (Feng et al., 2020; Kamble, 2024).

Honeycomb or polymer foam cores are commonly used in traditional sandwich structures (Akay & Hanna, 1990; Altstädt et al., 1998; Chen & Das, 2022). These materials deliver effective results under specific loading conditions (Burlayenko & Sadowski, 2010). However, modern engineering demands increasingly multifunctional designs. Traditional cores sometimes are insufficient in meeting these complex requirements.

In recent years, additive manufacturing technologies have made significant progress. As a result, lattice-structured cores have become a focus of interest in engineering (Alhembar et al., 2023; Tian et al., 2025). Lattice structures have open-celled geometric properties. This architecture not only provides high mechanical strength but also offers excellent thermal management and acoustic control advantages (X. Li et al., 2025; Wu et al., 2025). They also demonstrate superior performance compared to traditional structures in terms of vibration insulation (Syam et al., 2018).

Among these structures, tetrachiral lattice geometry occupies a special position. Tetrachiral structures are rare geometries that exhibit auxetic behavior. Auxetic materials have a negative Poisson's ratio (Alderson et al., 2007). While standard materials thin when stretched, auxetic structures expand transversely under axial tension (Mohamad Razali et al., 2025). This unusual mechanism significantly increases the structure's impact resistance (Mohan et al., 2023). Furthermore, its energy absorption capacity and vibration damping performance are very high (Hu et al., 2024; Nickabadi et al., 2024). These properties provide a critical design advantage for sandwich panels under dynamic loads.

The surface layers of sandwich structures play a critical role in design. These layers directly determine the dynamic stability of the system. Interlaminar delamination is a common problem in conventional composite laminates. This condition is called delamination. The delamination problem threatens the structure's lifespan and safety. Functional Graded Materials (FGMs) have been developed to overcome this problem (Parihar et al., 2018). FGMs represent an innovative class of materials. In these materials, properties change continuously along an axis. The material transition occurs gradually. This eliminates sharp interfaces (Silva et al., 2024).

In this study, aluminium/zirconia (Al/ZrO_2) FGM surfaces were used. The aluminium phase imparts ductility and lightness to the structure. The zirconia phase provides high hardness and thermal resistance. These two contrasting properties are combined in a single structure. The gradual transition in the microstructure minimizes stress concentration. This increases the structure's resistance under dynamic loads. As a result, the system's fatigue life is significantly extended.

In literature, FGM plates and lattice structures have generally been studied separately (C. Li et al., 2020; Singh et al., 2024). However, studies on sandwich systems with Al/ZrO_2 surfaces and tetrachiral cores are quite limited. Understanding the free vibration behavior of these sandwich structures will fill an important gap in literature. Determining the natural frequencies of a structure is critical from an engineering perspective. These data ensure the prevention of resonance-induced structural damage. The present study analyses the modal behavior of this structure using the Finite Element Method (FEM). Within the scope of parametric investigations, the effect of boundary conditions, cell wall thickness, and slenderness ratio on natural frequencies has been investigated. Furthermore, the role of the FGM power law index on material distribution and vibration characteristics has been examined. The findings will provide a new data set to academic literature. These data aim to provide optimized lightweight structure configurations for industrial designers.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Design of the tetrachiral sandwich structure

Two FG plates form a sandwich around an auxetic tetrachiral lattice core plate, as seen in Figure 1. In this case, l_s is the thickness of the surface plates and l_t is the thickness of the tetrachiral core plate. The tetrachiral lattice core layer's unit cell is shown in Figure 2. s_a and s_h are the width and height of the tetrachiral unit cell, respectively; r_i and r_o are the internal and outer radius of the tetrachiral unit cell, respectively; t is the wall thickness of the tetrachiral unit cell. The sandwich plate's core consists of aluminum, while the surface plates are composed of a functionally graded metal-ceramic composite. To facilitate the smooth transition from the core plate to the surface plates, the undersides of the FG surface plates are rich in ZrO_2 , but their topsides are enriched in Al.

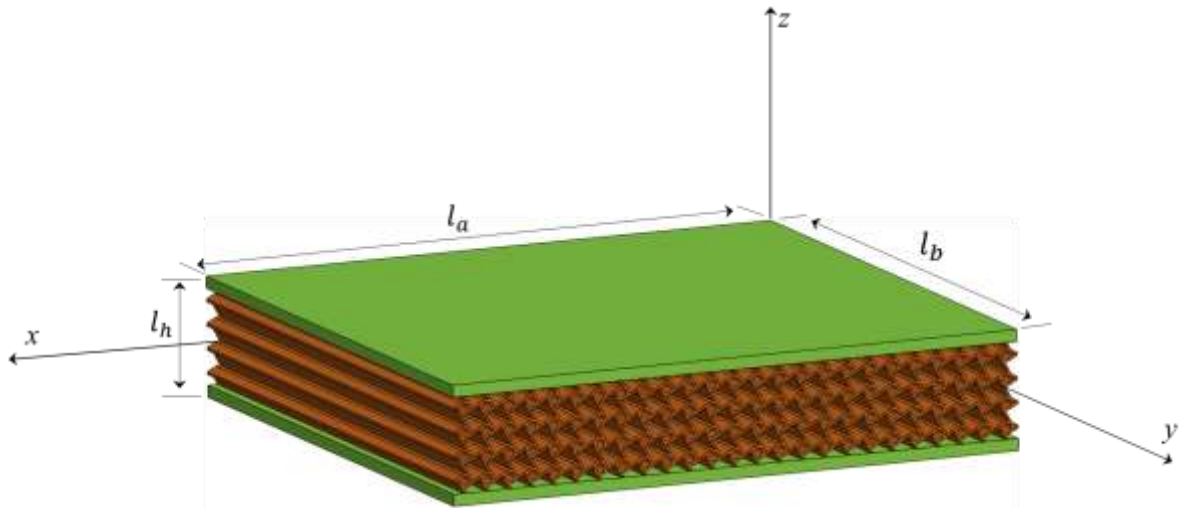


Fig. 1. Tetrachiral core sandwich plate model.

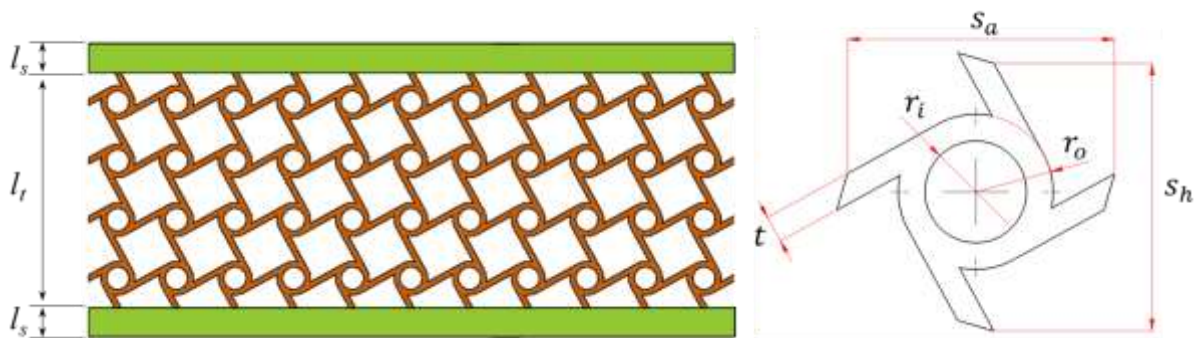


Fig. 2. Geometric dimensions of a tetrachiral lattice cell.

2.2. Mathematical expressions

Depending on the power law index, the combination of Al and ZrO_2 forms the material properties of the upper and lower FGM layers. The functions of the power law index to

determine the material properties of surface layers are shown below (Aktaş & Esen, 2025; Amini et al., 2015):

$$M_{\text{eff}}^{ts}(z) = (M_{\text{Al}} - M_{\text{ZrO}_2}) \left(\frac{2z - l_t}{2l_s} \right)^m + M_{\text{ZrO}_2} \quad \frac{l_t}{2} \leq z \leq \frac{l_t}{2} + l_s$$

$$M_{\text{eff}}^{bs}(z) = (M_{\text{Al}} - M_{\text{ZrO}_2}) \left(1 + \frac{2z + l_t}{2l_s} \right)^m + M_{\text{ZrO}_2} \quad -\frac{l_t}{2} - l_s \leq z \leq -\frac{l_t}{2}$$
(1)

in which M_{eff} represents the functional material properties of the upper (ts) and lower faces (bs). M_{Al} and M_{ZrO_2} are symbols representing the mechanical characteristics of Al and ZrO₂, respectively. In addition, the power law index is expressed by m .

3. RESULTS AND DISCUSSION

This section analyzes the free vibration analysis of tetrachiral core sandwich plates by finite element modeling, considering variables such as lattice core wall thickness, slenderness ratio, power law index, and boundary conditions. In this context of the research, the geometric properties of the plate are considered as follows: $l_a = l_b = 0.5$ m, $l_s = 0.02l_a$, $l_h = 0.16l_a - 0.2l_a$, $l_t = 0.75l_h - 0.8l_h$. Table 1 presents the mechanical material properties of Al and ZrO₂.

Table 1. Material properties of Al and ZrO₂ (Tsukamoto, 2014)

Properties	Unit	Al	ZrO ₂
Modulus of elasticity	GPa	70	200
Density	kg/m ³	2707	5990
Poisson ratio	-	0.33	0.3

3.1. Free Vibration Analysis

Using the finite element analysis technique, changes in the natural frequency levels of the vibration modes of the tetrachiral core sandwich panel were studied. This study was applied for four different wall thickness ($t=2, 3, 4, 5$ m), four different boundary conditions (CFCF, CFFF, CCFF, and CCCC), two different slenderness ratio ($l_a/l_h=5, 6.25$), and five different power-law index values ($m=0, 1, 4, 20, 1000$).

Table 2 shows that the slenderness ratio (l_a/l_h) has a direct and significant effect on the dynamic characteristics of the sandwich plate with FGM surface and tetrachiral lattice core. Under a constant CCCC boundary condition, a power law index of $m=1$, and a cell wall thickness of 4 mm, a systematic decrease in the natural frequency values of the plate in all modes is observed when the slenderness ratio is increased from 5 to 6.25. This indicates that the increase in the slenderness ratio causes a decrease in the total bending rigidity of the structure and the plate begins to exhibit more flexible behavior. For example, in the first mode,

the frequency value decreased from 1984.5 Hz to 1861.7 Hz, showing a change of approximately 6%.

When the transitions between modes are examined, it is observed that the frequency values increase as expected from Mode 1 to Mode 6, but the sensitivity to the change in the slenderness ratio continues even in higher modes. High frequency values reveal that the structure has a very rigid initial state due to all four edges being fixed (CCCC).

Table 2. Natural frequencies based on the slenderness ratio ($m=1$, $t=4$ mm, BC=CCCC)

μ_n (Hz)	l_a/l_h	
	5	6.25
Mode 1	1984.5	1861.7
Mode 2	2801.2	2718.6
Mode 3	3570.1	3367.7
Mode 4	3849.1	3806.1
Mode 5	4172.3	4004.8
Mode 6	4977.5	4874.9

According to the finite element analysis results, a clear inverse relationship is observed between the FGM power law index (m) and the natural frequency values (μ_n) of the plate as shown in Table 3. In all modes (Mode 1 - Mode 6), it was determined that the natural frequencies gradually decrease as the m index increases from 0 to 1000. For example, the highest frequency value for Mode 1 is 419.31 Hz for $m=0$ (representing the all-ceramic phase), while at $m=1000$ (the case where metal is dominant), this frequency decreases to 353.85 Hz. This is because the increase in the power law index reduces the effective elastic modulus of the material and therefore the overall rigidity of the structure. When the data is examined in more detail, it is observed that the effect of the change in the m parameter on the frequencies is much more noticeable at low index values (between 0 and 4), and as the m value increases from 20 to 1000, the rate of decrease in frequencies slows down, and the results converge to a certain value. Under the CFFF boundary condition and the $l_a/l_h=5$ slenderness ratio, even though frequency values exceed 2000 Hz in high-order modes, the downward trend characteristic created by the power law index is maintained.

Table 3. Natural frequencies based on power law parameter ($l_a/l_h=5$, $t=4$ mm, BC=CFFF)

μ_n (Hz)	m				
	0	1	4	20	1000
Mode 1	419.31	397.55	375.28	359.59	353.85
Mode 2	775.71	750.88	718.93	693.72	684.01
Mode 3	1096	1049.3	1011.5	987.88	979.69
Mode 4	1738.2	1736.7	1704.5	1669.9	1655.3
Mode 5	2024.6	2021.3	1972.9	1921.3	1899.4
Mode 6	2172.2	2180.4	2147.5	2108.8	2092.1

Table 4. Natural frequencies based on the wall thickness of tetrachiral unit cell ($l_a/l_h=5$, $m=1$, BC=CCCC)

μ_n (Hz)	t			
	2	3	4	5
Mode 1	1486.7	1782.5	1984.5	2186.2
Mode 2	1810.7	2376.5	2801.2	3253.4
Mode 3	2286.4	3139.9	3570.1	3845.1
Mode 4	2822.7	3280	3849.1	4607
Mode 5	2927.7	3705	4172.3	4658.8
Mode 6	3056.4	4003.4	4977.5	5066.5

Table 4 presents the free vibration behaviour of the sandwich plate as a function of cell wall thickness (t). When the slenderness ratio ($l_a/l_h=5$), the power law index ($m=1$), and the boundary condition CCCC are kept constant, it is observed that the natural frequencies for all vibration modes increase significantly and regularly as the cell wall thickness increases. This increase can be attributed to the increased rigidity of the core structure with the increase in cell wall thickness and, consequently, the increased overall bending resistance of the sandwich panel. Particularly in high modes (Mode 4-Mode 6), a sharper increase in frequency is observed, indicating that the increase in thickness makes the rigidity effect more dominant in high mode shapes. A similar trend is also present in low modes, although the rate of increase is relatively more limited.

Table 5 illustrates the first six natural frequencies of a tetrachiral lattice core FGM sandwich plate under four different boundary conditions. The analyses were performed with the

slenderness ratio of 5, a power law index of 1, and a cell wall thickness of 4 mm fixed. According to the results, an increase in natural frequencies was observed as the degree of restriction of the plate increased. The lowest frequencies were observed in the CFFF case (Mode 1: 397.55 Hz), where one edge was fixed, while the highest frequencies were observed in the CCCC case (Mode 1: 1984.5 Hz), where all edges were fixed. This indicates that frequencies in the CCCC configuration increased by approximately five times compared to CFFF.

Table 5. Natural frequencies based on the boundary conditions ($l_a/l_h=5$, $t=4$ mm, $m=1$)

μ_n (Hz)	BC			
	CFFF	CCFF	CFCF	CCCC
Mode 1	397.55	617.22	1601.3	1984.5
Mode 2	750.88	1472.5	1773.5	2801.2
Mode 3	1049.3	1875.7	2547.8	3570.1
Mode 4	1736.7	2277.8	2686.	3849.1
Mode 5	2021.3	2607.7	3314.2	4172.3
Mode 6	2180.4	2718.	3512.7	4977.5

CONCLUSIONS

This study focuses on the design and analysis of free vibrations in a sandwich plate, which comprises a core constructed from aluminum tetrachiral lattice cells and a surface layer built of aluminum/zirconia functionally graded metal-ceramic composite. Free vibration analysis is conducted by finite element analysis, with various parameters established based on the component characteristics and geometric attributes of the sandwich plate. Significant findings have been identified based on the outcomes of the analyses conducted as below:

- As the slenderness ratio increases, the natural frequency values of the plate decrease significantly. When evaluating the parameters $l_a/l_h=5$ and $l_a/l_h=6.25$ for the initial natural frequency values of the plate, it was determined that the natural frequency decreased by approximately 6.18%.
- A significant decrease in natural frequency values was observed with the increase in power law parameters. For power law parameters $m=0$ and $m=1000$, there was a 15.61% decrease in the first mode natural frequency values.

- The natural frequency values have increased significantly with the increase in wall thickness. When examining the parameters $t=2$ and $t=5$ for the first natural frequency values of the plate, a 47.05% increase was observed.
- The lowest natural frequency values were obtained with the CFFF boundary condition, while the highest natural frequency values were obtained with the CCCC boundary condition. When examining the CFFF and CCCC boundary conditions for the first vibration mode of the plate, it was observed that the natural frequency values increased by approximately 5 times.

It is expected that the results of this study will assist researchers working in fields such as aviation and transportation in developing technologies that are lighter, absorb more energy, and reduce vibration.

REFERENCES

- Akay, M., & Hanna, R. (1990). A comparison of honeycomb-core and foam-core carbon-fibre/epoxy sandwich panels. *Composites*, 21(4), 325–331. [https://doi.org/10.1016/0010-4361\(90\)90347-Y](https://doi.org/10.1016/0010-4361(90)90347-Y)
- Aktaş, K. G., & Esen, İ. (2025). Dynamic Response Analysis and Active Vibration Control of the Smart Sandwich Composite Plate With FGM Core Layers and MIMO FGPM Actuators and Sensors. *International Journal of Mechanical System Dynamics*, 5(1), 3–19. <https://doi.org/10.1002/msd2.70001>
- Alderson, A., Rasburn, J., & Evans, K. E. (2007). Mass transport properties of auxetic (negative Poisson's ratio) foams. *Physica Status Solidi (b)*, 244(3), 817–827. <https://doi.org/10.1002/PSSB.200572701>
- Alhembar, A., Alagha, A. N., Naji, M. M., Sheikh-Ahmad, J., & Jarrar, F. (2023). Recent Advancements in Design Optimization of Lattice-Structured Materials. *Advanced Engineering Materials*, 25(17), 2201780. <https://doi.org/10.1002/ADEM.202201780>
- Altstädt, V., Diedrichs, F., Lenz, T., Bardenhagen, H., & Jarnot, D. (1998). Polymer Foams as Core Materials in Sandwich Laminates (Comparison with Honeycomb). *Polymers and Polymer Composites*, 6(5), 295–304. <https://doi.org/10.1177/147823919800600506>
- Amini, Y., Emdad, H., & Farid, M. (2015). Finite element modeling of functionally graded piezoelectric harvesters. *Composite Structures*, 129, 165–176. <https://doi.org/10.1016/j.compstruct.2015.04.011>
- Briscoe, C. R., Mantell, S. C., Okazaki, T., & Davidson, J. H. (2012). Local shear buckling and bearing strength in web core sandwich panels: Model and experimental validation. *Engineering Structures*, 35, 114–119. <https://doi.org/10.1016/J.ENGSTRUCT.2011.10.020>
- Burlayenko, V. N., & Sadowski, T. (2010). Effective elastic properties of foam-filled honeycomb cores of sandwich panels. *Composite Structures*, 92(12), 2890–2900. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2010.04.015>
- Chen, Y., & Das, R. (2022). A review on manufacture of polymeric foam cores for sandwich structures of complex shape in automotive applications. *Journal of Sandwich Structures and Materials*, 24(1), 789–819. <https://doi.org/10.1177/10996362211030564>
- Cole, G. S., & Sherman, A. M. (1995). Light weight materials for automotive applications. *Materials Characterization*, 35(1), 3–9. [https://doi.org/10.1016/1044-5803\(95\)00063-1](https://doi.org/10.1016/1044-5803(95)00063-1)
- Feng, Y., Qiu, H., Gao, Y., Zheng, H., & Tan, J. (2020). Creative design for sandwich structures: A review. *International Journal of Advanced Robotic Systems*, 17(3). <https://doi.org/10.1177/1729881420921327>
- Hu, Q., Zhang, X., Zhang, J., Lu, G., & Tse, K. M. (2024). A review on energy absorption performance of auxetic composites with fillings. *Thin-Walled Structures*, 205, 112348. <https://doi.org/10.1016/J.TWS.2024.112348>
- Jobanpreet Singh, Srivastawa, K., Jana, S., Dixit, C., & S, R. (2024). Advancements in Lightweight Materials for Aerospace Structures: A Comprehensive Review. *Acceleron Aerospace Journal*, 2(3), 173–183. <https://doi.org/10.61359/11.2106-2409>

- Kamble, Z. (2024). Advanced structural and multi-functional sandwich composites with prismatic and foam cores: A review. *Polymer Composites*, 45(18), 16355–16382. <https://doi.org/10.1002/PC.27849>
- Li, C., Shen, H. S., & Wang, H. (2020). Nonlinear dynamic response of sandwich plates with functionally graded auxetic 3D lattice core. *Nonlinear Dynamics*, 100(4), 3235–3252. <https://doi.org/10.1007/S11071-020-05686-4>
- Li, X., Wang, X., & Li, Z. (2025). Interplay Between Acoustical and Mechanical Properties in Lattice Structures: A Geometrical Perspective. *Advanced Materials Technologies*, 10(8), 2500118. <https://doi.org/10.1002/ADMT.202500118>
- Mohamad Razali, N. F., Mohd Sahar, N., Islam, M. S., Alawad, M. A., & Islam, M. T. (2025). Recent developments of auxetic metamaterials. *Advances in Physics: X*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/23746149.2025.2548208>
- Mohan, A., Mondal, P., & Rengaswamy, J. (2023). Impact behavior of auxetic structures: Experimental and numerical analysis. *Materials Today: Proceedings*, 87, 292–298. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2023.05.631>
- Nickabadi, S., Sayar, M. A., Alirezaei pour, S., & Ansari, R. (2024). Optimizing an auxetic metamaterial structure for enhanced mechanical energy absorption: Design and performance evaluation under compressive and impact loading. *Journal of Sandwich Structures and Materials*, 26(7), 1129–1164. <https://doi.org/10.1177/10996362241275473>
- Parihar, R. S., Setti, S. G., & Sahu, R. K. (2018). Recent advances in the manufacturing processes of functionally graded materials: A review. *IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics*, 25(2), 309–336. <https://doi.org/10.1515/SECM-2015-0395/XML>
- Siengchin, S. (2023). A review on lightweight materials for defence applications: Present and future developments. *Defence Technology*, 24, 1–17. <https://doi.org/10.1016/J.DT.2023.02.025>
- Silva, R. F., Coelho, P. G., Gustavo, C. V., Almeida, C. J., Farias, F. W. C., Duarte, V. R., Xavier, J., Esteves, M. B., Conde, F. M., Cunha, F. G., Santos, T. G., Silva, R. F., Coelho, P. G., Gustavo, C. V., Almeida, C. J., Farias, F. W. C., Duarte, V. R., Xavier, J., Esteves, M. B., ... Santos, T. G. (2024). Functionally Graded Materials and Structures: Unified Approach by Optimal Design, Metal Additive Manufacturing, and Image-Based Characterization. *Materials 2024*, Vol. 17, 17(18). <https://doi.org/10.3390/MA17184545>
- Singh, S. J., Kumar, V., Mehta, D., Kumar, V., & Harsha, S. P. (2024). Vibration and Buckling Characteristics of Sandwich FGM Plate with Conventional and Auxetic Honeycomb Core. *International Journal of Structural Stability and Dynamics*, 25(8). <https://doi.org/10.1142/S0219455425500816>
- Syam, W. P., Jianwei, W., Zhao, B., Maskery, I., Elmadih, W., & Leach, R. (2018). Design and analysis of strut-based lattice structures for vibration isolation. *Precision Engineering*, 52, 494–506. <https://doi.org/10.1016/J.PRECISIONENG.2017.09.010>
- Tian, C., Wang, Y., Fan, H., Li, X., Tian, C., Wang, Y., Fan, H., & Li, X. (2025). Research Progress of Additively Manufactured Metallic Lattice Structures. *Micromachines* 2025, Vol. 16, 16(12), 1418. <https://doi.org/10.3390/MI16121418>
- Tsukamoto, H. (2014). Mechanical properties of zirconia-titanium composites. *International Journal of Materials Science and Applications*, 3(5), 260. <https://doi.org/10.11648/J.IJMSA.20140305.28>
- Wannarong, D., & Singhanart, T. (2022). A Review of Sandwich Composite Structures with 3D Printed Honeycomb Cores. *Engineering Journal*, 26(6), 27–39. <https://doi.org/10.4186/ej.2022.26.6.27>
- Wu, F., Zheng, C., Wei, Y., Xue, X., & Liao, J. (2025). Current Progress of Acoustic Metastructures: Design Strategy and Prospective Application. *Advanced Engineering Materials*, 27(10), 2402910. <https://doi.org/10.1002/ADEM.202402910>
- Yan, L., & Xu, H. (2025). Lightweight composite materials in automotive engineering: State-of-the-art and future trends. *Alexandria Engineering Journal*, 118, 1–10. <https://doi.org/10.1016/J.AEJ.2024.12.002>

TİCARİ ARAÇLAR İÇİN ÇOK FONKSİYONLU ÖN FAR TASARIMINDA MALZEME SEÇİMLERİ

Hamdi YILDIZ

SANEL Sanayi Elektroniği İmalat ve Ticaret A.Ş., R&D Center, Tuzla, İstanbul

ORCID: 0000-0003-3324-3116

Cenk YAVUZ

Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering,
Serdivan, Sakarya

Sakarya University, Sakarya Innovation Center (SAYMER), Serdivan, Sakarya

ORCID: 0000-0002-4325-2852

ÖZET

Ticari araçlarda kullanılan çok fonksiyonlu ön far sistemlerinde kısa/uzun far, gündüz farı ve sinyal gibi fonksiyonların tek bir modülde birleştirilmesi; optik performans, mekanik dayanım, korozyon direnci ve etkin termal yönetim gereksinimlerinin eş zamanlı olarak karşılanmasını zorunlu kılan kritik bir tasarım problemidir. Bu çalışmada, TÜBİTAK 3230368 numaralı “Tüm Ticari Araçlarda Kullanılabilecek Nitelikte Çok Fonksiyonlu ve LED’li Far Sistemi Geliştirilmesi” projesi kapsamında geliştirilen LED tabanlı ön farın malzeme seçim süreci sistematik olarak sunulmaktadır. Malzeme belirleme aşamasında, proje gereksinimleri, ilgili standartlar, üretim kısıtları, maliyet ve saha koşulları birlikte değerlendirilmiştir.

Far gövdesi için başlangıçta tercih edilen EN AC-46000 alüminyum alaşımı, korozyon direncinin yetersizliği ve ek kaplama ihtiyacının maliyet ile proses karmaşıklığını artırması nedeniyle EN AC-47100 alaşımı ile değiştirilmiştir. Optik sistemde, yüksek sıcaklık ve darbe dayanımı gerektiren LED’e yakın kolimatör lenslerde polikarbonat (PC), daha yüksek optik geçirgenlik ve yüzey kalitesi gerektiren projeksiyon ve Fresnel lenslerde ise polimetil metakrilat (PMMA) kullanılmış; ön koruyucu lens için şeffaf PC ve UV dayanımlı kaplama kombinasyonu tercih edilmiştir.

Ek olarak, LED–gövde ısı yolu üzerinde Curecast 10133 TG2 termal iletken gres kullanılmış ve gövde kanat geometrisi optimize edilerek toplam kanat yüzey alanı %72,4 oranında artırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, önerilen malzeme kombinasyonu ve ısıl tasarım yaklaşımının optik verimlilik, korozyon direnci, termal performans ve üretilebilirlik açısından ticari araç uygulamaları için uygun olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: LED’li far, malzeme seçimi, alüminyum alaşımı, polikarbonat, PMMA, termal yönetim

MATERIAL SELECTIONS IN MULTIFUNCTIONAL HEADLIGHT DESIGN FOR COMMERCIAL VEHICLES

ABSTRACT

In multifunctional headlight systems used in commercial vehicles, integrating low/high beam, daytime running light and turn signal functions into a single module creates a critical design

problem that requires simultaneous fulfillment of optical performance, mechanical strength, corrosion resistance and effective thermal management requirements. This study systematically presents the material selection process of an LED-based multifunctional headlight developed within the scope of the TÜBİTAK project No. 3230368, entitled “Development of a Multifunctional LED Headlight Suitable for Use in All Commercial Vehicles”. During material selection, project requirements, relevant standards, manufacturing constraints, cost and real field operating conditions were evaluated together.

For the housing, the initially selected EN AC-46000 aluminum alloy was replaced by EN AC-47100 due to its insufficient corrosion resistance and the need for additional coating, which would increase cost and process complexity. In the optical system, polycarbonate (PC) was used for the collimator lenses located close to the LEDs, where high temperature and impact resistance are required, while polymethyl methacrylate (PMMA) was preferred for the projection and Fresnel lenses, where higher optical transmittance and surface quality are critical. A transparent PC lens with a UV-resistant coating was selected as the front protective lens.

Additionally, Curecast 10133 TG2 thermally conductive grease was employed along the LED–housing heat path, and the housing fin geometry was optimized, increasing the total fin surface area by 72.4%. The results indicate that the proposed material combination and thermal design approach are suitable for commercial-vehicle applications in terms of optical efficiency, corrosion resistance, thermal performance and manufacturability.

Keywords: LED headlight, material selection, aluminum alloy, polycarbonate (PC), PMMA, thermal management

1. GİRİŞ

Son yıllarda otomotiv sektöründe, özellikle ticari araç sınıfında, aydınlatma sistemlerinden beklenen performans ve fonksiyon sayısı önemli ölçüde artmıştır. LED tabanlı ön far sistemleri; uzun ömür, düşük enerji tüketimi ve tasarım esnekliği gibi avantajları nedeniyle yaygın olarak tercih edilmekte (Srinivasa, 2014), buna paralel olarak optik, mekanik ve termal tasarım gereksinimleri de karmaşılaşmaktadır.

Ticari araç ön farları; kısa far, uzun far, gündüz sürüş lambası (DRL) ve sinyal gibi birden fazla fonksiyonu tek bir gövde altında barındırmakta, aynı zamanda zorlu çevresel koşullara (titreşim, nem, tuz, taş çarpması, geniş sıcaklık aralığı) maruz kalmaktadır. Bu bağlamda, farın optik bileşenlerinde, gövdesinde, plastik parçalarında ve termal arayüzünde kullanılacak malzemelerin doğru seçimi, sistemin güvenilirliği ve uzun ömürlülüğü açısından kritik önemdedir.

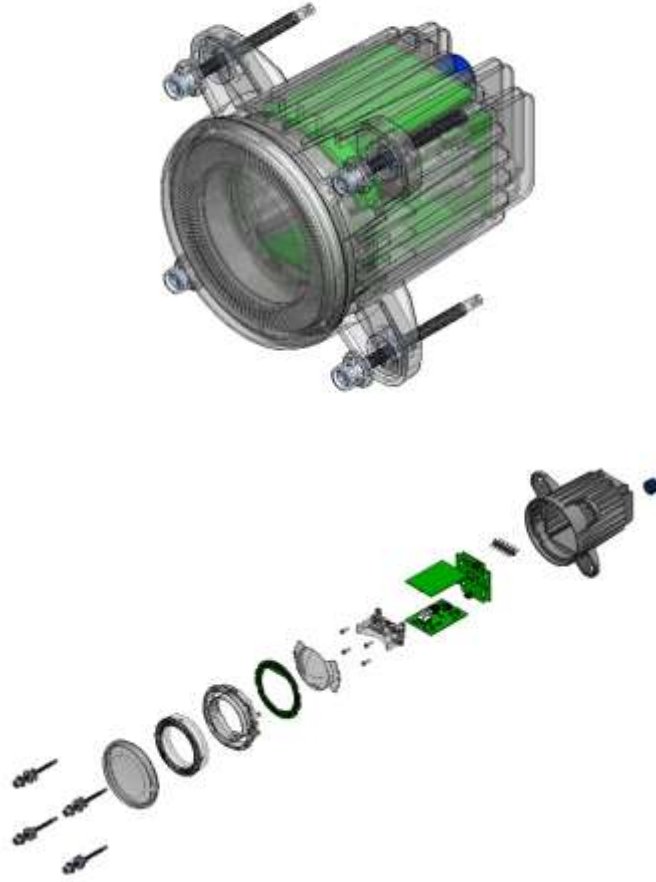
Bu çalışmada, TÜBİTAK TEYDEB destekli 3230368 nolu S910 projesi kapsamında geliştirilen, tüm ticari araçlarda kullanılabilecek nitelikte çok fonksiyonlu LED'li far sisteminin (Şekil 1) malzeme seçim süreci detaylandırılmaktadır. Çalışmanın amacı, başlıca malzeme seçim kararlarını ve bu kararların optik performans, korozyon direnci, termal yönetim ve üretim süreçleri üzerindeki etkilerini Makine Mühendisliği perspektifinden ortaya koymaktır.

Tasarım Gereksinimleri ve Proje Kapsamı

Geliştirilen far sistemi, kısa ve uzun far fonksiyonlarına ek olarak DRL, pozisyon ve sinyal fonksiyonlarını da içermekte, ECE regülasyonlarına uygun fotometrik performans hedeflenmektedir. Kısa far için 75R noktasında, uzun far için HV noktasında asgari ışık şiddeti ve belirlenen bölgelerde maksimum sınırlar; aydınlatma homojenliği ve kamaşma limitleri tasarımı yönlendiren temel kriterlerdir.

Kısa farın nominal güç seviyesinin yaklaşık 15 W mertebesinde olması planlanmış, ürünün kullanım ömrünün büyük bölümünde kısa farın aktif olacağı varsayılmıştır. Bu nedenle, LED'lerin çalışma sıcaklığı, gövdenin ısı dağıtım kapasitesi ve termal arayüz malzemelerinin özellikleri, tasarım sürecinde öncelikli olarak ele alınmıştır.

Çevresel koşullar açısından, far gövdesinin nemli ve tuzlu ortamlara uzun süre maruz kalabileceği dikkate alınmış; korozyon direnci ve kaplama gereksinimleri gövde alaşımı seçiminde belirleyici olmuştur. Ayrıca, ticari araç uygulamalarına özgü yüksek titreşim seviyeleri, kolimatör lenslerin ve elektronik devrelerin mekanik montaj stratejisinin belirlenmesinde önemli bir parametre olmuştur.



Şekil 1. Mekanik Ön Tasarım

2. MATERYAL VE METOD

2.1. Optik Tasarımda Malzeme Seçimi

Farın optik yapısı, LED kaynaklarına yakın konumda yer alan kolimatör lensler ve bunların önünde konumlanan projeksiyon lenslerinden oluşan iki kademeli bir sistem olarak tasarlanmıştır. Kolimatör lensler, LED'lere en yakın bileşenler olduğundan, yüksek sıcaklık gradyenti ve termal genleşme etkilerine daha fazla maruz kalmaktadır. Buna karşılık, projeksiyon ve Fresnel lensler nispeten daha düşük sıcaklık ortamında çalışmakta, ancak ışık geçirgenliği ve yüzey kalitesi açısından daha yüksek optik hassasiyet gerektirmektedir (HAMC, 2025).

Kolimatör lensler için polikarbonat (PC) malzemesi tercih edilmiştir. PC, yüksek darbe dayanımı, yeterli sıcaklık dayanımı ve iyi kalıplanabilirlik özellikleri sayesinde, LED'e yakın, ısı yükü yüksek bölgelerde güvenilir bir performans sunmaktadır.

Optik açıdan, PC'nin ışık geçirgenliği PMMA kadar yüksek olmamakla birlikte, kolimatör lenslerin göreceli olarak daha kısa optik yol uzunluğuna sahip olması sebebiyle, bu fark sistem seviyesinde kabul edilebilir düzeydedir. Buna karşın, PC'nin cam ve PMMA'ya göre daha iyi darbe dayanımı ve ısı genleşme davranışı, LED çevresindeki mekanik ve termal yük kombinasyonu altında önemli bir avantaj sağlamaktadır (Covestro, 2020).

Projeksiyon lensi ve DRL/sinyal fonksiyonları için kullanılan Fresnel lensler PMMA (polimetil metakrilat) malzemeden tasarlanmıştır. PMMA'nın yaklaşık %92 mertebesindeki yüksek ışık geçirgenliği (Röhm GmbH 2025), kalın lens kesitlerinde dahi minimum ışık kaybı ile çalışılmasına olanak tanımakta, böylece optik verimliliği artırmaktadır.

PMMA, düşük yoğunluğu sayesinde sistemin toplam kütlesini azaltmakta, UV ışınlarına karşı dirençli yapısı sayesinde sararma eğilimi göstermemekte ve uzun süreli kullanımda optik netliğini korumaktadır. Özellikle DRL ve sinyal fonksiyonlarında homojen bir ışık dağılımı elde etmek amacıyla kullanılan Fresnel lenslerde, PMMA'nın yüzey işlenebilirliği ve ince yapıda dahi yeterli mekanik kararlılık sunması malzeme seçimi açısından belirleyici olmuştur. Yoldan gelebilecek taş çarpmaları ve darbelere karşı ön koruyucu lens için şeffaf PC kullanılması planlanmıştır. PC'nin yüksek darbe dayanımı ve kırılmaya karşı direnci, bu bileşeni dış çevre ile doğrudan temas eden bir koruyucu tabaka için uygun kılmaktadır.

Bununla birlikte, PC malzemenin UV ışınlarına maruz kaldığında sararma eğilimi göstermesi (Dvorchak, 2024), optik performansı olumsuz etkileyebilmektedir. Bu sorunu önlemek amacıyla, ön koruyucu lens üzerine UV dayanımlı şeffaf kaplama uygulanması öngörülmüştür (Momentive Performance Materials Inc., 2025). Bu kombinasyon, hem mekanik darbelere karşı dayanıklılık hem de uzun vadeli optik şeffaflık sağlamaktadır.

2.2. Mekanik Tasarımda Gövde Malzemesi Seçimi

Far gövdesi üretiminde başlangıçta EN AC-46000 (AlSi9Cu3) alüminyum alaşımı tercih edilmiştir. Bu alaşım, yüksek döküm kabiliyeti ve yeterli mekanik özellikler sunması nedeniyle otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, yaklaşık %0,6–0,9 oranındaki bakır içeriği, özellikle nemli ve tuzlu ortamlarda galvanik korozyon riskini artırmakta (Brown et al., 2016), uzun süreli dayanım açısından dezavantaj oluşturmaktadır.

Tuz sprey testlerinde elde edilen yaklaşık 500 saatlik dayanım seviyesi, ticari araç farları için hedeflenen uzun ömür gereksinimleri dikkate alındığında sınırlı kalmaktadır. Bu nedenle, EN AC-46000 kullanılması durumunda, gövde üzerinde kataforez kaplama ve ardından elektrostatik toz boya uygulanması zorunlu hâle gelmektedir. Bu kaplama süreçleri, ek maliyet ve süre getirmekte; ayrıca, elektronik devre bölgelerinde maskeleme gereksinimi gibi üretim zorluklarına neden olmaktadır.

Korozyon direnci gereksinimleri ve üretim süreçleri birlikte değerlendirildiğinde, EN AC-47100 alaşımına geçiş yapılmıştır. EN AC-47100, daha düşük bakır içeriği ve nispeten yüksek magnezyum oranı sayesinde, yüzeyde oluşan oksit tabakasının stabilitesini artırmakta ve korozyon sürecini yavaşlatmaktadır. Bu özellikleri nedeniyle, denizcilik uygulamalarında da yaygın olarak kullanılan EN AC-47100, nemli ve tuzlu ortamlarda dahi yüksek korozyon direnci sunmaktadır.

Mekanik özellikler bakımından EN AC-47100, far gövdesinin taşıyıcı ve ısı dağıtıcı rolünü karşılayacak düzeyde dayanım ve rijitlik sağlamaktadır. Böylece, hem korozyon hem de mekanik açıdan dengeli bir çözüm elde edilmiştir. Kaplama gereksinimlerinin azalması, üretim sürecinde işlem adedi ve maliyetlerin düşürülmesine; maskeleme vb. ek operasyonların ortadan kalkması ise süreç karmaşıklığının azaltılmasına katkı sağlamıştır.

Gövde Tasarımı ve Termal Davranış

Gövde tasarımında, ısı dağılımını iyileştirmek amacıyla kanatlı bir yapı tercih edilmiştir. Gövde üzerinde çevresel kanatlar ve arka kanat yapıları kullanılarak, toplam yüzey alanı artırılmış ve konvektif ısı transferi için uygun bir geometri elde edilmiştir.

Prototip gövde üzerinde gerçekleştirilen termal testlerde, 27 V ve 825 mA sürme koşullarında, 10 dakikalık çalışmanın ardından gövde yüzey sıcaklığı ortalama 53 °C seviyesine, 30 dakikalık çalışmada ise yaklaşık 66,7 °C seviyesine ulaşmıştır. Bu sonuçlar, mevcut kanat geometrisinin termal performans açısından geliştirilebileceğini göstermiş ve gövde kanat yapısı üzerinde optimizasyon çalışmaları başlatılmıştır.

2.3. Plastik Bileşenler ve Ön Montaj Grubu

Bezel Parçası

Bezel, ön merceği taşıyan ve farın dış görünümünü doğrudan etkileyen yapısal bir bileşendir. Bu parça için PC/ABS veya PC malzeme kullanılması öngörülmüştür. PC/ABS karışımı, yüksek darbe dayanımı ve iyi yüzey kalitesiyle öne çıkarken, saf PC daha yüksek mukavemet sunmaktadır. Seçilen malzeme, hem optik bileşenlerin hassas bir şekilde konumlandırılmasını sağlayacak rijitliği, hem de tasarımsal gereksinimlere uygun yüzey kalitesini sağlamaktadır.

DRL ve Sinyal İçin Fresnel Lens

DRL ve sinyal fonksiyonlarında ışığın homojen bir şekilde dağıtılması amacıyla kullanılan Fresnel lensler PMMA malzemeden üretilmektedir. PMMA'nın yüksek ışık geçirgenliği ve ince kesitlerde dahi yeterli yüzey kalitesi, bu tip optik elemanlar için uygun bir çözüm sunmaktadır. Fresnel geometri sayesinde, daha ince bir yapı ile istenen ışık yönlendirmesi gerçekleştirilebilmekte, bu da hem malzeme tüketimini hem de ağırlığı azaltmaktadır.

Ön Koruyucu Lens ve UV Kaplaması

Ön koruyucu lens için seçilen şeffaf PC, darbelere ve taş çarpmalarına karşı yüksek dayanım sağlar. Ancak, PC'nin UV ışınlarına maruz kaldığında sararma riskini azaltmak için yüzeye UV dayanımlı şeffaf kaplama uygulanması planlanmıştır. Bu kaplama, PC'nin mekanik avantajlarını korurken, optik ömrü uzatmakta ve farın estetik görünümünü uzun süre boyunca muhafaza etmektedir (Plasmatreat GmbH, 2025) .

Montaj Stratejisi ve Malzeme Davranışı

Ön montaj grubunda bezel, mercek lens, Fresnel lens ve halka şeklindeki LED kartı, tırnaklı yapılar, pimler ve vidalar ile bir araya getirilmektedir. Kullanılan plastik malzemelerin elastikiyet modülü ve termal genleşme katsayıları dikkate alınarak, montaj bölgelerinde gerilme yoğunlaşmalarını azaltacak tasarım kararları alınmıştır. Böylece, titreşim ve sıcaklık değişimleri altında oluşabilecek çatlama ve kırılma riskleri minimize edilmiştir.

2.4. Termal Analiz ve Boyutsuz Sayılar

2.4.1. Isıl Denge ve Isı Akısı

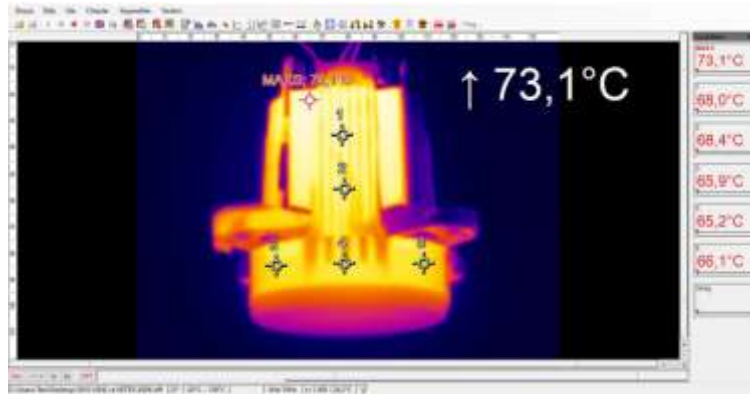
Termal testlerde far gövdesi, 27 V ve 825 mA koşullarında sürülmüştür. Bu durumda yaklaşık elektriksel güç:

$$P_{\text{elektrik}} \approx 27 \text{ V} \times 0,825 \text{ A} \approx 22,3 \text{ W}$$

LED’lerin bir kısmı optik güç (ışık) olarak, büyük kısmı ise ısı olarak açığa çıkar. Tipik LED verimleri göz önüne alındığında, ısıya dönüşen güç yaklaşık:

$$Q \approx 20 \text{ W}$$

Termal test sonuçlarına göre ortam sıcaklığı $T_{\infty} \approx 25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 dakika sonunda gövde ortalama yüzey sıcaklığı $T_s \approx 66,7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Gövde Sıcaklık Değerleri (30 dk testi)

Dolayısıyla sıcaklık farkı:

$$\Delta T_{\text{ilk}} = T_s - T_{\infty} \approx 41,7 \text{ K}$$

Dış yüzeyden ortama ısı atımı için kullanılan klasik taşınım bağıntısı:

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$$

Burada:

Q: Atılan ısı gücü (W),

h: Taşınım ısı transfer katsayısı (W/m²K),

A: Konveksiyon alanı (m²),

ΔT : Yüzey–çevre sıcaklık farkı (K).

Test sonuçlarına göre gövde için kanat yüzey alanları:

İlk tasarım: $A_{f,1} = 27.925,29 \text{ mm}^2 (\approx 0,0279 \text{ m}^2)$,

Optimize tasarım: $A_{f,2} = 48.135,79 \text{ mm}^2 (\approx 0,0481 \text{ m}^2)$.

Bu alanlar yalnızca kanat yüzeylerini temsil etmektedir; gövdenin silindirik ana gövdesi ve düz yüzeyleri hesaba katıldığında gerçek toplam ısı transfer alanı daha büyüktür.

İlk tasarım için yalnızca kanat alanını dikkate alan basitleştirilmiş etkin taşınım katsayısı yaklaşık olarak:

$$h_{\text{etkin}} \approx 17-19 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Bu değerin nispeten yüksek çıkmasının temel nedeni, toplam gövde alanı yerine sadece kanat alanının kullanılmasıdır. Toplam alan kullanılsaydı, ortam havası için tipik doğal taşınım aralığı olan $h \approx 5-10 \text{ W/m}^2\text{K}$ bandına yaklaşılabilecektir.

2.4.2. Doğal Taşınım ve Rayleigh – Nusselt Sayıları

Termal testler duran hava koşullarına yakındır; dolayısıyla soğutma esas olarak doğal taşınım ile gerçekleşmektedir. Doğal taşınımın karakteristiğini tanımlayan temel boyutsuz sayı Rayleigh sayısıdır:

$$Ra = (g \cdot \beta \cdot \Delta T \cdot L^3) / (\nu \cdot \alpha)$$

Burada:

g : Yerçekimi ivmesi (m/s^2),

β : Hacimsel genleşme katsayısı ($\approx 1/T_{\text{film}}$, $1/\text{K}$),

ΔT : Yüzey–hava sıcaklık farkı (K),

L : Karakteristik boy (m),

ν : Kinematik viskozite (m^2/s),

α : Isıl yayılım katsayısı (m^2/s).

Far çapı yaklaşık 90 mm olduğundan karakteristik boy $L \approx 0,09 \text{ m}$ olarak alınabilir. Havanın özellikleri film sıcaklığında (yaklaşık 45°C) alınarak yapılan hesaplarda Rayleigh sayısı:

$$Ra \approx 2,2 \times 10^6$$

olarak elde edilmiştir. Bu değer, laminar doğal taşınım bölgesi olan $10^4 < Ra < 10^9$ aralığında yer almaktadır.

Dikey plaka için kullanılan Churchill–Chu korelasyonu (Churchill & Chu, 1975) ile Nusselt sayısı hesaplanmış ve:

$$Nu \approx 20,4$$

değeri bulunmuştur. Havanın ısı iletkenliği $k_{\text{hava}} \approx 0,028 \text{ W/mK}$ alındığında, doğal taşınım ısı transfer katsayısı:

$$h_{\text{nat}} = (Nu \cdot k_{\text{hava}}) / L \approx 6,3 \text{ W/m}^2\text{K}$$

olarak elde edilir. Bu değer, doğal taşınım için literatürde verilen tipik aralıkla uyumludur ve önceki bölümde alanın eksik alınmasından dolayı yüksek çıkan etkin değer, toplam alan dikkate alındığında $5-10 \text{ W/m}^2\text{K}$ bandına düşeceğini doğrulamaktadır.

2.4.3. Biot Sayısı ve Gövde İçi Isı Dağılımı

Gövde et kalınlığının birkaç milimetre mertebesinde olduğu varsayımıyla (Incropera et al., 2011), temsili kalınlık $t \approx 3 \text{ mm}$ alınmıştır.

Karakteristik iletim boyu:

$$L_c \approx t / 2 = 1,5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Alüminyum alaşımının ısı iletkenliği $k_s \approx 170 \text{ W/mK}$ kabul edilirse, Biot sayısı:

$$Bi = h \cdot L_c / k_s$$

ifadesiyle hesaplanır. Doğal taşınım için $h \approx 6,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ alındığında:

$$Bi \approx 5,6 \times 10^{-5}$$

elde edilir. Bu değer 0,1'den çok küçük olduğundan gövde içinde sıcaklık farklarının ihmal edilebilir düzeyde olduğu, dolayısıyla gövde içinde yaklaşık tekdüze sıcaklık alanı varsayımının (lumped capacity yaklaşımı) geçerli olduğu söylenebilir.

Böylece termal tasarımın esas zorluğunun gövde içi iletimden ziyade gövdeden havaya taşınımında olduğu teyit edilmektedir.

2.4.4. Termal Direnç Ağı ve Termal Gres Etkisi

LED'den ortama uzanan ısı yolu, seri bağlanmış bir dizi termal dirençten oluşur ve toplam ısı akısı yaklaşık olarak:

$$Q = \Delta T_{\text{LED-ortam}} / R_{\text{toplam}}$$

şeklinde ifade edilebilir. Toplam termal direnç şu şekilde yazılabilir:

$$R_{\text{toplam}} = R_{\text{LED-PCB}} + R_{\text{PCB-gres}} + R_{\text{gres-gövde}} + R_{\text{gövde-iç}} + R_{\text{gövde-ortam}}$$

Termal gres için klasik iletim direnci bağıntısı:

$$R_{\text{gres}} = t_g / (k_g \cdot A_c)$$

Burada:

t_g : Gres tabakası kalınlığı (m),

k_g : Gresin ısı iletkenliği (W/mK),

A_c : Temas alanı (m²).

Bu projede kullanılan Curecast 10133 TG2 için termal iletkenlik $k_g \approx 1,8 \text{ W/mK}$ ve 200 °C'de 24 saatte kütle kaybı $< \%0,3$ olarak verilmiştir. Bu yüksek ısıl kararlılık ve nispeten iyi iletkenlik, LED-gövde arayüzündeki temas direncini azaltarak toplam termal direncin önemli bir kısmını düşürmektedir. Ayrıca gresin korozif olmaması ve yanmazlığı, otomotiv uygulamalarında güvenlik açısından ek avantaj sağlar.

2.4.5. Kanat Alanı Optimizasyonunun Analitik Etkisi

Gövde kanat yüzey alanlarının optimizasyonu sonucunda, ilk tasarım ve optimize tasarım için toplam kanat alanları sırasıyla:

$$A_{\text{kanat},1} = 27.925,29 \text{ mm}^2$$

$$A_{\text{kanat},2} = 48.135,79 \text{ mm}^2$$

olarak verilmiştir. Alan oranı:

$$A_{kanat,1} / A_{kanat,2} \approx 0,58$$

Taşıyım katsayısının h ve ısı yükünün Q değişmediği varsayımında, ısı dengesi sıcaklık farkı

$Q = h \cdot A \cdot \Delta T$ bağıntısından:

$$\Delta T = Q / (h \cdot A)$$

şeklinde yazılır. Yalnızca alan değişimine bağlı yeni sıcaklık farkı ise:

$$\Delta T_{yeni} = \Delta T_{ilk} \cdot (A_{kanat,1} / A_{kanat,2})$$

sayısal olarak:

$$\Delta T_{yeni} \approx 41,7 \times 0,58 \approx 24,2 \text{ K}$$

olarak tahmin edilir. Buna göre gövdenin tahmini yeni dengesi sıcaklığı:

$$T_{s,yeni} \approx T_{\infty} + \Delta T_{yeni} \approx 25 + 24,2 \approx 49 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

şeklinde dir.

Yani yalnızca kanat alanı optimizasyonu ile yaklaşık 17–18 K’lık bir sıcaklık düşüşü teorik olarak mümkündür (66,7 °C’den yaklaşık 49 °C seviyesine). Bu sonuç, optimizasyon sonrasında gövdenin daha yüksek ısı atma kapasitesine ulaştığını nicel olarak ortaya koymaktadır.

3. SONUÇLAR

3.1. Gövde Kanat Optimizasyonu

Termal testler sonrasında yapılan analizler neticesinde, gövde üzerindeki kanat yapısında kapsamlı bir optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Yan yüzeylerdeki kanatlar daha yüksek olacak şekilde yeniden tasarlanmış, kanat yapısı yalnızca üst ve alt bölgelerle sınırlı olmaktan çıkarılarak gövdenin dört tarafına homojen biçimde dağıtılmıştır.

Bu sayede, dış çap kanat yüzey alanı 17175 mm²’den 32829,79 mm²’ye yükselmiş; yaklaşık %91 oranında bir artış sağlanmıştır. Gövdenin arka yüzeyinde ise düz kanat yapısı yerine kıvrımlı bir geometri kullanılarak, arka alan kanat yüzey alanı 10750,29 mm²’den 15306 mm²’ye çıkarılmış ve yaklaşık %42,5 oranında artış elde edilmiştir. Toplam kanat yüzey alanı, 27925,29 mm²’den 48135,79 mm²’ye yükselerek %72,4’lük bir artış göstermiştir.

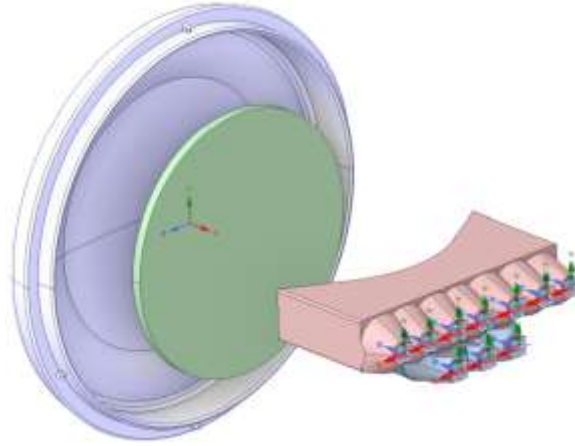
Bu alan artışı, EN AC-47100 alaşımının iyi termal iletkenliği ile birleştiğinde, gövdenin ısı transfer kapasitesini anlamlı ölçüde artırmakta ve LED’lerin daha düşük çalışma sıcaklıklarında tutulmasına katkı sağlamaktadır.

3.2. Kolimatör Lenslerin Montaj Optimizasyonu

Kolimatör lenslerin başlangıç tasarımında tırnaklı montaj yapısı öngörülmüş, ancak gerçekleştirilen titreşim testleri bu tasarımın kırılma riskini artırdığını göstermiştir. Elektronik devre kartının gövdeye doğrudan vidalanmaması ve yalnızca tırnaklı yapılarla sabitlenmesi

durumunda, titreşim etkisiyle oluşan atalet kuvvetleri kolimatörler üzerinde ek yükler oluşturarak PMMA/PC yapıların zarar görmesine yol açabilmektedir.

Bu nedenle, kolimatörlerin optik bölgelerini etkilemeyecek alanlarda, gövdeye doğrudan vidalanabilecek montaj bölgeleri tasarlanmış; uzun ve kısa far kolimatörlerine eklenen vidalama kulakları ve bunların gövde ile ilişkili pim geçme mekanizmaları ile daha rijit bir montaj sağlanmıştır. Ayrıca, elektronik devre de poke-yoke prensipleriyle gövdeye sabitlenerek, titreşim altında sistemin bütünsel dayanımı artırılmıştır. Böylece, malzeme özelliklerine uygun bir montaj stratejisi ile hem kırılma riski azaltılmış hem de optik hizalama kararlılığı artırılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Nihai lens tasarım ve yerleşimleri

3.3. Genel Sonuçlar ve Değerlendirme

Bu çalışmada, ticari araçlar için geliştirilen çok fonksiyonlu LED’li ön far sisteminde izlenen malzeme seçim süreci Makine Mühendisliği bakış açısıyla sunulmuştur. Gövde için EN AC-47100 alüminyum alaşımına geçiş, korozyon direnci ve üretim süreçleri açısından önemli avantajlar sağlamış; kaplama gereksinimlerini azaltarak maliyet ve süreç karmaşıklığını düşürmüştür. Optik sistemde, LED’e yakın kolimatör lenslerde PC, projeksiyon ve Fresnel lenslerde PMMA kullanılması; yüksek optik verimlilik, yeterli mekanik dayanım ve termal güvenilirlik kombinasyonunu mümkün kılmıştır.

Termal yönetim açısından, Curecast 10133 TG2 termal gresin kullanılması ve gövde kanat yüzey alanının %72,4 oranında artırılması, LED bağlantı noktası sıcaklığının düşürülmesine katkıda bulunmuş ve farın uzun süreli çalışmasında termal stabilitenin iyileştirilmesini hedeflemiştir. Plastik bileşenlerde (bezel, ön koruyucu lens, Fresnel lensler) seçilen PC/ABS, PC ve PMMA kombinasyonu; darbe dayanımı, estetik ve optik performans gereksinimlerini birlikte karşılamaktadır.

Sonuç olarak, S910 projesi kapsamında geliştirilen malzeme seti ve ilgili tasarım–optimizasyon kararları, ticari araç ön farlarında;

- korozyona dayanıklı,

- termal olarak kararlı,
- optik açıdan verimli,
- mekanik olarak rijit ve titreşime dayanıklı,
- üretilebilirliği yüksek

bir sistem (Şekil 4) elde edilmesine olanak sağlamıştır.



Şekil 4. Proje çıktısı seri üretimine geçilen temel ürün

Gelecek çalışmalarda, kalıp sonrası enjeksiyon üretimi yapılan lensler ve optimize edilmiş gövde ile gerçekleştirilecek uzun dönemli saha testleri ve ek termal–mekanik analizler ile malzeme seçimlerinin performans üzerindeki nicel etkilerinin daha ayrıntılı olarak ortaya konması planlanmaktadır.

KAYNAKÇA

- Brown, N., Kramer, P., Friedersdorf, F., Schindelholz, M., & Siegel, J. (2016). Environmentally assisted cracking measurements in structural aluminum alloys under accelerated test conditions. *Corrosion*, 72(11), 1351–1362.
- Churchill, S. W., & Chu, H. H. S. (1975). Correlating equations for laminar and turbulent free convection from a horizontal cylinder. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 18(9), 1049–1053. [https://doi.org/10.1016/0017-9310\(75\)90222-7](https://doi.org/10.1016/0017-9310(75)90222-7)
- Incropera, F. P., DeWitt, D. P., Bergman, T. L., & Lavine, A. S. (2011). *Fundamentals of heat and mass transfer* (7. baskı). John Wiley & Sons.
- Covestro. (2020). Reimagining automotive forward lighting with polycarbonates. <https://solutions.covestro.com/en/highlights/articles/stories/2020/mono-material-headlamp-concept>. Erişim tarihi: 18 Aralık 2025.
- Dvorchak, M. J. (2024, 6 Haziran). UV-A hard coat for polycarbonate headlight refinishing. UV+EB Technology. <https://uvebtech.com/articles/2024/uv-a-hard-coat-for-polycarbonate-headlight-refinishing/>. Erişim tarihi: 5 Aralık 2025.
- HAMC. (2025, 2 Nisan). Selection standards for auto headlight materials.
- Momentive Performance Materials Inc. (2025) SilFORT™ hardcoats for lighting. <https://www.momentive.com/en-us/product-categories/formulated-products/coatings/protective-and-functional-coatings/lighting>. Erişim tarihi: 18 Aralık 2025.
- Plasmatreat GmbH (2025). Headlights—Tightly sealed, cost-saving bonding. <https://www.plasmatreat.com/en/industry-solutions/automotive/headlights>. Erişim tarihi: 18 Aralık 2025.



Röhm GmbH (2025). PLEXIGLAS® molding compounds for automotive applications: Exterior lighting. <https://www.plexiglas-polymers.com/en/application-areas/automotive/exterior-lighting>. Erişim tarihi: 7 Aralık 2025.

Srinivasa, K. (2014). Advancements in automotive lighting systems: LED, OLED, and adaptive headlights. *International Journal of Creative Research Thoughts*, 2(4), 599–606.

TÜRKİYE'DE OFF-GRID ENERJİ SİSTEMLERİ MEVZUATININ ÇERÇEVESİ VE AB İLE KARŞILAŞTIRMALI BİR DEĞERLENDİRME

Cenk YAVUZ

Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering,
Serdivan, Sakarya

Sakarya University, Sakarya Innovation Center (SAYMER), Serdivan, Sakarya

ORCID: 0000-0002-4325-2852

ÖZET

Bu bildiri, Türkiye'de off-grid enerji sistemlerinin mevcut düzenleyici çerçevesini incelemekte ve Avrupa Birliği (AB) ile Almanya'daki yaklaşımlarla karşılaştırmaktadır. Çalışma, Türkiye'de off-grid, minigrid ve mikro şebeke kavramlarının temel enerji mevzuatında açıkça tanımlanmadığını ve bu sistemlerin genellikle "iç tesis", "lisanssız üretim" veya "lisanslı dağıtım" gibi dolaylı kategoriler üzerinden yorumlandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, özellikle çoklu kullanıcıya hizmet veren küçük ölçekli minigridler için hukuki belirsizlikler yaratmakta ve yatırımcılar açısından öngörülebilirliği azaltmaktadır. AB ve Almanya'da ise, "enerji toplulukları", "kapalı dağıtım sistemleri" ve "ada işletme" gibi kavramlar aracılığıyla mikro şebeke benzeri yapıların formel sistem içinde tanımlanabildiği ve işletilebildiği görülmektedir. Teknik standartlar açısından da Türkiye'de off-grid sistemlere özgü bütüncül bir rehber bulunmazken, AB/Almanya'da IEC/IEEE standartlarına dayalı ayrıntılı bağlantı kuralları ve kılavuzlar mevcuttur. Finansal teşvik mekanizmaları bağlamında, Türkiye'deki YEKDEM gibi destekler büyük ölçüde şebekeye bağlı yatırımlara odaklanırken, AB/Almanya'da depolama teşvikleri ve enerji topluluklarına yönelik destekler gibi çok katmanlı mekanizmalar off-grid benzeri çözümleri daha rekabetçi kılmaktadır.

Bildiri, Türkiye'de off-grid enerji sistemlerinin gelişimini desteklemek amacıyla kavramsal netleştirme, kademeli lisans/kayıt rejimleri, teknik rehberlerin geliştirilmesi, teşvik mekanizmalarının uyarlanması ve kurumsal kapasitenin güçlendirilmesi gibi somut politika önerileri sunmaktadır. Bu önerilerin, Türkiye'nin enerji dönüşümü hedeflerine ulaşmasında ve enerjiye erişim, şebeke esnekliği ve karbon azaltımı gibi kamu yararı hedeflerine katkıda bulunmasında kritik rol oynayacağı vurgulanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Off-grid enerji sistemleri, minigrid, mikro şebeke, elektrik piyasası mevzuatı, Türkiye, Avrupa Birliği.

THE FRAMEWORK OF OFF-GRID ENERGY SYSTEMS LEGISLATION IN TÜRKİYE AND A COMPARATIVE ASSESSMENT WITH THE EU. ABSTRACT ABSTRACT

This paper examines the current regulatory framework for off-grid energy systems in Türkiye and compares it with approaches in the European Union (EU) and Germany. The study shows that in Türkiye, the concepts of off-grid, minigrid, and microgrid are not explicitly defined in

core energy legislation, and these systems are instead interpreted through indirect categories such as “internal installation,” “unlicensed generation,” or “licensed distribution.” This situation creates legal uncertainty, particularly for small-scale minigrids serving multiple users, and reduces predictability for investors.

In contrast, in the EU and Germany, concepts such as “energy communities,” “closed distribution systems,” and “island operation” enable microgrid-like structures to be defined and operated within the formal system. From the perspective of technical standards, while there is no comprehensive guideline specific to off-grid systems in Türkiye, detailed grid connection rules and guidelines based on IEC/IEEE standards exist in the EU/Germany. In terms of financial support mechanisms, instruments such as YEKDEM in Türkiye largely focus on grid-connected investments, whereas in the EU/Germany, multi-layered mechanisms such as storage incentives and support for energy communities make off-grid-like solutions more competitive.

The paper presents concrete policy recommendations to support the development of off-grid energy systems in Türkiye, including conceptual clarification, tiered licensing/registration regimes, the development of technical guidelines, the adaptation of support schemes, and the strengthening of institutional capacity. It is emphasized that these measures can play a critical role in achieving Türkiye’s energy transition targets and contributing to public interest goals such as energy access, grid flexibility, and carbon reduction.

Keywords: Off-grid energy systems, minigrid, microgrid, electricity market regulation, Türkiye, European Union.

1. GİRİŞ

Off-grid enerji sistemleri, son yıllarda hem akademik literatürde hem de politika tartışmalarında giderek daha fazla görünür hâle gelmiştir. Bu ilginin temelinde üç ana dinamik bulunmaktadır. Birincisi, enerjiye evrensel erişim hedefidir: Birleşmiş Milletler’in Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları içinde yer alan 7. hedef (SDG 7), 2030 yılına kadar herkes için erişilebilir, güvenilir ve modern enerji hizmetlerini öngörmektedir (International Energy Agency [IEA], 2017; United Nations, 2015). IEA’ya göre, bu hedefe ulaşmak için özellikle Sahra Altı Afrika ve Güney Asya’da, merkezi şebekeye ilave olarak off-grid ve minigrid çözümlerinin zorunlu bir araç olarak devreye girmesi gerekmektedir (IEA, 2017; IRENA, 2016).

İkinci dinamik, iklim krizi ve enerji dönüşümü bağlamıdır. IEA’nın Net Sıfır 2050 senaryosu, küresel elektrik üretiminde yenilenebilir enerji payının çok hızlı bir artış göstermesi gerektiğine işaret ederken, bu artışın önemli bir kısmının aynı zamanda dağıtık ve yerel ölçekli kaynaklar üzerinden gerçekleşeceğini vurgulamaktadır (IEA, 2021). Rüzgâr ve güneş gibi

değişken yenilenebilir kaynaklara dayalı üretimin etkin şekilde bütünleştirilebilmesi için, enerji depolama ve talep tarafı yönetimi ile desteklenen mikro şebeke ve minigrid mimarileri kritik bir rol üstlenmektedir (CIGRÉ, 2015; US DOE, 2020). Dağıtık üretim ve depolamanın entegrasyonu, hem üretim–tüketim dengesinin yerel düzeyde yönetilmesine hem de iletim ve dağıtım seviyesinde esneklik sağlanmasına katkıda bulunmaktadır.

Üçüncü dinamik ise, şebeke esnekliği ve afetlere dayanıklılık tartışmalarıdır. Son yıllarda artan aşırı hava olayları, orman yangınları, fırtınalar ve büyük ölçekli şebeke arızaları; kampüsler, hastaneler, sanayi bölgeleri ve kritik altyapılar için şebekeden bağımsız veya ada modunda çalışabilme kapasitesine sahip mikro şebekeleri gündemin üst sıralarına taşımıştır (US DOE, 2020; California Public Utilities Commission [CPUC], 2021). Bu bağlamda off-grid ve mikro şebeke çözümleri, yalnızca elektriğe erişimin olmadığı bölgelerde değil, halihazırda elektriğe erişimi olan ancak arz güvenliği, kalite ve kesinti sıklığı bakımından sorunlarla karşılaşan alanlarda da stratejik bir alternatif olarak görülmektedir. Örneğin Kaliforniya’da yangın kaynaklı geniş ölçekli kesinti riskleri, kamu kuruluşlarını ve özel sektörü mikro şebekeler kurmaya teşvik etmiştir (CPUC, 2021).

Türkiye, resmi istatistiklere göre neredeyse tam elektrifikasyon düzeyine ulaşmış olmakla birlikte, coğrafi ve sosyo ekonomik koşullar itibarıyla off-grid ve minigrid çözümler için çeşitli potansiyel alanlar barındırmaktadır. Dağlık ve dağınık yerleşim yapısına sahip kırsal bölgeler, mevsimlik nüfus barındıran turistik alanlar, sınır ve yayla yerleşimleri, balıkçı barınakları ve benzeri küçük tüketim kümeleri; geleneksel şebeke uzatma yaklaşımının maliyetli olabildiği örneklerdir (Bhattacharyya, 2013). Bunun yanında, organize sanayi bölgeleri, limanlar, kampüsler ve büyük ticaret merkezleri gibi tüketim merkezlerinde, dağıtık yenilenebilir üretim + depolama + mikro şebeke kombinasyonu, hem enerji maliyetlerinin yönetimi hem de kesintilere karşı dayanıklılık açısından giderek daha fazla gündeme gelmektedir.

Türkiye’nin enerji politikası belgeleri de, son dönemde dağıtık üretim, enerji verimliliği ve depolama kavramlarına daha fazla yer vermeye başlamıştır. Ulusal Enerji Verimliliği Eylem Planı ve diğer strateji belgelerinde, dağıtık üretimin ve akıllı şebekelerin yaygınlaştırılması hedeflenmekte; 2053 net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde elektrik sektörünün karbonsuzlaşmasında yenilenebilir kaynakların belirleyici olacağı vurgulanmaktadır (IEA, 2021; Presidency of the Republic of Türkiye, 2021). Ancak bu belgelerde off-grid veya minigrid sistemler, çoğunlukla “dağıtık üretim” ve “akıllı şebekeler” başlıkları altında dolaylı olarak anılmakta; ayrı ve kesin bir hukuki kategori olarak ele alınmamaktadır. Dolayısıyla politika söylemi ile mevzuat arasındaki bağ, off-grid perspektifinden bakıldığında henüz tam anlamıyla kurumsallaşmış sayılmaz.

Türkiye’de elektrik piyasasına ilişkin temel hukuki çerçeveyi oluşturan 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, iletim ve dağıtım faaliyetleriyle organize piyasa yapısını merkezine alan bir yaklaşım benimsemektedir. Kanun, lisanslı ve lisanssız üretim rejimini ayrıntılı biçimde düzenlerken, off-grid, minigrid veya mikro şebeke kavramlarına doğrudan yer vermemektedir (Elektrik Piyasası Kanunu, 2013). Bu nedenle, şebekeden tamamen bağımsız çalışan veya sadece belirli bir yerleşime hizmet veren yerel şebekelerin hukuki konumu, çoğu zaman “iç tesis”, “lisanssız üretim” veya “piyasa faaliyeti dışında kalan” elektrik üretimi gibi dolaylı kategoriler üzerinden yorumlanmakta; bu da yatırımcılar ve kullanıcılar açısından belirsizlik yaratmaktadır. Örneğin, bir yatırımcı tarafından kurulup birden fazla haneye düzenli olarak elektrik satan 50–100 kW’lık bir minigrid sistemi, kanun anlamında dağıtım ve perakende faaliyeti olarak görülüp tam lisans yükümlülükleriyle karşı karşıya kalabilmektedir.

Avrupa Birliği ve Almanya’da ise tablo görece farklıdır. AB’nin iç elektrik piyasasına ilişkin direktifleri ve Almanya’nın ulusal mevzuatı, “off-grid” kavramını açıkça tanımlamasa bile, enerji toplulukları, kapalı dağıtım sistemleri (closed distribution systems) ve ada işletme (island operation) gibi hukuki ve teknik kategorilerle, minigrid ve mikro şebekelerin önünü açan bir çerçeve sunmaktadır (Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz [BMWK], 2021; European Commission, 2019). Bu sayede, kampüsler, sanayi bölgeleri ve yerel topluluklar, dağıtık üretim ve depolamayı bir araya getirerek fiilen mikro şebeke niteliğinde sistemler kurabilmekte; bunlar da hukuken tanımlı roller ve piyasayla etkileşim mekanizmaları üzerinden işletilebilmektedir (Agora Energiewende, 2020; Khan & Bayer, 2021). Böyle bir ortam, yatırımcılar açısından hem teknik gerekler hem de ekonomik teşvikler bakımından daha öngörülebilir bir zemin sunmaktadır.

Bu bağlamda, Türkiye ile AB arasındaki temel fark yalnızca teknoloji veya yatırım hacmi değil, aynı zamanda hukuki kavramsallaştırma ve kurumsal tasarım düzeyindedir. Türkiye’de off-grid ve minigrid sistemler, mevzuatın “gri alanlarında” kalan (Şekil 1), daha çok bireysel girişimlere dayalı niş uygulamalar olarak ortaya çıkarken; AB bağlamında yerel ve dağıtık sistemler, enerji dönüşümünün ve piyasa tasarımının bilinçli ve bütüncül bir bileşeni olarak konumlandırılmaktadır. Bu fark, yalnızca yeni proje geliştirme süreçlerini değil, aynı zamanda uluslararası finansman, kalkınma kredileri ve iklim fonlarından yararlanma imkânlarını da etkilemektedir (IRENA, 2016; Tenenbaum, Greacen, Siyambalapitiya & Knuckles, 2014).



Şekil 1. Türkiye’de Enerji Politikası Hedefleri ve Mevzuat Alarasında kalan Gri alan Tasviri

Bu bildirinin amacı, bu çerçevede, şu sorulara odaklanmaktır:

1. Türkiye’de off-grid, minigrid ve mikro şebeke sistemleri mevcut mevzuat içinde nereye oturmaktadır?
2. AB ve özellikle Almanya’da kullanılan hukuki kavramlar (enerji toplulukları, kapalı dağıtım sistemleri, ada işletme vb.) ile Türkiye’deki yaklaşım karşılaştırıldığında, hangi yapısal farklar ortaya çıkmaktadır?
3. Lisanslama, teknik standartlar ve teşvik mekanizmaları açısından, Türkiye’nin off-grid/minigrid çözümlerinin gelişimini kolaylaştıracak düzenleyici iyileştirme alanları nelerdir?

Bu sorulara yanıt ararken çalışma:

- Mevcut mevzuatın (kanun, yönetmelik, AB direktifleri) metin analizi,
- AB/Almanya literatüründen seçilmiş ikincil kaynakların incelenmesi,
- Off-grid ve minigrid sistemlere ilişkin uluslararası iyi uygulama örneklerinin değerlendirilmesi

üzerine kurulmuştur (Agora Energiewende, 2020; Bhattacharyya, 2013; IEA, 2017; IRENA, 2016; Tenenbaum vd., 2014; Reber, Booth, Cutler, Li & Salasovich, 2018). Bildirinin kapsamı, kasıtlı olarak Türkiye–AB eksenine odaklanmakta; Türkiye ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki ayrıntılı karşılaştırmalar ve ampirik saha çalışmaları, daha geniş kapsamlı başka araştırmaların konusu olarak bırakılmaktadır.

Devam eden bölümlerde, önce Türkiye’de ve AB/Almanya’da off-grid ve minigrid sistemlerin mevzuattaki konumu ve tanımsal çerçevesi özetlenecek; ardından teknik standartlar ve teşvik mekanizmaları bakımından kısa bir karşılaştırma sunulacaktır. Son bölümde ise, Türkiye’de off-grid enerji sistemleri için daha açık ve öngörülebilir bir hukuki çerçeve geliştirilmesine yönelik politika önerileri tartışılacaktır.

2. MATERYAL VE METOD

2.1 Türkiye’de ve AB’de Off-Grid Sistemlerin Mevzuattaki Tanımı ve Yasal Karşılaştırmaları

2.1.1. Türkiye’de Off-grid Sistemlerin Mevzuattaki Konumu

Türkiye’de off-grid, minigrid veya mikro şebeke kavramları, ne 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu’nda ne de temel ikincil mevzuatta açık şekilde tanımlanmıştır (Elektrik Piyasası Kanunu, 2013; Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu [EPDK], 2023a, 2023b). Elektrik üretim faaliyetleri kural olarak lisanslı olup, lisanssız üretim rejimi esasen:

- Tüketim tesisine aynı ölçüm noktasından bağlı,
- Şebekeye bağlı öz-tüketim odaklı çatı ve saha GES projelerini

düzenlemektedir. İlgili yönetmelik, kısa kesintiler haricinde sürekli “ada modunda” çalışacak, ulusal şebekeyle fiziksel olarak bağlantısız yerel şebekeleri (örneğin bir köy minigridi) doğrudan hedeflemez (EPDK, 2023b).

Pratikte:

- Tamamen off-grid olan, yalnızca kendi ihtiyacını karşılayan küçük ölçekli sistemler (örneğin tek konut veya tek işletme için PV + batarya) çoğu durumda elektrik piyasası anlamında lisans gerektirmeyen iç tesisler olarak kabul edilmektedir. Bu durumda, yapı ruhsatı, iç tesis projesi ve benzeri genel teknik/idari yükümlülükler söz konusudur.
- Buna karşılık bir yatırımcı tarafından kurulan ve birden fazla haneye düzenli olarak elektrik satan küçük bir minigrid, kanun çerçevesinde dağıtım ve perakende satış faaliyeti olarak değerlendirilebileceğinden, ilgili dağıtım bölgesinde dağıtım/tedarik lisansı gerektirmekte ve bu da 10–100 kW ölçekli projeler için pratikte aşılması zor bir engel yaratmaktadır (Elektrik Piyasası Kanunu, 2013).

Bu nedenle, kırsal bölgelerde veya şebekenin ekonomik olarak uzatılamadığı sahalarda kurulabilecek minigrid çözümleri, ya fiilen kayıt dışı kalmakta ya da hukuken “tek tüketicili öz tüketim” gibi ara çözümlerle tanımlanmaya çalışılmaktadır. Benzer şekilde, sanayi bölgeleri veya kampüslerde şebekeden belirli ölçüde ayrılmış ada işletme senaryoları için de mevzuatta özel bir mikro şebeke kategorisi bulunmamaktadır; bu tür uygulamalar çoğu zaman dağıtım şirketiyle yapılan bağlantı anlaşmalarının özel hükümleri aracılığıyla şekillenmektedir.

2.1.2. Lisanslama, Lisanssız Üretim ve İç Tesis Ayrımları

Elektrik Piyasası Kanunu uyarınca, üretim ve dağıtım faaliyetleri esas itibarıyla lisansa tabidir; istisna olarak, belirli güç sınırının altındaki ve belirli bağlantı tiplerine sahip üretim

tesisleri lisanssız sayılabilmektedir (Elektrik Piyasası Kanunu, 2013; EPDK, 2023b). Lisanssız üretim çerçevesinin temel özellikleri:

- Şebekeye fiziksel bağlantı şartı,
- Üretim tesisinin çoğunlukla tüketim tesisleriyle ilişkilendirilmesi,
- Fazla enerjinin şebekeye verilmesi ve belirli bedeller üzerinden mahsuplaşma imkânı,

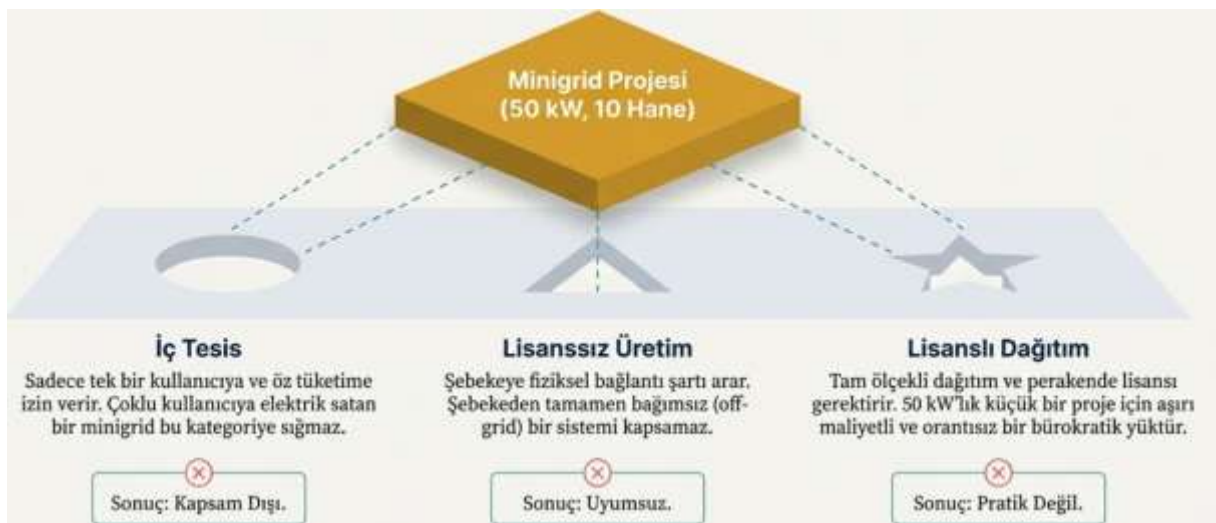
olarak özetlenebilir. Dolayısıyla, şebekeye hiç bağlanmayan veya şebekeden tamamen ayrılmış (kalıcı ada işletme) konfigürasyonlar, lisanssız üretim rejimi altında doğrudan düzenlenen bir kategori değildir.

“İç tesis” kavramı ise, bir bina veya tesise ait iç elektrik tesisatını ve ona bağlı üretim tesislerini ifade eder. Bu kapsamda kurulan küçük ölçekli PV + batarya sistemleri, yalnızca tek kullanıcıya hizmet verip elektrik satışına konu olmadığı sürece, piyasa faaliyeti olarak değerlendirilmez. Bu da bireysel, küçük ve öz tüketim odaklı off-grid çözümler için belirli bir esneklik sağlar. Ancak birden fazla kullanıcıya hizmet veren, ölçüm ve faturalama ilişkisi kuran yerel şebekeler, bu çerçeveye sığmamaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye’de off-grid sistemlerin hukuki konumu üçlü bir ayrıma sıkışmaktadır:

1. Tekil öz tüketim iç tesisleri (fiilen off-grid olabilir, ancak piyasa faaliyeti sayılmaz),
2. Lisanssız üretim tesisleri (şebekeye bağlı, ağırlıklı olarak öz tüketim ve sınırlı satış),
3. Lisans gerektiren dağıtım ve perakende faaliyetleri (off-grid minigrid bu kategoriye girdiğinde, tam ölçekli bir dağıtım/tedarik lisansını gerektirir).

Bu ayrım, özellikle küçük ölçekli çoklu kullanıcı minigrid sistemler için uygun bir “orta yol” kategorisinin bulunmadığını göstermektedir.



Şekil 2. Türkiye’de Minigrid kavramının Mevzuatta Karşılıksız Bulunmaması

2.1.3. AB ve Almanya’da Off-grid İlgili Kavramlar

AB düzeyinde “off-grid” terimi mevzuatta merkezi bir kavram olarak yer almasa da, enerji toplulukları (renewable energy communities, citizen energy communities), kapalı dağıtım

sistemleri ve esnek işletme kipleri (ör. ada işletme) üzerinden yerel ağ ve mikro şebekelerin hukuki zemini güçlendirilmiştir. Özellikle 2019/944 sayılı Elektrik Piyasası Direktifi:

- Tüketicilerin kendi elektriklerini üretme, depolama ve tüketme,
- Fazlasını şebekeye satma,
- Yerel enerji toplulukları şeklinde örgütlenme

haklarını açıkça tanımlamaktadır (European Commission, 2019). Bu topluluklar, dağıtık üretim ve yerel paylaşımı düzenlenmiş bir çerçeve içinde mümkün kılar.

Almanya’da Energiewirtschaftsgesetz (EnWG) ve Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) çerçevesinde:

- Kapalı dağıtım sistemi (geschlossene Verteilernetze) statüsü, belirli bir alan veya tesis içindeki kullanıcıların hizmet verdiği özel şebekeler için daha hafif bir düzenleme imkânı sağlamaktadır (BMWK, 2021). Bu, örneğin sanayi parkları, kampüsler veya büyük ticari kompleksler içindeki özel ağlar için kullanılır.
- “Ada işletme” (Inselbetrieb) kavramı ve ilgili teknik kılavuzlar, mikro şebekelerin şebekeden geçici veya kalıcı olarak ayrışmasına imkân tanırken; yeniden bağlanma ve senkronizasyon süreçleri için ayrıntılı teknik şartlar öngörülmektedir (CIGRÉ, 2015).
- Prosumer modelleri ve enerji toplulukları, özellikle dağıtık PV ve rüzgâr yatırımlarının yerel düzeyde örgütlenmesini ve paylaşılmasını desteklemektedir (Agora Energiewende, 2020; Khan & Bayer, 2021).

Burada dikkat çekici olan, Almanya/AB’de off-grid ile ilgili kategorilerin çoğu zaman dolaylı (örn. kapalı dağıtım sistemi, enerji topluluğu) olsa da, yatırımcı ve kullanıcılar için uygulanabilir ve öngörülebilir bir çerçeve sunmasıdır. Kampüs veya sanayi bölgesi gibi alanlarda, normalde şebekeye bağlı çalışan ancak gerektiğinde ada moduna geçebilen sistemler, hukuken tanımlı statüler üzerinden yönetilmektedir. Tamamen şebekeden ayrılmak isteyen yerel sistemler için de özel mülk içi ağ veya kapalı dağıtım sistemi gibi araçlar bulunmaktadır.

2.1.4. Türkiye–AB Karşılaştırması: Tanımlar ve Hukuki Yaklaşım

Kavramsal ve hukuki çerçeve açısından Türkiye–AB karşılaştırması şu başlıklarda özetlenebilir:

1. Tanımlar ve kavramsallaştırma:
 - Türkiye’de off-grid, minigrid ve mikro şebeke terimleri temel enerji mevzuatında yer almamakta; bu sistemler dolaylı kavramlarla (iç tesis, lisanssız üretim, lisanslı dağıtım) ilişkilendirilmektedir.

- AB/Almanya’da “off-grid” terimi doğrudan merkezde olmasa da, enerji toplulukları, kapalı dağıtım sistemleri ve ada işletme gibi kavramlar, mikro şebeke ve minigrid benzeri yapıların mekânsal ve işlevsel olarak tanımlanabilmesini sağlamaktadır (European Commission, 2019; BMWK, 2021).
- 2. Lisanslama ve yetkilendirme:
 - Türkiye’de çoklu kullanıcıya hizmet veren minigrid sistemler, mevcut rejimde ya tam lisanslı dağıtım/tedarik faaliyetleri kapsamına girmekte ya da gri alanda kalmaktadır. Küçük ölçekli minigridler için kademeli lisans/kayıt mekanizması bulunmamaktadır.
 - Almanya’da ise kapalı dağıtım sistemleri ve özel mülk içi şebekeler için daha hafif yükümlülükler öngörülmekte; bu sayede küçük ve orta ölçekli yerel ağlar, formel sisteme entegre edilebilmektedir (Agora Energiewende, 2020).
- 3. Piyasa entegrasyonu ve haklar:
 - AB direktifleri, enerji topluluklarına ve bireysel tüketicilere açık üretim, depolama ve satış hakları tanırken; Türkiye’de off-grid sistemler çoğunlukla piyasa tasarımının dışında, “tamamen özel” çözümler olarak algılanmaktadır.
 - Bu fark, özellikle yerel ölçekte enerji paylaşımı ve ticareti söz konusu olduğunda belirginleşmektedir (Khan & Bayer, 2021).

Bu karşılaştırma, Türkiye’de off-grid ve minigrid sistemlerin gelişimi için yalnızca teknik ve finansal araçların değil, aynı zamanda hukuki kavram setinin ve lisanslama mimarisinin de yeniden ele alınması gerektiğine işaret etmektedir. Bir sonraki bölümde, bu kavramsal farkların teknik standartlar ve teşvik mekanizmalarına nasıl yansıdığı kısaca tartışılacaktır.

2.2. Standart ve Teşvik Kıyaslamaları

Off-grid ve minigrid sistemlerin yaygınlaşmasında, hukuki tanımların ve lisanslama rejimlerinin yanı sıra, teknik standartlar ve finansal teşvik mekanizmaları da belirleyici rol oynamaktadır. Bu bölümde, Türkiye’deki mevcut durum ile AB ve Almanya’daki yaklaşımlar bu iki temel boyut üzerinden karşılaştırılacaktır.

2.2.1. Teknik Standartlar ve Mikro Şebeke Perspektifi

Off-grid ve minigrid sistemler, ulusal şebekeden bağımsız veya yarı bağımsız çalıştıkları için, kendine özgü teknik zorluklar ve gereklilikler barındırır. Bu sistemlerin güvenli, güvenilir ve verimli bir şekilde işletilebilmesi için net teknik standartlara ihtiyaç duyulmaktadır.

2.2.1.1. Türkiye’deki Teknik Standartlar

Türkiye’de elektrik tesislerinin projelendirilmesi, kurulması ve işletilmesine ilişkin temel teknik düzenlemeler, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği ve ilgili Türk Standartları (TS) tarafından belirlenmektedir. Bu yönetmelikler,

genel elektrik güvenliği, topraklama, yalıtım, koruma ve ekipman seçimi gibi konularda asgari gereklilikleri ortaya koyar. Ancak bu düzenlemeler, büyük ölçüde ulusal şebekeye bağlı, tek yönlü güç akışına sahip geleneksel elektrik sistemleri için tasarlanmıştır.

Mikro şebeke veya minigrid yapılarını bağımsız bir teknik kategori olarak ele alan, ada işletme (island operation), şebekeden ayrılma (disconnection) ve şebekeye yeniden bağlanma (reconnection), çoklu kaynak entegrasyonu (multi-source integration), koruma koordinasyonu (protection coordination) ve gerilim/frekans kontrolü gibi off-grid sistemlere özgü karmaşık teknik konulara ilişkin ayrıntılı ve bütüncül bir mevzuat bulunmamaktadır. Bu tür konular, genellikle:

- Dağıtım şirketleriyle yapılan bağlantı anlaşmalarının teknik eklerinde,
- Proje onayı süreçlerinde proje bazlı çözümlerle,
- Veya uluslararası standartlara (örn. IEC, IEEE) atıf yapılarak

yürütülmektedir. Bu durum, özellikle yatırımcılar ve proje geliştiriciler açısından teknik öngörülebilirliği sınırlamakta ve her projenin ayrı ayrı teknik onay süreçlerinden geçmesini gerektirmektedir. Bu da maliyet ve zaman açısından ek yükler getirmektedir. Örneğin, bir minigridin ulusal şebekeden ayrılıp ada modunda çalışabilmesi için gerekli olan otomatik transfer anahtarları, koruma röleleri ve haberleşme sistemleri gibi bileşenlerin teknik özellikleri ve test prosedürleri, genel yönetmeliklerde açıkça tanımlanmamıştır.

Batarya depolama sistemlerinin güvenliği ve entegrasyonu konusunda da benzer bir durum söz konusudur. Türkiye’de batarya depolama sistemlerine ilişkin genel güvenlik standartları mevcut olsa da, özellikle lityum-iyon bataryaların büyük ölçekli off-grid veya mikro şebeke uygulamalarında kullanımı, yangın güvenliği, termal yönetim ve şebeke entegrasyonu gibi konularda özel ve detaylı teknik kılavuzlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu eksiklik, yeni teknolojilerin adaptasyonunu yavaşlatabilmektedir.

2.2.1.2 AB ve Almanya’da Teknik Standartlar

AB ve Almanya’da ise, mikro şebekeler ve dağıtık enerji kaynaklarının entegrasyonu için çok daha gelişmiş ve ayrıntılı teknik standartlar ve kılavuzlar mevcuttur. Bu durum, büyük ölçüde AB’nin enerji dönüşümü hedefleri ve Almanya’nın Energiewende (Enerji Dönüşümü) politikasıyla doğrudan ilişkilidir.

Uluslararası Standartlara Uyum: Almanya, IEC (International Electrotechnical Commission) ve IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) gibi uluslararası standartları ulusal mevzuatına entegre etme konusunda öncüdür. Özellikle IEEE 1547 (Dağıtık Kaynakların Elektrik Güç Sistemleriyle Bağlantısı için Standart) gibi standartlar, mikro şebekelerin

şebekeye bağlantısı, ada modunda çalışması ve yeniden senkronizasyonu için temel teknik gereklilikleri belirler (IEEE, 2018).

Bağlantı Kuralları (Grid Codes): Almanya’da dağıtım ve iletim sistemi operatörleri (DSO/TSO) tarafından yayımlanan bağlantı kuralları (Netzanschlussregeln), dağıtık üretim tesislerinin ve depolama sistemlerinin şebekeye nasıl bağlanacağını, hangi teknik özelliklere sahip olması gerektiğini ve hangi testlerden geçmesi gerektiğini ayrıntılı olarak tanımlar. Bu kurallar, mikro şebekelerin şebekeyle uyumlu çalışmasını ve gerektiğinde ada moduna geçebilmesini sağlar (VDE-AR-N 4105, 2018).

Ada İşletme ve Mikro Şebeke Kılavuzları: Almanya’da, özellikle sanayi bölgeleri, kampüsler ve hastaneler gibi kritik altyapılar için mikro şebeke ve ada işletme senaryolarına yönelik detaylı teknik kılavuzlar ve uygulama örnekleri mevcuttur. Bu kılavuzlar, mikro şebeke kontrol sistemleri, koruma şemaları, haberleşme altyapısı ve siber güvenlik gibi konuları kapsar (CIGRÉ, 2015).

Batarya Depolama Sistemleri: Almanya, batarya depolama sistemlerinin güvenliği ve şebekeye entegrasyonu konusunda da kapsamlı standartlara sahiptir. VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik) tarafından yayımlanan standartlar, batarya sistemlerinin tasarımı, kurulumu, işletilmesi ve bakımı için detaylı kurallar içerir; bu da off-grid ve mikro şebeke uygulamalarında güvenliği ve performansı artırır.

Bu gelişmiş teknik çerçeve, yatırımcılar ve proje geliştiriciler için yüksek bir öngörülebilirlik sağlamakta, aynı zamanda sistemlerin güvenilirliğini ve ulusal şebekeyle uyumunu garanti altına almaktadır.

2.2.2. Teşvik Mekanizmaları Açısından Türkiye–AB Karşılaştırması

Finansal teşvikler, off-grid ve minigrid sistemlerin ilk yatırım maliyetlerinin yüksekliği göz önüne alındığında, bu teknolojilerin yaygınlaşmasında kritik bir faktördür.

2.2.2.1. Türkiye’deki Teşvik Mekanizmaları

Türkiye’de yenilenebilir enerji yatırımlarını destekleyen başlıca mekanizma Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması (YEKDEM) olup, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu, 2005) ve ilgili ikincil mevzuat çerçevesinde uygulanmaktadır. YEKDEM, belirli yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten ve ulusal şebekeye bağlı tesislere, belirli bir süre boyunca alım garantisi ve/veya piyasa primleri sunmaktadır (EPDK, 2023a).

Off-grid çalışan ve ulusal şebekeye hiç enerji vermeyen sistemler:

- YEKDEM alım garantisi,
- Bağlantılı vergi istisnaları ve benzeri araçlardan

yararlanamamaktadır. Lisanssız üretim rejimi kapsamında şebekeye bağlı öz-tüketim tesisleri için fazla enerjinin şebekeye verilmesi ve mahsuplaşma imkânı bulunsa da, bu da off-grid sistemleri doğrudan kapsamamaktadır.

Genel yatırım teşviki sistemi kapsamında, yenilenebilir enerji ekipmanları için KDV istisnası, gümrük vergisi muafiyeti veya vergi indirimi gibi avantajlar söz konusu olabilse de, bu teşvikler off-grid/minigrid sistemlerini hedefleyen özel bir tasarım veya öncelik içermemektedir. Özellikle kırsal elektrifikasyon veya afet dayanıklılığı gibi off-grid sistemlerin temel faydalarına yönelik doğrudan bir finansal destek mekanizması bulunmamaktadır. Bu durum, off-grid projelerin finansmanını zorlaştırmakta ve yatırımcılar için ek riskler oluşturmaktadır.

2.2.2.2. AB ve Almanya’da Teşvik Mekanizmaları

AB ve Almanya’da, dağıtık ve yerel enerji sistemlerini destekleyen çok çeşitli ve katmanlı teşvik mekanizmaları mevcuttur.

Alım Garantileri ve Piyasa Primleri (EEG): Almanya’nın Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) yasası, uzun yıllar boyunca yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üreten tesislere sabit alım garantileri (feed-in tariffs) sunmuş, daha sonra bu sistemi piyasa primleri ve ihalelerle desteklemiştir (Agora Energiewende, 2020). Bu mekanizmalar, özellikle çatı GES ve küçük ölçekli rüzgâr türbinleri gibi dağıtık üretim tesislerinin yaygınlaşmasında kritik rol oynamıştır. Her ne kadar bu teşvikler doğrudan off-grid sistemleri hedeflemese de, dağıtık üretimin genel olarak yaygınlaşmasına katkıda bulunmuştur.

Enerji Toplulukları ve Yerel Paylaşım Teşvikleri: AB’nin Elektrik Piyasası Direktifi, enerji topluluklarının kurulmasını ve işletilmesini teşvik ederek, yerel düzeyde üretilen enerjinin paylaşımını ve ticaretini kolaylaştırmaktadır (European Commission, 2019). Almanya’da da bu tür topluluklar için vergi avantajları ve basitleştirilmiş idari süreçler gibi destekler mevcuttur. Bu, minigrid benzeri yapıların ekonomik olarak sürdürülebilirliğini artırmaktadır.

Depolama Teşvikleri: Almanya, batarya depolama sistemlerinin kurulumunu desteklemek için çeşitli programlar sunmaktadır. Örneğin, KfW (Kreditanstalt für Wiederaufbau) bankası aracılığıyla düşük faizli krediler ve hibe programları, özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarıyla entegre depolama sistemlerinin yaygınlaşmasını teşvik etmektedir. Bu tür teşvikler, off-grid ve mikro şebeke projelerinin maliyet etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır.

Araştırma ve Geliştirme Fonları: AB ve Almanya, mikro şebeke teknolojileri, akıllı şebeke çözümleri ve enerji depolama alanındaki araştırma ve geliştirme faaliyetlerini desteklemek için önemli fonlar ayırmaktadır. Bu fonlar, yeni teknolojilerin ticarileşmesini hızlandırmakta ve off-grid çözümlerin teknik olgunluğunu artırmaktadır.

Bu açıdan bakıldığında, Türkiye’de mevcut teşvik mimarisi güçlü olmakla birlikte, şebekeye bağlı merkezî ve yarı-merkezî yenilenebilir yatırımlara öncelik vermekte, off-grid ve minigrid çözümlerini ise büyük ölçüde kapsam dışında bırakmaktadır. AB/Almanya örneklerinde ise dağıtık ve yerel sistemler, hem teknik hem de finansal araçlarla daha bütüncül şekilde desteklenmekte, bu da off-grid benzeri çözümlerin piyasada daha rekabetçi olmasını sağlamaktadır.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu bildiri, Türkiye’de off-grid enerji sistemlerinin hukuki ve kurumsal çerçevesini kısaca özetleyerek, AB/Almanya örnekleriyle karşılaştırmıştır. Bulgular, Türkiye’de off-grid ve minigrid sistemlerin mevcut mevzuat içinde açık ve sistematik bir konuma sahip olmadığını, bu durumun ise hem yatırımcılar hem de kullanıcılar açısından belirsizlik ve engeller yarattığını göstermektedir. Bu sonuç bölümünde, çalışmanın temel bulguları özetlenecek ve Türkiye’de off-grid enerji sistemleri için daha açık ve öngörülebilir bir düzenleyici çerçeve geliştirilmesine yönelik somut politika önerileri sunulacaktır.

3.1. Temel Bulgular

Çalışmanın temel bulguları şu başlıklar altında özetlenebilir:

3.1.1. Kavramsal ve Hukuki Boşluk

Türkiye’de 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ve ilgili ikincil mevzuat, off-grid, minigrid veya mikro şebeke kavramlarını doğrudan tanımlamamaktadır. Bu sistemler, çoğu zaman "iç tesis", "lisanssız üretim" veya "lisanslı dağıtım" gibi dolaylı kategoriler üzerinden yorumlanmakta; bu da özellikle çoklu kullanıcıya hizmet veren küçük ölçekli minigridler için ciddi hukuki belirsizlikler yaratmaktadır. Bir yatırımcının 10–100 kW ölçeğinde bir minigrid kurup birkaç haneye elektrik satmak istemesi durumunda, mevcut çerçevede ya tam ölçekli bir dağıtım/tedarik lisansı alması gerekmekte ya da sistem fiilen kayıt dışı kalmaktadır.

Buna karşılık AB ve Almanya’da, her ne kadar "off-grid" terimi doğrudan merkezi bir kavram olarak kullanılmasa da, enerji toplulukları, kapalı dağıtım sistemleri ve ada işletme gibi hukuki araçlar, mikro şebeke ve minigrid benzeri yapıların formel sistem içinde tanımlanabilmesini ve işletilebilmesini sağlamaktadır. Bu fark, yalnızca terminolojik değil, aynı zamanda kurumsal ve işlevsel bir farktır.

3.1.2. Lisanslama ve Yetkilendirme Engelleri

Türkiye’de lisanslama rejimi, büyük ölçüde ulusal şebekeye bağlı, merkezi piyasa yapısı etrafında tasarlanmıştır. Küçük ölçekli minigridler için kademeli lisans veya basitleştirilmiş kayıt mekanizması bulunmamaktadır. Bu durum, özellikle kırsal bölgelerde veya şebekenin ekonomik olarak uzatılamadığı alanlarda, özel sektör veya topluluk inisiyatiflerinin off-grid çözümler geliştirmesini engellemektedir.

AB/Almanya'da ise kapalı dağıtım sistemleri ve özel mülk içi şebekeler için daha hafif yükümlülükler öngörülmekte; bu sayede küçük ve orta ölçekli yerel ağlar, formel sisteme entegre edilebilmektedir. Bu yaklaşım, hem yatırımcılar için öngörülebilirlik sağlamak hem de düzenleyici otoritelerin gözetim kapasitesini korumaktadır.

3.1.3. Teknik Standartlar ve Öngörülebilirlik

Türkiye'de elektrik tesislerine ilişkin genel güvenlik ve kalite standartları mevcut olmakla birlikte, mikro şebeke ve minigrid yapılarına özgü ada işletme, koruma koordinasyonu, şebekeye entegrasyon ve batarya depolama gibi konularda ayrıntılı ve bütüncül teknik kılavuzlar bulunmamaktadır. Bu eksiklik, her projenin ayrı ayrı teknik onay süreçlerinden geçmesini gerektirmekte ve yatırımcılar için ek maliyet ve zaman yükü oluşturmaktadır.

AB ve Almanya'da ise IEC/IEEE standartları ve ulusal teknik kılavuzlar üzerinden, mikro şebekeler ve dağıtık enerji kaynaklarının entegrasyonu için çok daha gelişmiş ve ayrıntılı bir çerçeve mevcuttur. Bu durum, yatırımcılar için yüksek bir öngörülebilirlik sağlamak ve sistemlerin güvenilirliğini artırmaktadır.

3.1.4. Teşvik Mekanizmalarının Sınırlı Kapsamı

Türkiye'de YEKDEM ve genel yatırım teşvikleri, büyük ölçüde şebekeye bağlı yenilenebilir enerji yatırımlarına odaklanmaktadır. Off-grid ve minigrid sistemler, bu teşvik mekanizmalarının kapsamı dışında kalmakta; özellikle kırsal elektrifikasyon, afet dayanıklılığı veya enerji erişimi gibi off-grid sistemlerin temel faydalarına yönelik doğrudan bir finansal destek mekanizması bulunmamaktadır.

AB ve Almanya'da ise dağıtık ve yerel enerji sistemleri, alım garantileri, piyasa primleri, depolama teşvikleri, enerji toplulukları için vergi avantajları ve araştırma-geliştirme fonları gibi çok katmanlı teşvik mekanizmalarıyla desteklenmektedir. Bu bütüncül yaklaşım, off-grid benzeri çözümlerin piyasada daha rekabetçi olmasını sağlamaktadır.

3.2. Politika Önerileri

Yukarıdaki bulgular ışığında, Türkiye'de off-grid enerji sistemlerinin gelişimini desteklemek ve bu sistemleri enerji politikasının tanımlı bir bileşeni haline getirmek için aşağıdaki politika önerileri sunulmaktadır:

3.2.1. Kavramsal Çerçevenin Netleştirilmesi

Öneri: 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu'nda veya çerçeve bir yönetmelikte, off-grid, minigrid ve mikro şebeke kavramlarının net teknik ve hukuki tanımlarla yer alması sağlanmalıdır.

Gerekçe: Hukuki belirsizlik, yatırımcılar ve kullanıcılar için en büyük engellerden biridir. Açık tanımlar, hem idari süreçlerin hızlanmasını hem de yargısal uyuşmazlıkların azalmasını sağlayacaktır. Örneğin:

- Off-grid sistem: Ulusal iletim veya dağıtım şebekesine sürekli olarak bağlı olmayan, bağımsız elektrik üretim ve dağıtım sistemi.
- Minigrid: Belirli bir coğrafi alanda, birden fazla kullanıcıya hizmet veren, ulusal şebekeden bağımsız veya sınırlı bağlantılı yerel elektrik şebekesi.
- Mikro şebeke: Dağıtık enerji kaynakları, depolama ve yük yönetimi içeren, şebekeye bağlı veya ada modunda çalışabilen yerel enerji sistemi.

Bu tanımlar, uluslararası literatür ve iyi uygulamalarla uyumlu olmalı; aynı zamanda Türkiye'nin mevcut piyasa yapısına entegre edilebilir olmalıdır (Bhattacharyya, 2013; IRENA, 2016).

3.2.2. Kademeli Lisans ve Kayıt Rejiminin Oluşturulması

Öneri: Minigrid ve off-grid şebekeler için, güç ve abone sayısına göre farklılaştırılmış, basitleştirilmiş lisans veya kayıt sistemi geliştirilmelidir.

Gerekçe: Tam ölçekli dağıtım/tedarik lisansı, küçük ölçekli minigridler için orantısız bir yük oluşturmaktadır. Kademeli bir sistem, örneğin:

- 0–50 kW ve 10 aboneye kadar: Basit kayıt (notification),
- 50–500 kW ve 50 aboneye kadar: Basitleştirilmiş lisans,
- 500 kW üzeri: Standart lisans

şeklinde tasarlanabilir. Bu yaklaşım, Kenya ve diğer gelişmekte olan ülkelerde başarıyla uygulanmaktadır (Tenenbaum vd., 2014; Reber vd., 2018). Böyle bir sistem, hem düzenleyici gözetimi koruyacak hem de küçük yatırımcılar için giriş engellerini azaltacaktır.

3.2.3. Teknik Rehber ve Standartların Geliştirilmesi

Öneri: EPDK ve ilgili kurumlar tarafından, mikro şebekeler ve minigridler için ada işletme, koruma koordinasyonu, şebekeye entegrasyon ve batarya depolama konularını kapsayan ayrıntılı bir teknik rehber yayımlanmalıdır.

Gerekçe: Teknik belirsizlik, proje geliştirme sürecini yavaşlatmakta ve maliyetleri artırmaktadır. Bir teknik rehber:

- Yatırımcılar için hangi ekipman ve sistemlerin gerekli olduğunu netleştirecek,
- Dağıtım şirketleri için bağlantı ve entegrasyon süreçlerini standartlaştıracak,
- Güvenlik ve güvenilirlik standartlarını garanti altına alacaktır.

Bu rehber, IEC, IEEE ve VDE gibi uluslararası standartlarla uyumlu olmalı; aynı zamanda Türkiye'nin yerel koşullarını da dikkate almalıdır (IEEE, 2018; VDE-AR-N 4105, 2018).

3.2.4. Teşvik Mekanizmalarının Uyarlanması ve Genişletilmesi

Öneri: YEKDEM ve genel yatırım teşvik sistemi, belirli ölçeğe kadar off-grid/minigrid projeleri için de dolaylı veya hedefli destekler içerecek şekilde revize edilmelidir.

Gerekçe: Off-grid sistemler, şebekeye enerji satmadıkları için mevcut teşvik mekanizmalarından yararlanamamaktadır. Ancak bu sistemler, özellikle:

- Kırsal elektrifikasyon ve enerji erişimi,
- Afet dayanıklılığı ve kritik altyapıların korunması,
- Karbon emisyonlarının azaltılması

gibi kamu yararı hedeflerine önemli katkılar sağlamaktadır. Bu nedenle:

- Off-grid minigridler için yatırım hibesi veya düşük faizli kredi programları,
- Batarya depolama sistemleri için özel teşvikler,
- Kırsal bölgelerde off-grid çözümler geliştiren topluluklar ve STK'lar için hibe programları

gibi araçlar geliştirilebilir. Almanya'nın KfW kredileri ve AB'nin enerji topluluğu teşvikleri, bu konuda iyi örnekler sunmaktadır (Agora Energiewende, 2020; European Commission, 2019).

3.2.5. Kurumsal Kapasitenin Güçlendirilmesi

Öneri: EPDK ve ilgili kurumlar bünyesinde, off-grid ve minigrid sistemlere odaklanan uzmanlaşmış bir birim veya çalışma grubu oluşturulmalıdır.

Gerekçe: Off-grid sistemler, teknik, hukuki ve ekonomik açıdan kendine özgü zorluklar barındırmaktadır. Bu alanda uzmanlaşmış bir birim:

- Mevzuat geliştirme süreçlerinde teknik destek sağlayacak,
- Pilot projelerin izlenmesi ve değerlendirilmesini koordine edecek,
- Uluslararası iyi uygulamaların Türkiye'ye adaptasyonunu kolaylaştıracaktır.

Bu tür bir kurumsal yapı, Kenya'nın Energy and Petroleum Regulatory Authority (EPRA) bünyesindeki minigrid birimine benzer şekilde tasarlanabilir (Tenenbaum vd., 2014).

3.2.6. Pilot Projeler ve Araştırma-Geliştirme Desteği

Öneri: Türkiye'nin farklı coğrafi ve sosyo-ekonomik bölgelerinde, pilot off-grid ve minigrid projeleri desteklenmeli ve bu projelerin sonuçları sistematik olarak değerlendirilmelidir.

Gerekçe: Pilot projeler, mevzuat ve politika tasarımı için değerli veriler sağlayacak; aynı zamanda yerel aktörlerin (belediyeler, kooperatifler, STK'lar) kapasitesini artıracaktır. Bu projeler:

- Kırsal elektrifikasyon,
- Turizm bölgelerinde mevsimlik enerji ihtiyacı,

- Sanayi bölgelerinde mikro şebeke uygulamaları

gibi farklı senaryoları kapsayabilir. Ayrıca, üniversiteler ve araştırma kurumları ile işbirliği içinde, off-grid teknolojileri ve iş modellerine yönelik araştırma-geliştirme faaliyetleri desteklenmelidir.

3.3. Genel Değerlendirme ve Sonuç

Off-grid enerji sistemleri, Türkiye'nin enerji politikasında şu anda büyük ölçüde ikincil ve tanımsız bir alan olarak kalmaktadır. Oysa uluslararası deneyim, doğru tasarlanmış bir düzenleyici çerçeve ve hedefli teşvik mekanizmalarıyla off-grid ve minigrid çözümlerinin:

- Enerjiye erişimi hızlandıran,
- Şebeke esnekliğini ve afetlere dayanıklılığı artıran,
- Karbon emisyonlarını azaltan,
- Yerel ekonomik kalkınmayı destekleyen

etkin araçlar haline gelebileceğini göstermektedir (IEA, 2017; IRENA, 2016; Tenenbaum vd., 2014).



Şekil 3. Çözüm Önerisi Akış Şeması

Türkiye'nin mevcut kurumsal kapasitesi, yenilenebilir enerji tecrübesi ve teknik altyapısı dikkate alındığında, bu alanda nispeten kısa sürede önemli ilerlemeler kaydetmek mümkündür. Bunun için gerekli olan, off-grid enerji sistemlerini enerji piyasası düzenlemesinin "gri alanlarından" çıkarıp, açık tanımlara, öngörülebilir kurallara ve stratejik hedeflere dayanan bir politika alanı haline getirmektir.

Bu bildiri, söz konusu dönüşüm için bir çerçeve sunmayı amaçlamakta; detaylandırılmış mevzuat taslakları, pilot uygulama modelleri ve nicel etki analizleriyle desteklenecek sonraki araştırmalar için bir başlangıç noktası teşkil etmektedir. Türkiye'nin 2053 net sıfır emisyon

hedefi ve enerji dönüşümü vizyonu çerçevesinde, off-grid ve minigrid sistemler, merkezi şebeke yatırımlarının tamamlayıcısı olarak stratejik bir rol üstlenebilir. Bu potansiyelin hayata geçirilebilmesi için, hukuki, teknik ve finansal araçların bütüncül bir şekilde yeniden tasarlanması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

Agora Energiewende. (2020). The German Energiewende in practice: Successes and challenges. Agora Energiewende.

Bhattacharyya, S. C. (2013). Rural electrification through decentralised off-grid systems in developing countries. Springer.

Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. (2021). Gesetz über die Elektrizitäts- und Gasversorgung (Energiewirtschaftsgesetz – EnWG). BMWK.

California Public Utilities Commission. (2021). Microgrids and resilient communities: CPUC microgrid rulemaking (R.19-09-009). CPUC.

CIGRÉ. (2015). Microgrids 1: Engineering, economics, & experience (Technical Brochure No. 635). International Council on Large Electric Systems.

Elektrik Piyasası Kanunu, Kanun No. 6446, 14 Mart 2013, Resmî Gazete No. 28603.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2023a). Elektrik piyasası lisans yönetmeliği. EPDK.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu. (2023b). Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretim yönetmeliği. EPDK.

European Commission. (2019). Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on common rules for the internal market for electricity and amending Directive 2012/27/EU. Official Journal of the European Union, L158, 125–199.

IEEE. (2018). IEEE Standard for Interconnection and Interoperability of Distributed Energy Resources with Associated Electric Power Systems Interfaces (IEEE Std 1547-2018). IEEE.

International Energy Agency. (2017). Energy access outlook 2017: From poverty to prosperity. IEA.

International Energy Agency. (2021). Net zero by 2050: A roadmap for the global energy sector. IEA.

International Renewable Energy Agency [IRENA]. (2016). Policies and regulations for private sector renewable energy mini-grids. IRENA.

Khan, M., & Bayer, B. (2021). Prosumer communities and peer-to-peer energy trading in Germany: Regulatory barriers and perspectives. Energy Policy, 151, 112149.

<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112149>

Presidency of the Republic of Türkiye. (2021). 2053 net zero emission target and green development. Directorate of Communications.

Reber, T. J., Booth, S., Cutler, D., Li, X., & Salasovich, J. (2018). Tariff considerations for micro-grids in Sub-Saharan Africa (NREL/TP-7A40-69075). National Renewable Energy Laboratory.

Tenenbaum, B., Greacen, C., Siyambalapitiya, T., & Knuckles, J. (2014). From the bottom up: How small power producers and mini-grids can deliver electrification and renewable energy in Africa. World Bank.

United Nations. (2015). Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations.

US Department of Energy [US DOE]. (2020). DOE microgrid workshop report. US DOE.

VDE-AR-N 4105. (2018). Generators connected to the low-voltage network – Technical requirements for the connection and operation of customer installations to the low-voltage network. VDE.

Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, Kanun No. 5346, 10 Mayıs 2005, Resmî Gazete No. 25819.

KEYSTREAM GENERATION IN RNA SPACE AND STATISTICAL VALIDATION**Alev KAYA**

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, 23119, Elazig

ORCID: 0000-0002-3544-5267**İbrahim TÜRKOĞLU**

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, 23119, Elazig

ORCID: 0000-0003-4938-4167**ABSTRACT**

In RNA-based workflows, generating highly random sequences defined over the A/C/G/U alphabet is a practical requirement. Conventional generators operating in the bit domain do not meet this need directly and therefore require additional mapping layers. These layers can add computational overhead and may also introduce side effects on base balance and local patterns. Therefore, we present a TransformerEncoder-based keystream generation method that operates *natively* in RNA space, producing strong and balanced keystreams. In the proposed method, random RNA token inputs are passed through a TransformerEncoder to obtain position-wise probability distributions, which are normalized via softmax. Then, during sampling, the softmax probabilities are mixed with Dirichlet noise using a mixing coefficient to strengthen local randomness. Simultaneously, a base pool that defines equal quotas for A/C/G/U within each block is used. By sampling with probabilities re-normalized over only the valid remaining bases, block-level frequency balance is preserved. After the generated blocks are concatenated, an additional keyless global shuffle is applied to suppress positional patterns. The keystream can be used directly in RNA space, or, optionally, converted into a bit stream via 2-bit mapping for evaluation. In experiments, 1,000,000 bits were generated from 500,000 bases, and 10 independent streams were reported. The average generation time is ≈ 58 ms, and the average throughput is ≈ 8.594 bases/ms (≈ 17 bits/s). All streams passed the NIST SP 800-22 test suites. These findings indicate that the bit-level statistical randomness is consistent, while the RNA-space keystream remains balanced and high quality, demonstrating a practical and scalable keystream generation approach.

Keywords: RNA keystream, TransformerEncoder, NIST SP 800-22.**1. INTRODUCTION**

All secure key material (keys, nonces, IVs) and processes such as random sampling and simulation ultimately rely on the unpredictability and patternlessness of the generated sequences. In practice, this need is met by two main classes: true randomness based on physical entropy sources (TRNG) and pseudorandomness that produces long sequences from a deterministic initial value (PRNG). Especially for security-oriented use, it has long been emphasized that weak entropy sources or improper PRNG choices can create “illusory

security” [1]. For this reason, randomness must not only be generated but also measured and verified as an integral part of the design [2]. In evaluating PRNG/TRNG outputs, two complementary approaches stand out: (i) examining the statistical behavior of sequences using test batteries and (ii) systematically estimating the quality/lower bounds of the entropy source. NIST SP 800-22 is a widely used testing framework for checking whether output sequences behave consistently under different statistical tests [2,3]. These documents standardize security-oriented reporting by linking the notion of “randomness” to measurable criteria in practice. However, most classical approaches operate in the bit domain. Yet, some workflows require that the output be generated directly over a symbolic alphabet (e.g., A/C/G/U). It is possible to add conversion layers such as bit→RNA; however, these additional layers may introduce practical issues such as (i) extra computational cost, (ii) making it harder to control base balance at the RNA level, and (iii) carrying local patterns/dependencies through the transformation. The high-density information carrying potential of nucleic-acid-based representation and the possibility of “alphabet-level control” motivate RNA-native generation approaches independent of the bit domain [4]. The success of AI-based generative models on sequential data has shown that the nucleotide space can be modeled directly. The Transformer architecture is one of the fundamental structures that offers effective representation learning over sequences via its self-attention mechanism [5]. Large-scale language-model approaches for RNA sequence generation have also been reported (e.g., GenerRNA) [6]. However, while these studies mostly focus on objectives such as “biological function/fitness,” the aim in this paper is to move statistically usable keystream generation for cryptographic contexts into the RNA space. In this study, an encoder-only TransformerEncoder-based pipeline that requires no training (operating with randomly initialized parameters) generates keystreams directly in the A/C/G/U alphabet. The model’s softmax outputs are diversified at the sampling stage via a low-amplitude Dirichlet mixture. Then, constrained sampling is applied to achieve a target balance for A/C/G/U within each block, and a one-time global shuffle is used to suppress positional patterns. Optionally, the generated RNA stream is mapped into the bit domain via a bijective 2-bit mapping and reported under NIST test frameworks [2,3]. This paper does not claim formal cryptographic security proofs; the focus is the feasibility of an RNA-native generation pipeline and statistically validated quality under standard tests. The contributions are summarized as follows:

- An RNA-alphabet (A/C/G/U) direct keystream generation pipeline is presented using a training-free encoder-only TransformerEncoder.
- The combination of Dirichlet mixture + within-block balance targeting + global shuffle aims to weaken base-frequency biases and short-range patterns.

- Generated streams are reported under the NIST SP 800-22 framework in addition to RNA-space summary measurements [2,3].

1.1. Related work

Yasmin and Venkatesan [7] propose an RNA-based cryptosystem that produces a “substitute RNA component” via a randomly constructed Moore machine and assumes a 512-bit secret key on the sender side; the evaluation is conducted mostly in terms of scheme complexity and output statistics. Devi et al. [8] use a DNA→mRNA transcription analogy in image encryption and generate tRNA sequences via a BAM neural network, applying key derivation and additional encryption steps; classical image-security measures such as NPCR/UACI, entropy, correlation, and chosen-plaintext are reported. Hong et al. [9] present a scheme with chaos + RNA coding/operation rules (deriving parameters via SHA-384 and from the plain image) that includes block permutation and diffusion; security is again discussed largely through image metrics. Hamad et al. [10] convert text into RNA sequences, encrypt with a TRNG key + XOR, and embed the output into a carrier image via LSB steganography; here RNA mostly serves as a “carrier alphabet/encoding layer.” The importance of PRNG quality in the RNA context is shown directly by Wiese et al. [11]: in a parallel evolutionary algorithm for RNA folding, they report that PRNG quality can affect performance (comparisons among RAND, parallel MCG, and parallel MT) and that practical issues such as period/parallelization become critical as random-number consumption increases for long sequences. On the other hand, the AI-based RNA generation literature has matured a toolbox for modeling and generating RNA directly in the A/C/G/U token space: PlantRNA-FM presents a foundation-model approach focused on motif discovery [12]. UTRGAN conditionally generates 5'UTRs according to targeted expression levels [13]. GenerRNA addresses RNA design from the perspective of a “pre-trained” generative language model [14]. RfamGen studies family-level RNA generation with deep generative models [15]. RNACG unifies flow-matching-based conditional RNA generation under a single framework [16]. However, because the objective of these studies is mostly biological fitness/function, they do not directly align with the “indistinguishable statistical randomness” and keystream requirements sought in cryptography.

In summary, while RNA-cryptography studies incorporate RNA into encryption pipelines through mechanisms such as automata/codebooks/chaos [7-10], the PRNG-quality literature indicates that randomness becomes decisive in RNA-related computations as scale grows [11]. AI-RNA generation provides a strong methodological basis for RNA-native generation [12-16], yet it is mostly optimized for biological goals. This gap enables a training-free, keystream-focused, and statistically validated “RNA-native PRNG” approach to gain a clear position in the literature [7-16].

2. MATERIAL AND METHODS

The proposed method uses a training-free (random-initialized) encoder-only Transformer-based generation pipeline to produce keystreams over the RNA alphabet $\{A, C, G, U\}$. The implementation was carried out in Python using PyTorch; for performance measurement, `perf_counter` (timing) and `psutil` (CPU and RAM change) were used. The main generation parameters are: total length $N = 500,000$ bases, block size B (set as a multiple of 4; for example 100), Dirichlet mixture coefficient $\alpha = 0.01$, and the execution device is CPU.

- ❖ **Probability generation with an encoder-only Transformer:** For each block, the input sequence is generated as random tokens in the range 0–3 and is fed to the model with shape $B, 1$. The model consists of (i) a 4-symbol embedding layer (Embedding), (ii) a two-layer TransformerEncoder, and (iii) a linear output layer that produces 4 logits. The output logits are normalized with softmax to obtain, for each position, the probabilities $p(x_i \in \{A, C, G, U\})$.
- ❖ **Dirichlet mixture + within-block balanced sampling (balancedsampling-rna):** For each position, the softmax probabilities are mixed with Dirichlet(1,1,1,1) noise to strengthen local randomness: $p' = (1 - \alpha) \cdot p + \alpha \cdot d$, where $d \sim \text{Dirichlet}(1,1,1,1)$ and $\alpha = 0.01$. Then, to preserve frequency balance at the block level, an equal quota is defined for A/C/G/U in each block ($B/4$). During sampling, only bases with remaining quota are considered “valid”; p' is renormalized over the valid bases and a selection is made via a multinomial draw. In this way, exact balance in each block ($A = C = G = U = B/4$) is guaranteed.
- ❖ **Block concatenation and keyless global shuffling:** The generated blocks are concatenated to obtain an RNA key of length N . To suppress positional patterns, an additional keyless global shuffle (random permutation) is applied over the key.
- ❖ **Optional 2-bit mapping and fast statistical checks:** If desired, the generated RNA stream is converted into a bitstream at 2 bits per symbol using one randomly selected rule from eight bijective RNA→bit mapping rules (Rule-1...Rule-8). In the basic validation layer, the following are reported:
 - i. RNA base frequencies and Shannon entropy (ideal: 2 bits),
 - ii. a bit-level monobit test (binomtest),
 - iii. a χ^2 goodness-of-fit test (chisquare) for base frequencies.
- ❖ **Core performance measurement window:** The core-only measurement window covers the entire key generation pipeline (Transformer→softmax→balanced sampling→shuffle).

Time (ms), CPU time (user+system), RAM change (MB), and efficiency in bases/ms are reported.

Algorithm 1: RNA-native PRNG (Encoder-only Transformer + BalancedSampling)

Input: N (total bases), B (block size, multiple of 4), α (Dirichlet mixture), model M

Output: RNA keystream K (length N), optional bitstream S (length $2N$)

```

 $K \leftarrow \emptyset$ 
for  $t = 1..(N/B)$  do
3.  $X \leftarrow \text{Uniform}\{0,1,2,3\}^B$  // random token input
4.  $P \leftarrow \text{softmax}(M(X))$  //  $P$ :  $B \times 4$  probabilities
5.  $D \leftarrow \text{Dirichlet}(1,1,1,1)$  samples ( $B \times 4$ )
6.  $P' \leftarrow \text{normalize}((1-\alpha) \cdot P + \alpha \cdot D)$ 
7.  $C[A]=C[C]=C[G]=C[U]=B/4$  // quota
8. for  $i = 1..B$  do
9.    $V \leftarrow \{b \in \{A,C,G,U\} \mid C[b] > 0\}$ 
10.   $p_i \leftarrow \text{normalize}(P'[i] \text{ over } V \text{ only})$ 
11.   $b_i \leftarrow \text{sample}(p_i)$ 
12.   $C[b_i] \leftarrow C[b_i] - 1$ 
13. end for
14.  $K \leftarrow K \oplus (b_1 \dots b_B)$ 
end for
 $K \leftarrow \text{Shuffle}(K)$  // keyless global shuffle
Optional: choose rule  $r$ ;  $S \leftarrow \text{Map}_{2\text{bit}}(K, r)$ 

```

3. RESULTS AND DISCUSSION

The RNA keystreams generated by the proposed method were evaluated using various statistical tests at the RNA level (A/C/G/U distribution and balance metrics) and, optionally, at the binary level after a 2-bit mapping. The purpose of these evaluations is to quantitatively verify, within the threat model defined in Section 3.2, the outputs in terms of randomness, frequency balance, and dependency/correlation. The experiments were conducted on a Windows 11 Pro (64-bit) system equipped with an Intel Core i7-10750H (2.60 GHz) and 16 GB RAM, using Python 3.12.3, in a CPU-only environment.

3.1. Performans tests

This section presents the performance measurements. Table 1 shows that the method exhibits a scale-independent generation speed: 8.56 bases/ms in the short run of 256 bases and ≈ 8.594

bases/ms in the long stream of 500,000 bases, so the throughput remains almost the same (difference $\sim 0.4\%$).

Table 1. Performance and efficiency

Scenario	Length (bases)	Length (bits)	Wall- clock time	CPU time (s)	RAM Δ (MB)	Rate (bases/ms)	Approx. throughput (kbit/s)*
Long stream (average)	500,000	1,000,000	≈ 58.18 s ($\approx 58,180$ ms)	8.75	5.12	≈ 8.594	≈ 17.188
Short sample (single run)	256	512	0.02992 s (29.92 ms)	0.1094	0.0082	8.56	17.120

This supports that the Transformer $\rightarrow$ sampling $\rightarrow$ shuffle pipeline operates with stable efficiency even at large lengths. The fact that the CPU time reported in the short example appears high relative to the wall-clock time may be due to measurement/call overheads being relatively dominant for small workloads; if run-based CPU/RAM values are reported for the long stream, a more robust performance summary can be provided using mean $\pm$ standard deviation.

3.2.Statistical Tests

In this subsection, the first-order statistics of the generated RNA sequences (A/C/G/U) are evaluated. The main findings obtained from ten independent streams are summarized as follows:

- ❖ **Base frequencies:** Since the within-block quota mechanism operates such that $A = C = G = U$ in each block, the base ratios in streams of total length 500,000 bases naturally cluster around 25%; the base counts yield very close values to one another.
- ❖ **Shannon entropy:** At the RNA level, the entropy was measured as $H \approx 2.0000$ bits/base. This value corresponds to the theoretical upper bound (2 bits/base) for an equiprobable distribution over four symbols.
- ❖ **χ^2 goodness-of-fit test:** The observed base counts were found not to deviate significantly from the equal expected values; the tests satisfied the threshold $p > 0.01$.

These results indicate that the sampling step strengthened by the Dirichlet mixture and the within-block balancing consistently produces the targeted homogeneous base distribution. However, χ^2 p-values being very close to 1 do not imply “stronger randomness,” because frequency balance is partly enforced mechanically. Therefore, the findings in this subsection are interpreted as indicating that the method provides an adequate first-order profile, particularly in terms of producing RNA-compatible and balanced outputs.

3.3. Randomness Tests

The bit-level randomness of the generated RNA keystreams was also evaluated in Table 2 using the NIST SP 800-22 test battery. Ten independent RNA sequences, each of length 500,000 bases, were converted into bit sequences by using, for each stream, one randomly selected rule from eight bijective RNA→binary mapping rules.

Table 2. The average NIST SP 800-22 test results of ten independent streams

TEST ADI	Average (n=10)	standard deviation	Min–Maks
Frequency (Monobit)	1.000	0.000	1.000–1.000
Block Frequency	0.546	0.317	0.016–0.991
Runs	0.520	0.179	0.211–0.908
Longest-Run	0.452	0.205	0.147–0.805
Binary Matrix Rank	0.427	0.229	0.075–0.894
Discrete Fourier Transform	0.542	0.322	0.142–0.985
Non-Overlapping Templates	0.529	0.262	0.068–0.819
Overlapping Templates	0.316	0.258	0.012–0.867
Maurer's Universal Statistical	0.519	0.224	0.079–0.835
Linear-Complexity	0.617	0.234	0.116–0.918
Serial (2. p)	0.564	0.248	0.140–0.999
Approximate Entropy	0.603	0.307	0.085–1.000
Cumulative-Sums	0.630	0.259	0.318–0.990
Random Excursions	0.577	0.223	0.283–0.988
Random Excursions Variant	0.580	0.283	0.074–0.909

Thus ten independent outputs of length 1 Mbit were obtained (block size $b = 100$). Subsequently, the 15 standard tests included in NIST SP 800-22 were applied to each bitstream [2,3]. The results reported in Figure 1 show that the p-values in all tests remained above the significance threshold of 0.01. Table 2 summarizes, for the ten streams, the mean, standard deviation, and min–max range of the p-values. The observation that the p-values in the Monobit test are very close to 1.0 is a natural consequence of balancing base frequencies ($A = C = G = U$) at the block level in the generated sequences and, under the bijective RNA→bit mapping rules used, yielding a proportion of ‘1’s around $\approx 50\%$ in the resulting bitstream.

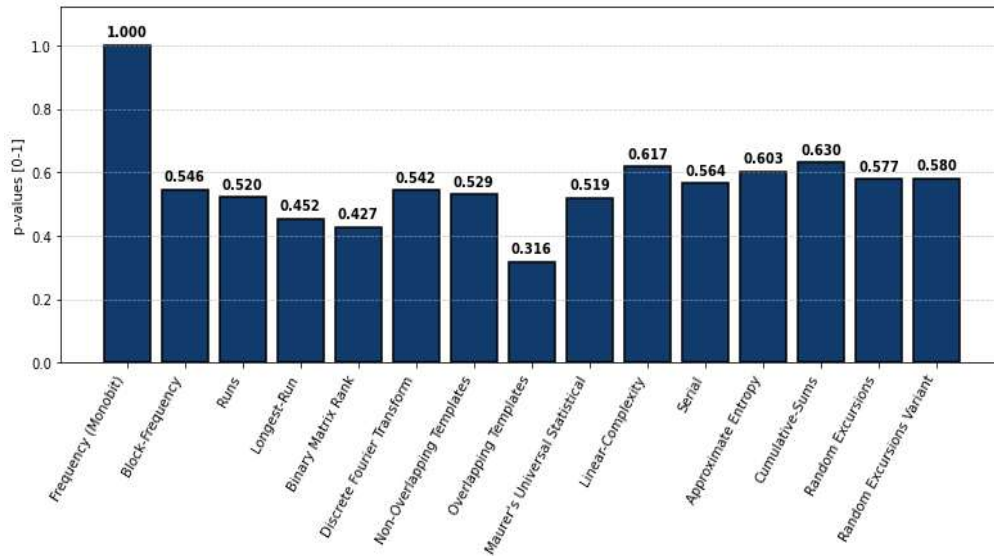


Fig. 1. The average NIST SP 800-22 test results of ten independent streams

This behavior is consistent with the stated constrained/deterministic balancing mechanism and should not, by itself, be interpreted as “stronger security.” The NIST SP 800-22 results indicate only that, under the given test battery and the chosen significance threshold, the proposed generator provides a statistically acceptable randomness profile.

CONCLUSIONS

In this paper, we presented an RNA-native PRNG pipeline that generates keystreams directly over the A/C/G/U alphabet using a training-free encoder-only TransformerEncoder. The method consists of (i) converting Transformer outputs into position-wise probabilities via softmax, (ii) enhancing local variability through a low-amplitude Dirichlet mixture, (iii) preserving base balance with equal per-block quotas, and (iv) suppressing positional patterns using a keyless global shuffle. The resulting RNA streams can optionally be mapped into the bit domain through a bijective 2-bit encoding for evaluation under standard randomness tests.

Experimental results indicate that, at the first-order level, base frequencies remain naturally concentrated around 25% as intended, and the Shannon entropy reaches $H \approx 2$ bits/base, consistent with the theoretical upper bound for a four-symbol equiprobable distribution. In the bit domain, the NIST SP 800-22 evaluation shows that 10 independent streams of length 1 Mbit, derived from 500,000-base RNA sequences, satisfy the $p > 0.01$ threshold across the reported tests. We also note that monobit p-values close to 1.0 arise as a direct consequence of block-level balancing and bijective mapping, which tends to enforce an approximately 50% ‘1’ ratio; therefore, this observation alone should not be interpreted as stronger security. From a performance perspective, the generator exhibits a stable throughput of approximately 8.6 bases/ms across small and large scales, supporting practical feasibility on CPU.

This study does not claim a formal cryptographic security proof; rather, it provides a simple and CPU-friendly keystream generation pipeline in RNA space whose outputs can be systematically reported under standard statistical test frameworks. Future work will focus on (i) extending the balancing constraint to more flexible forms (e.g., soft quotas and Dirichlet parameter sweeps), (ii) incorporating broader dependency analyses (e.g., runs/serial correlation and additional test batteries), (iii) evaluating scalability across different lengths and block sizes, and (iv) systematically investigating application scenarios such as nonce/IV generation and other practical cryptographic components.

REFERENCES

- [1] Eastlake 3rd, D., Schiller, J., & Crocker, S. (2005). Randomness requirements for security (RFC 4086). Internet Engineering Task Force.
- [2] Rukhin, A., Soto, J., Nechvatal, J., Smid, M., Barker, E., Leigh, S., & Vo, S. (2001). A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic applications (Vol. 22, pp. 1–131). U.S. Department of Commerce, Technology Administration, National Institute of Standards and Technology.
- [3] Bassham, L. E., Rukhin, A. L., Soto, J., Nechvatal, J. R., Smid, M. E., Leigh, S. D., & Banks, D. L. (2010). A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic applications (NIST SP 800-22 Rev. 1a). National Institute of Standards and Technology.
- [4] Bencurova, E., Akash, A., Dobson, R. C., & Dandekar, T. (2023). DNA storage—from natural biology to synthetic biology. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 21, 1227–1235.
- [5] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.
- [6] Zhao, Y., Oono, K., Takizawa, H., & Kotera, M. (2024). GenerRNA: A generative pre-trained language model for de novo RNA design. *PLOS ONE*, 19(10), e0310814.
- [7] Yasmin, A., & Venkatesan, R. (2025). An innovative RNA cryptosystem using Moore machine. *TWMS Journal of Applied and Engineering Mathematics*, 15(1), 242–255.
- [8] Devi, R. S., Aravind, A. R. N., Vishal, J. C., Amritha, D., Thenmozhi, K., Rayappan, J. B. B., Rengarajan, A., & Padmapriya, P. (2020). Image encryption through RNA approach assisted with neural key sequences. *Multimedia Tools and Applications*, 79(17–18), 12093–12124.
- [9] Hong, Y., Fang, S., Su, J., Xu, W., Wei, Y., Wu, J., & Yang, Z. (2023). A novel approach for image encryption with chaos-RNA. *Computers, Materials & Continua*, 77(1), 139–160.
- [10] Hamad, S., Rashid, O. F., & Al-Dabbas, H. M. (2025). Text cryptography and steganography based on RNA sequences generation, true random number generators, and codebook method. *PLOS ONE*, 20(12), e0338700.
- [11] Wiese, K. C., Hendriks, A., Deschênes, A., & Ben Youssef, B. (2005). P-RnaPredict: A parallel evolutionary algorithm for RNA folding: Effects of pseudorandom number quality. *IEEE Transactions on Nanobioscience*, 4(3), 219–227.
- [12] Yu, H., Yang, H., Sun, W., Yan, Z., Yang, X., Zhang, H., Ding, Y., & Li, K. (2024, June 27). PlantRNA-FM: An interpretable RNA foundation model for exploration functional RNA motifs in plants [Preprint]. *bioRxiv*.
- [13] Barazandeh, S., Ozden, F., Hincer, A., Seker, U. O. S., & Cicek, A. E. (2025). UTRGAN: Learning to generate 5' UTR sequences for optimized translation efficiency and gene expression. *Bioinformatics Advances*, 5(1), vbaf134.
- [14] Zhao, Y., Oono, K., Takizawa, H., & Kotera, M. (2024). GenerRNA: A generative pre-trained language model for de novo RNA design. *PLOS ONE*, 19(10), e0310814.
- [15] Sumi, S., Hamada, M., & Saito, H. (2024). Deep generative design of RNA family sequences. *Nature Methods*, 21(3), 435–443.



- [16] Gao, L., & Lu, Z. J. (2024). RNACG: A universal RNA sequence conditional generation model based on flow-matching.

RNA-BASED IMAGE ENCRYPTION AND LOSSLESS DECRYPTION IMPLEMENTATION

Alev KAYA

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, 23119, Elazig

ORCID: 0000-0002-3544-5267

İbrahim TÜRKOĞLU

Firat University, Faculty of Technology, Department of Software Engineering, 23119, Elazig

ORCID: 0000-0003-4938-4167

ABSTRACT

Image data exhibit high spatial correlation: similar intensities cluster in neighboring regions, and these regularities leave clear traces in the histogram and in adjacent-pixel correlation. If such traces are not sufficiently suppressed, encrypted outputs may remain vulnerable to statistical and differential analyses. In this paper, we present a reversible RNA-based image encryption scheme that represents image bytes in the RNA alphabet (A/C/G/U) and mixes them with an RNA keystream. The process applies (i) byte→RNA encoding, (ii) mixing with a 256-base RNA keystream, and (iii) inverse conversion using the same key. This enables lossless recovery after decryption. The encrypted output can be stored/transmitted as an RNA sequence and, when needed, mapped back to the binary domain. The method aims to increase post-encryption histogram dispersion and to randomize adjacent-pixel relationships. Evaluation is performed using histogram/entropy, adjacent-pixel correlation, and NPCR/UACI metrics. For a 128×128 PNG example, encryption took 13.2384 ms and decryption took 12.6845 ms; core efficiency was measured at approximately 38 and 40 bases/ms, respectively. The decrypted image matched the original exactly (MSE = 0, SSIM = 1.000, PSNR = ∞). For the encrypted RNA representation, the entropy was 1.386279, which is very close to the theoretical upper bound (ln 4) (H/Hmax = 0.999989), and the adjacent correlation was −0.000793. For the original–cipher pair, NPCR = 99.5559% and UACI = 34.1405%, indicating strong diffusion. The key space is at least on the order of 2^{256} . These findings show that the proposed RNA-based scheme suppresses statistical traces, operates reversibly within practical runtimes, and provides a feasible encryption component for RNA-based workflows.

Keywords: RNA-based image encryption, RNA keystream, pixel correlation, entropy.

1. INTRODUCTION

In the era of the Internet, the volume of data transmitted over networks is increasing rapidly, and digital images play a critical role both as information carriers and due to their widespread use in communication; accordingly, the proportion of image transmission over networks is also rising [1–5]. This growth has made fundamental information-security requirements such as confidentiality and integrity more prominent, and digital image encryption has attracted

strong research interest as an effective approach to protecting data [6–10]. Although classical symmetric encryption algorithms (e.g., DES, AES) are widely used, practical characteristics of image data—such as large size and structural correlations—raise discussions regarding key suitability/length, computational cost, and robustness against various attack scenarios.

In contrast to conventional cryptographic approaches, properties of chaotic systems—such as sensitivity to initial conditions, ergodicity, and pseudo-randomness—have been adapted to image-encryption designs [11–14]. However, because general chaotic maps can be relatively fragile against disturbances, the literature has increasingly shifted toward hyperchaotic maps [15–17]. Nevertheless, some studies have not addressed randomness evaluation comprehensively [18], and certain chaotic constructions may not exhibit consistently strong chaotic behavior across the entire parameter space (e.g., Lyapunov exponents are not always positive over all ranges), leading to dependence on narrow and sensitive parameter intervals [19].

From a bioinformatics perspective, RNA is a biopolymer composed of phosphate, ribose, and nitrogenous bases; it includes four bases—A, G, C, and U—where U replaces T found in DNA, and it functions in processes that guide protein synthesis through codons. RNA's diversity and biological functionality have recently made “RNA computing”-based encryption a new research direction: this approach treats RNA sequences as information carriers and aims to enhance security by leveraging the high capacity and parallel processing potential enabled by modern biotechnology. Compared with DNA-based encryption, RNA's diversity may allow the design of richer rules and operations, making it possible to preserve the favorable properties of DNA encryption while developing more flexible and potentially stronger schemes [20]. Accordingly, several RNA-encoding-based image-encryption approaches have been proposed in the literature, including combining quantum-chaotic structures with RNA encoding [22], proposing color medical image encryption based on DNA and RNA sequences [23], integrating chaotic Josephus permutation with RNA computing [24], developing chaotic encryption based on extended zigzag blocking and RNA processing [25], and proposing algorithms that combine chaotic image encryption with dynamic RNA and DNA computing [26], among others [21].

Despite these advances, commonly used RNA-based chaotic image-encryption designs may exhibit weaknesses such as limited key space, insufficient randomness, vulnerability to degradation, and excessive reliance on singular or fixed RNA encoding/computation techniques. Such limitations can reduce the complexity of potential attacks and thereby undermine security. Motivated by these concerns, investigating a new image-encryption algorithm that employs dynamic RNA encoding and dynamic RNA operations appears both

meaningful and necessary, with the goal of achieving higher security than fixed RNA encoding.

2. MATERIAL AND METHODS

In this study, image data are converted into a lossless common RNA representation prior to encryption. The main objective is to map each data item one-to-one into A/C/G/U sequences while preserving the theoretical maximum information density of 2.0 bits/base. First, pixel/color intensities are read and reduced to a byte stream, and frames are arranged into a sequential flow. Once the byte stream is obtained, the transformation is standardized through the following three steps:

- ❖ **Symbolization and reversible decomposition:** The byte stream is encoded with Base64 into 6-bit symbols; for the numerical value v of each symbol, it is decomposed into quotient (q) and remainder (r) components as $q=\lfloor v/4 \rfloor$ and $r=v \bmod 4$. The q sequence is compressed and stored in a separate channel in a way that preserves reversibility, whereas the r sequence is directly transferred to the RNA domain. Since each symbol is reduced to a 2-bit remainder, an information density of 2 bits per base is maintained in the RNA sequence.
- ❖ **Data-type-specific blocking:** For images, a block is defined as a single image (or a single frame for video). This structure provides a shared time–space reference for both session-wise random coding selection and key synchronization.
- ❖ **Bit-to-base mapping via a random RNA rule:** For each block, one of eight possible 2-bit→base rules is selected uniformly at random, and 2-bit segments are mapped to RNA bases (A/C/G/U) (e.g., one block may use “00→A, 01→C, 10→G, 11→U”, while another block uses a different permutation). The identity of the selected rule is kept internally only for decryption and is not exposed externally. As a result, the same bit sequence can be transformed into different RNA sequences across blocks; because not only the data but also the encoding form is randomized, the effectiveness of analyses relying on repetitive structural patterns is reduced.

3. RESULTS AND DISCUSSION

The RNA keystreams generated by the proposed method were evaluated using various statistical tests at the RNA level (A/C/G/U distribution and balance metrics) and, optionally, at the binary level after a 2-bit mapping. The purpose of these evaluations is to quantitatively verify, within the threat model defined in Section 3.2, the outputs in terms of randomness, frequency balance, and dependency/correlation. The experiments were conducted on a

Windows 11 Pro (64-bit) system equipped with an Intel Core i7-10750H (2.60 GHz) and 16 GB RAM, using Python 3.12.3, in a CPU-only environment.

3.1. Performans tests

The table 1 clearly demonstrates both the scalability and the lossless recovery property of the proposed transformation + encryption pipeline across three image sizes (128×128, 256×256, 512×512): in every row, the Decrypted (bytes) values exactly match the Original (bytes) values, confirming that the decryption stage operates correctly and that data integrity is preserved.

Table 1. Performance and efficiency results

Size	Enc. time (ms)	Enc. CPU (s)	Enc. RAM Δ (MB)	Enc. efficienc y (bases/ ms)	Ciph er DNA (byte s)	Dec. time (ms)	Dec. CPU (s)	Dec. RAM Δ	Dec. efficienc y (bases/ ms)
128× 128	13.23 84	0.015 625	1.675 781	3850.91 8540	50,98 0	12.68 45	0.015 625	836 KB	4019.07 8403
256× 256	58.25 00	0.062 500	2.718 750	3469.52 7897	202,1 00	55.54 91	0.046 875	1.1328 125 MB	3638.22 2761
512× 512	201.2 052	0.203 125	5.968 750	3139.95 8609	631,7 76	194.4 346	0.203 125	2.8750 00 MB	3249.29 8222

As the image size increases, the DNA length and the amount of processed data grow, so encryption/decryption times and RAM usage naturally rise (e.g., for 512×512 the times reach ~200 ms); meanwhile, the efficiency (bases/ms) and throughput (bytes/ms) gradually decrease, meaning the per-unit processing rate drops for larger inputs. In addition, the Brotli column shows that the raw payload can be compressed substantially (down to roughly the 70–76% range), while the fact that Cipher DNA (bytes) matches DNA Length (bases) at every scale indicates that the ciphertext output has the expected deterministic length in the DNA/RNA domain and that the transformation is consistent. Overall, these metrics suggest that the system behaves stably across different scales, maintaining consistent output length and correct reversibility, while its performance cost increases in a predictable manner as data size grows.

3.2.Integrity tests

The integrity results in Figures (1-3) and the summary Table 2 consistently confirm that, after decryption, bit-exact and lossless recovery is achieved.

Table 2. Integrity verification results (original vs. decrypted image)

Metric	Result	Brief meaning
Size (orig / dec)	(512, 512, 3) / (512, 512, 3)	Decrypted image has the same dimensions
Number of pixels	786,432	512×512×3
Min–Max (orig / dec)	3–255 / 3–255	Dynamic range preserved
Mean (orig / dec)	128.23 / 128.23	Same statistical average
Std. deviation (orig / dec)	58.98 / 58.98	Same contrast/distribution
SHA-256 (file)	Match ✓	Identical at the file level
Exact pixel match (array_equal)	True ✓	100% pixel-by-pixel identical
np.allclose	True ✓	Identical within numerical tolerance as well
MSE	0.000000	No error
PSNR	∞	Theoretical “perfect match”
SSIM	1.000000	Perfect structural similarity
Global Pearson corr	1.000000 (p=0.000e+00)	Perfect global correlation
Neighbor corr (horizontal)	0.971928 (orig=dec)	Natural neighbor structure preserved (orig = dec)

Visually, the original and decrypted images are indistinguishable, and their statistical fingerprints overlap: the RGB histograms and the grayscale histogram match, and the FFT magnitude spectra exhibit the same energy distribution, indicating that both spatial and frequency-domain content are preserved. The numerical checks further strengthen this: the file-level SHA-256 hash matches, the arrays are exactly equal (*array_equal* = *True*), and the error metrics are ideal (MSE = 0, PSNR = ∞ , SSIM = 1), which jointly imply perfect reconstruction without distortion. In addition, global similarity is maximal (Pearson correlation = 1.0) and basic statistics (min–max, mean, standard deviation) are identical for original vs. decrypted outputs, while the high neighbor correlation (≈ 0.972) simply reflects the natural local smoothness of the image and remains unchanged because the decrypted image is identical to the original.


Fig. 1. Visual integrity verification: original image (left) and decrypted image (right)

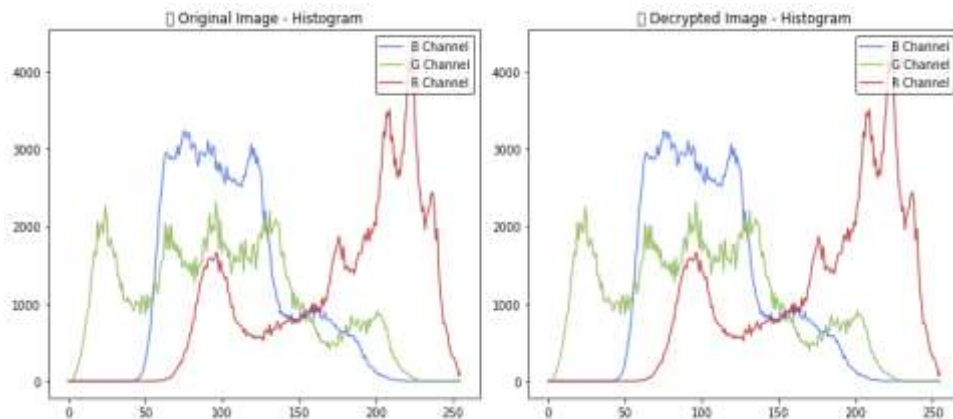


Fig. 2. RGB histogram comparison of the original (left) and decrypted (right) images

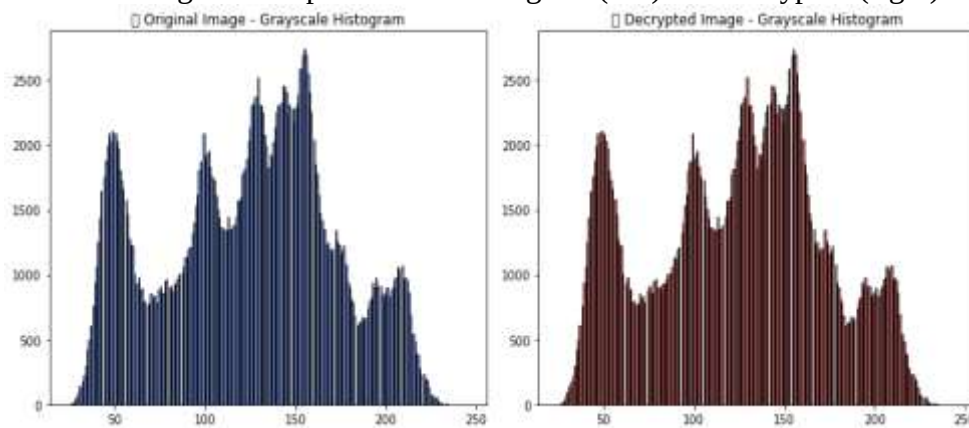


Fig. 3. Grayscale histogram comparison of the original (left) and decrypted (right) images

3.3.Security tests

The table 3 summarizes a key-sensitivity and ciphertext-statistics evaluation for the 256×256 Lena image under two different keys (K1 and K2). The size-related fields are consistent across runs (identical PNG bytes, Base64 length, and ciphertext DNA length), and the plaintext DNA being identical is an expected control condition.

Table 3. Security test results

Category	Metric	K1	K2	Note
General	Original	lena_256.png	lena_256.png	Size: (256, 256)
General	PNG bytes	151,574	151,574	Same
Size indicators	Base64 chars	202,100	202,100	Plaintext DNA length indicator
Size indicators	DNA bases (CT)	202,100	202,100	Ciphertext DNA length
Consistency	Plaintext DNA identical?	✓ True	✓ True	Expected
Cipher DNA statistics	freq(A,C,G,T)	(0.2507, 0.2495, 0.2511, 0.2486)	(0.2499, 0.2493, 0.2504, 0.2503)	Very close to uniform
Cipher DNA statistics	Entropy H (bits)	1.999989	1.999998	Maximum is 2
Cipher DNA statistics	Neighbor corr	-0.001479	-0.000584	Close to 0

Cipher DNA statistics	χ^2, p	3.0675, p=0.381333	0.6121, p=0.893658	p>0.01 is good
CPA (P vs C)	corr(P,C)	-0.030586	-0.033045	Low dependency
CPA (P vs C)	MI(P,C) (bits)	0.001584	0.004337	Very low
NPCR/UACI (preview)	NPCR (orig vs preview)	99.5956%	99.6033%	Auxiliary
NPCR/UACI (preview)	UACI (orig vs preview)	35.4049%	35.5243%	Auxiliary
Key sensitivity (DNA-domain)	Expected E[NPCR_DNA]	75.0000%	–	Uniform 4-symbol
Key sensitivity (DNA-domain)	Expected E[UACI_DNA]	≈41.6667%	–	Uniform 4-symbol
Key sensitivity (DNA-domain)	NPCR_DNA(CT1,CT2)	–	76.1732%	Primary metric
Key sensitivity (DNA-domain)	UACI_DNA(CT1,CT2)	–	41.9471%	Primary metric
Extra	Hamming%(CT1,CT2)	–	76.17%	DNA-index domain
Optional (preview)	NPCR_preview(K1,K2)	–	76.1719%	Auxiliary
Optional (preview)	UACI_preview(K1,K2)	–	42.0115%	Auxiliary
Key space	Key length	256 DNA bases	256 DNA bases	≈512 bits
Key space	Key space	$4^{256} = 2^{512}$ ≈ $10^{154.13}$	same	Very large

For ciphertext quality, the base frequencies are very close to uniform (≈ 0.25 each) and the entropy is essentially maximal (~ 2 bits), while the neighbor correlation is near zero and the χ^2 test yields p-values well above 0.01, collectively indicating a highly randomized DNA-domain ciphertext. In terms of plaintext–ciphertext relationship (CPA-style checks), both the Pearson correlation and mutual information between P and C are very small, suggesting weak statistical dependence. Key sensitivity is strong in the DNA domain: NPCR_DNA and UACI_DNA closely match the theoretical expectations for a uniform 4-symbol alphabet ($\approx 75\%$ and $\approx 41.67\%$), and the Hamming distance is $\sim 76\%$, implying that changing the key causes widespread changes throughout the ciphertext. Finally, the stated key length (256 DNA bases ≈ 512 bits) corresponds to an extremely large key space ($4^{256} = 2^{512}$), supporting resistance to brute-force search under standard assumptions.

CONCLUSIONS

This study presented an integrated RNA/DNA-domain image encryption architecture that converts image data into a lossless nucleotide-sequence representation prior to encryption and performs the core cryptographic operation directly in the base domain. The proposed workflow comprises: (i) byte-level reduction and 2-bit segmentation with dynamic RNA encoding while preserving the theoretical 2.0 bits/base information density, (ii) generation of 256-base key blocks using a training-free Transformer-based PRNG (T_PRNG) and their

extension to the target length, (iii) masking via an RNA-XOR core, (iv) inverse transformation for decryption, and (v) comprehensive performance and security evaluation. This design aims to establish a data-agnostic transformation/encryption pipeline while eliminating dependence on external training data for keystream generation.

Experimental results consistently confirmed bit-exact recovery after decryption. File-level SHA-256 matching, exact pixel equality, and ideal distortion metrics ($MSE = 0$, $PSNR = \infty$, $SSIM = 1$)—together with overlapping RGB/grayscale histograms and nearly identical FFT magnitude spectra—demonstrated that the encryption–decryption pipeline reconstructs the image content without any degradation. From a performance perspective, encryption/decryption time and memory consumption increased predictably with image size, while throughput and bases/ms gradually decreased; nevertheless, stable operation was maintained across all evaluated scales. In addition, compressing the auxiliary quotient stream (q) using Brotli reduced the raw payload size, supporting the practical feasibility of the reversible transformation stage.

On the security side, ciphertext nucleotide sequences exhibited strong randomness characteristics in the base domain: near-uniform base frequencies, entropy close to the maximum (~ 2 bits), near-zero neighbor correlation, and favorable χ^2 test outcomes (with p-values above typical significance thresholds) indicate a highly randomized ciphertext representation. In CPA-oriented checks, both plaintext–ciphertext correlation and mutual information (MI) were very small, suggesting weak statistical dependence. Key sensitivity was also strong in the nucleotide domain: $NPCR_DNA \approx 76\%$ and $UACI_DNA \approx 42\%$ closely matched the theoretical expectations for a uniform 4-symbol alphabet, confirming that small key changes induce widespread ciphertext changes. Moreover, a 256-base key length (≈ 512 -bit equivalent) yields an extremely large key space ($4^{256} = 2^{512}$), providing a strong baseline against brute-force search under standard assumptions. Importantly, the security claim is framed not around “diffusion/avalanche” in the conventional image-cryptography sense, but around keystream randomness, avoidance of key reuse (two-time pad risk), and robust ciphertext-only statistical behavior.

Finally, from a practical threat-model standpoint, a critical point is emphasized: if the rule identifier and the reversible auxiliary metadata (e.g., the quotient (q) or similar side streams) required for lossless reconstruction are exposed, they may introduce side-information leakage. Therefore, such metadata should be protected as part of the encrypted payload (e.g., via a separate keystream) or embedded securely within the ciphertext. Future work will further strengthen the framework through broader datasets, additional attack and degradation

scenarios (particularly chosen-plaintext settings), and scaling to other media types such as video and audio.

REFERENCES

- [1] Zhou, S., Qiu, Y., Qi, G., & Zhang, Y. (2023). A new conservative chaotic system and its application in image encryption. *Chaos, Solitons & Fractals*, 175, 113909.
- [2] Chai, X., Fu, J., Gan, Z., Lu, Y., Zhang, Y., & Han, D. (2023). Exploiting semi-tensor product compressed sensing and hybrid cloud for secure medical image transmission. *IEEE Internet of Things Journal*, 10, 7380–7392.
- [3] Chai, X., Wang, Y., Gan, Z., Chen, X., & Zhang, Y. (2022). Preserving privacy while revealing thumbnail for content-based encrypted image retrieval in the cloud. *Information Sciences*, 604, 115–141.
- [4] Clemente-Lopez, D., Munoz-Pacheco, J. M., & Rangel-Magdaleno, J. J. (2024). Experimental validation of IoT image encryption scheme based on a 5-D fractional hyperchaotic system and Numba JIT compiler. *Internet of Things*, 25, 101116.
- [5] Clemente-Lopez, D., Rangel-Magdaleno, J. J., & Munoz-Pacheco, J. M. (2024). A lightweight chaos-based encryption scheme for IoT healthcare systems. *Internet of Things*, 25, 101032.
- [6] Gao, S., Liu, J., Iu, H. H. C., Erkan, U., Zhou, S., Wu, R., & Tang, X. (2024). Development of a video encryption algorithm for critical areas using 2D extended Schaffer function map and neural networks. *Applied Mathematical Modelling*, 134, 520–537.
- [7] Gao, S., Iu, H. H. C., Mou, J., Erkan, U., Liu, J., Wu, R., & Tang, X. (2024). Temporal action segmentation for video encryption. *Chaos, Solitons & Fractals*, 183, 114958.
- [8] Chai, X., Ma, Y., Wang, Y., Gan, Z., & Zhang, Y. (2024). TPE-ADE: Thumbnail-preserving encryption based on adaptive deviation embedding for JPEG images. *IEEE Transactions on Multimedia*, 26, 6102–6116.
- [9] Zhou, S., Wang, X., & Zhang, Y. (2023). Novel image encryption scheme based on chaotic signals with finite-precision error. *Information Sciences*, 621, 782–798.
- [10] Zhou, S., Zhang, H., Zhang, Y., & Zhang, H. (2024). Novel hyperchaotic image encryption method using machine learning-RBF. *Nonlinear Dynamics*, 112, 18527–18550.
- [11] An, X., Liu, S., Xiong, L., Zhang, J., & Li, X. (2024). Mixed gray-color images encryption algorithm based on a memristor chaotic system and 2D compression sensing. *Expert Systems with Applications*, 243, 122899.
- [12] An, X., Xiong, L., Shi, Q., Qiao, S., & Zhang, L. (2023). Dynamics explore of an improved HR neuron model under electromagnetic radiation and its applications. *Nonlinear Dynamics*, 111, 9509–9525.
- [13] Zhou, S., Wang, X., Zhang, Y., Ge, B., Wang, M., & Gao, S. (2022). A novel image encryption cryptosystem based on true random numbers and chaotic systems. *Multimedia Systems*, 28(1), 95–112.
- [14] Zhou, S., Qiu, Y., Wang, X., & Zhang, Y. (2023). Novel image cryptosystem based on new 2D hyperchaotic map and dynamical chaotic S-box. *Nonlinear Dynamics*, 111, 9571–9589.
- [15] Liu, R., Liu, H., & Zhao, M. (2023). Reveal the correlation between randomness and Lyapunov exponent of n-dimensional non-degenerate hyperchaotic map. *Integration*, 93, 102071.
- [16] Wang, M., Fu, X., Teng, L., Yan, X., Xia, Z., & Liu, P. (2024). A new 2D-HELs hyperchaotic map and its application on image encryption using RNA operation and dynamic confusion. *Chaos, Solitons & Fractals*, 183, 114959.
- [17] Wan, Y., Gu, S., & Du, B. (2020). A new image encryption algorithm based on composite chaos and hyperchaos combined with DNA coding. *Entropy*, 22(2), 171.
- [18] Gao, X. (2021). Image encryption algorithm based on 2D hyperchaotic map. *Optics and Laser Technology*, 142, 107252.
- [19] Li, Q., Wang, X., Wang, H., Ye, X., Zhou, S., Gao, S., & Shi, Y. (2021). A secure image protection algorithm by steganography and encryption using the 2D-TSCC. *Chinese Physics B*, 30(11), 110501.

- [20] Cun, Q., Tong, X., Wang, Z., & Zhang, M. (2023). A new chaotic image encryption algorithm based on dynamic DNA coding and RNA computing. *The Visual Computer*, 39, 6589–6608.
- [21] Zhang, X., & Yan, X. (2021). Adaptive chaotic image encryption algorithm based on RNA and pixel depth. *Electronics*, 10(15), 1770.
- [22] Devi, R. S., Thenmozhi, K., Rayappan, J. B. B., Amirtharajan, R., & Praveenkumar, P. (2019). Entropy influenced RNA diffused quantum chaos to conserve medical data privacy. *International Journal of Theoretical Physics*, 58(6), 1937–1956.
- [23] Devi, R. S., Aravind, A. R. N., Vishal, J. C., Amritha, D., Thenmozhi, K., Rayappan, J. B. B., Rengarajan, A., & Padmapriya, P. (2020). Image encryption through RNA approach assisted with neural key sequences. *Multimedia Tools and Applications*, 79, 12093–12124.
- [24] Wang, X., & Liu, L. (2021). Application of chaotic Josephus scrambling and RNA computing in image encryption. *Multimedia Tools and Applications*, 80, 23337–23358.
- [25] Wang, X., & Guan, N. (2020). A novel chaotic image encryption algorithm based on extended Zigzag confusion and RNA operation. *Optics and Laser Technology*, 131, 106366.
- [26] Zhou, S., Wei, Y., Wang, S., Iu, H. H. C., & Zhang, Y. (2024). Novel chaotic image cryptosystem based on dynamic RNA and DNA computing. *Journal of Applied Physics*, 136, 184302.
- [27] Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 30.

TÜRKİYE’NİN YENİLENEBİLİR ENERJİ VİZYONU KAPSAMINDA RÜZGAR ENERJİSİ POTANSİYELİ VE MEVCUT DURUM DEĞERLENDİRMESİ

Tamer ÖZKAVUKCU

Akdeniz University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Renewable Energy Technologies, 07070 Konyaaltı, Antalya

ORCID: 0009-0002-8171-9529

Salih SÖZER

Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Machinery and Metal Technologies, 07070 Konyaaltı, Antalya

ORCID: 0000-0003-3083-9416

ÖZET

Küresel enerji piyasalarında yaşanan yapısal dönüşüm ve iklim değişikliği ile mücadele gerekliliği, ülkelerin enerji stratejilerini fosil yakıtlardan yenilenebilir kaynaklara yönlendirmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda rüzgar enerjisi, teknolojik olgunluğu, düşük maliyetleri ve yüksek potansiyeli ile Türkiye'nin "2053 Net Sıfır Emisyon" hedefi doğrultusunda en stratejik kaynaklardan biri olarak öne çıkmaktadır. Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin rüzgar enerjisi sektöründeki mevcut teknik kapasitesini, yasal altyapısını ve potansiyel gelişim alanlarını güncel veriler ışığında analiz etmektir. Çalışma kapsamında Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB), Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK), Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği (TÜREB) ve uluslararası kuruluşların (Dünya Bankası, Ember) 2024 ve 2025 yılı verileri incelenmiş; ayrıca konuyla ilgili güncel akademik literatür taranmıştır.

Yapılan analizler sonucunda, Türkiye'nin rüzgar enerjisi kurulu gücünün 2024 sonu itibarıyla yaklaşık 13,8 GW seviyesine ulaştığı ve rüzgarın elektrik üretimindeki payının %11 bandını aştığı tespit edilmiştir. Ancak, 2035 yılı için belirlenen rüzgar enerjisi hedeflerine ulaşılabilmesi için yıllık kurulum hızının artırılması gerektiği görülmüştür. Çalışma, özellikle Marmara ve Ege bölgelerindeki yoğunlaşmanın iletim şebekesinde yarattığı kapasite kısıtlarını ve bu kısıtların lisanssız üretim başvurularındaki yüksek red oranlarına etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca, Türkiye'nin henüz kullanılmayan deniz üstü rüzgar potansiyelinin ve hibrit santral uygulamalarındaki 8 GW'lık ek güneş kapasitesi fırsatının, sektörün büyümesinde kritik rol oynayacağı belirlenmiştir. Sonuç olarak, şebeke esnekliğinin artırılması için depolama teknolojilerinin entegrasyonu, deniz üstü YEKA projelerinin hızlandırılması ve hibrit üretim modellerinin yaygınlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rüzgar Enerjisi, Türkiye Enerji Piyasası, Deniz Üstü Rüzgar, Şebeke Entegrasyonu, Enerji Arz Güvenliği.

AN ASSESSMENT OF WIND ENERGY POTENTIAL AND CURRENT STATUS WITHIN THE SCOPE OF TÜRKİYE'S RENEWABLE ENERGY VISION ABSTRACT

The structural transformation experienced in global energy markets and the necessity of combating climate change have compelled countries to shift their energy strategies from fossil fuels to renewable sources. In this context, wind energy emerges as one of the most strategic resources in line with Türkiye's "2053 Net Zero Emission" target, due to its technological maturity, decreasing costs, and high potential. The aim of this study is to analyze Türkiye's current technical capacity, regulatory framework, and potential development areas in the wind energy sector in light of current data. Within the scope of the study, 2024 and 2025 data from the Ministry of Energy and Natural Resources (MENR), Energy Market Regulatory Authority (EMRA), Turkish Wind Energy Association (TÜREB), and international organizations (World Bank, Ember) were examined; additionally, current academic literature on the subject was reviewed. As a result of the analyses, it was determined that Türkiye's wind energy installed capacity reached approximately 13.8 GW as of the end of 2024, and the share of wind in electricity generation exceeded the 11% level. However, it was observed that the annual installation rate needs to be accelerated to achieve the wind energy targets set for 2035. The study reveals the capacity constraints created in the transmission grid due to concentration, particularly in the Marmara and Aegean regions, and the impact of these constraints on the high rejection rates in unlicensed generation applications. Furthermore, it was determined that Türkiye's untapped offshore wind potential and the 8 GW additional solar capacity opportunity in hybrid power plant applications will play a critical role in the sector's growth. Consequently, the study emphasizes the necessity of integrating storage technologies to enhance grid flexibility, accelerating offshore YEKA (Renewable Energy Resource Areas) projects, and expanding hybrid generation models.

Keywords: Wind Energy, Turkish Energy Market, Offshore Wind, Grid Integration, Energy Supply Security.

JENERİK İLAÇ FİRMALARINDA YENİ ÜRÜN GELİŞTİRME PROJELERİ SEÇİMİNDE ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YAKLAŞIMI

Doc. Dr. Bora ÇEKYAY

Yildiz Technical University, Institute of Science, Department of Industrial Engineerin, 34349
Beşiktaş, İstanbul

ORCID: 0000-0002-6847-9033

Özge KÖSEM

Yildiz Technical University, Institute of Science, Department of Industrial Engineerin, 34349
Beşiktaş, İstanbul

ORCID: 0009-0002-5912-0384

ÖZET

Bu çalışmada, jenerik ilaç firmalarında yeni ürün geliştirme (New Product Introduction – NPI) karar süreçlerinde karşılaşılan çok kriterli karar problemlerine yönelik bütüncül bir karar destek modeli önerilmektedir. Kriter ağırlıkları, uzman görüşlerine dayalı olarak Grup Analitik Hiyerarşi Süreci (GAHS) kullanılarak belirlenmiş ve bireysel değerlendirmeler Ağırlıklı Geometrik Ortalama Yöntemi (AGOY) ile birleştirilmiştir. Ürün/proje alternatiflerinin değerlendirilmesinde, net ve sayısal veriler için TOPSIS ve VIKOR yöntemleri uygulanırken; belirsizlik içeren uzman değerlendirmeleri Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR yöntemleri aracılığıyla modele dâhil edilmiştir. Uygulama, gerçek bir jenerik ilaç firmasında yürütülen NPI karar süreci kapsamında, ön fizibilite aşamasını geçmiş ürün/proje alternatifleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, belirginliği yüksek ve ayırt edici verilerin baskın olduğu durumlarda TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin ürettiği sıralamaların büyük ölçüde örtüştüğünü göstermektedir. Bununla birlikte, belirsizlik düzeyinin artması hâlinde sıralama sonuçlarının farklılaşabileceği ve bu tür durumlarda bulanık yaklaşımların karar vericilere ek içgörü sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Sonuç olarak bu çalışma, jenerik ilaç firmalarında NPI kararlarına yönelik olarak; kriter ağırlıklandırma ve alternatif değerlendirme aşamalarında belirsizlik düzeyine göre yöntem seçimini esas alan, klasik ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerini birlikte kullanan bütüncül bir karar destek modeli sunmaktadır. Önerilen yaklaşımın, firmalara daha şeffaf, tutarlı ve savunulabilir bir karar alma çerçevesi sağlaması amaçlanmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yeni Ürün Geliştirme, NPI, Jenerik İlaç Firması, Çok Kriterli Karar Verme, ÇKKV, Grup Analitik Hiyerarşi Süreci, GAHS, Ağırlıklı Geometrik Ortalama Yöntemi, AGOY, TOPSIS, VIKOR, Bulanık Karar Verme

A MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING APPROACH FOR THE SELECTION OF NEW PRODUCT DEVELOPMENT PROJECTS IN GENERIC PHARMACEUTICAL COMPANIES

ABSTRACT

This study proposes an integrated decision support model for addressing multi-criteria decision-making problems encountered in new product development (NPI) processes in generic pharmaceutical companies. Criteria weights are determined based on expert judgments using the Group Analytic Hierarchy Process, with individual evaluations aggregated through the Weighted Geometric Mean Method. In the evaluation of product/project alternatives, TOPSIS and VIKOR methods are applied for clear and quantitative data, while expert assessments involving uncertainty are incorporated into the model through Fuzzy TOPSIS and Fuzzy VIKOR approaches. The application is conducted within the NPI decision-making process of a real generic pharmaceutical company and focuses on product/project alternatives that have passed the pre-feasibility stage. The results indicate that when highly distinctive and well-defined data dominate the evaluation process, the rankings obtained from TOPSIS and VIKOR methods largely coincide. However, it is also observed that as the level of uncertainty increases, ranking results may diverge, in which case fuzzy approaches can provide additional insights to decision makers. In conclusion, this study presents a comprehensive decision support model for NPI decisions in generic pharmaceutical companies, based on selecting appropriate methods according to the level of uncertainty at both the criteria weighting and alternative evaluation stages, and jointly employing classical and fuzzy multi-criteria decision-making methods. The proposed approach aims to provide companies with a more transparent, consistent, and defensible decision-making framework.

Keywords: New Product Introduction, NPI, Generic Pharmaceutical Industry, Multi-Criteria Decision Making, MCDM, Group Analytic Hierarchy Process, GAHP, Weighted Geometric Mean Method, WGMM, TOPSIS, VIKOR, Fuzzy MCDM, Decision support Systems

**C-SUV ARAÇLARDA KULLANILAN ÇİFT BORULU TELESKOBİK TİP
AMORTİSÖRLERDE YAĞ DEĞİŞİKLİĞİNİN KEÇE-PİSTON MİLİ
ARASINDAKİ SÜRTÜNMÜ KUVVETİ VE NVH PERFORMANSINA
ETKİLERİNİN DENEYSEL OLARAK ARAŞTIRILMASI**

Hasan Can KARAKAŞ

Bursa Uludağ University, Faculty of Engineering, Bursa/Türkiye & Maysan Mando Türkiye

ORCID: 0009-0004-3048-8032

ÖZET

Bu çalışma, C-SUV segmentinde kullanılan çift borulu teleskobik tip amortisörlerde yağ değişikliğinin keçe ile piston kolu arasındaki sürtünme kuvvetine olan etkilerinin incelenmesi ve bu değişikliğinin NVH performansı üzerindeki etkilerini incelemektedir. Değerlendirmeler, B yağının 40 ve 100 °C’de A yağına kıyasla daha yüksek viskozite değerleri sunarak temas bölgesinde daha kararlı ve optimize bir film tabakası oluşturduğunu göstermiştir. Bu film tabakası, piston kolu ile keçe arasındaki mikro temasları azaltmakta, yüzeyler arasındaki sürtünme geçişlerini yumuşatmakta ve özellikle düşük hızlarda ortaya çıkan stick-slip kaynaklı oluşabilecek ses risklerini olabildiğince düşürmektedir. B yağının düşük ve yüksek sıcaklıklarda gösterdiği üstün dayanım, hidrodinamik film tabakasının geniş çalışma aralığında kararlı kalmasını sağlamış; yüksek sıcaklıklarda film incelmesini ve sürtünme artışını önlemiş, düşük sıcaklıklarda ise akışkanlığın korunmasıyla ilk hareketlerde görülen sertlik ve gürültü eğilimlerini azaltmıştır. Yapılan testler, optimize film oluşumunun keçe ve piston kolu üzerinde daha düşük aşınma oluşturduğunu, böylece ömür dayanımını artırdığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, yağ viskozitesi ve reolojik özelliklerin yalnızca hidrolik davranışı değil, aynı zamanda akustik performans ve bileşen dayanımını doğrudan etkileyen kritik tasarım parametreleri olduğunu göstermektedir. Doğru yağ spesifikasyonunun belirlenmesi, amortisör geliştirme süreçlerinde hem NVH performansının iyileştirilmesine hem de uzun ömürlü ve kararlı sistem davranışının sağlanmasına katkı sunmaktadır. Ayrıca B yağının kimyasal stabilitesi, oksidasyon direnci ve termal kararlılığı uzun süreli kullanımda performansın korunmasını desteklemekte, amortisörün çalışma koşullarına daha uyumlu bir tribolojik ortam oluşturmaktadır. Bu sayede hem iç sürtünme kuvvetleri optimize edilmekte hem de NVH karakteristiği daha öngörülebilir bir yapıya kavuşmaktadır. Özetle amortisör yağı belirlenirken amortisör ömrü boyunca oluşacak NVH risklerinden kaçınmak adına sıcaklık dayanımı, viskozite indeksi ve oksidasyon direnci önemli rol oynamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yağ Değişikliği, Viskozite, NVH Performansı, Film Tabakası, Kimyasal Stabilite, Keçe-Piston Mili Arasındaki Sürtünme Kuvveti

EXPERTIMENTAL INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF OIL CHANGE ON SEAL-PISTON ROD FRICTION FORCE AND NVH PERFORMANCE IN TWIN-TUBE TELESCOPIC SHOCK ABSORBERS FOR C-SUV VEHICLES

ABSTRACT

This study investigates the effects of oil change on friction force between oil seal and piston rod in twin-tube telescopic shock absorbers used in the C-SUV vehicles and examines how this change influences NVH (Noise, Vibration, and Harshness) performance. Evaluations show that Oil B provides higher viscosity values than Oil A at both 40 °C and 100 °C, leading to more stable and optimized lubricant film in the piston rod surface. This film reduces micro-contacts between the piston rod and the seal, smooths friction transitions between surfaces and significantly reduces the risk of noise caused by stick-slip behavior, especially at low speeds. Better performance of Oil B at both low and high temperatures ensures the stability of hydrodynamic film over a wide operating range. At high temperatures, it prevents film thinning and friction increase, while at low temperatures it maintains sufficient fluidity, reducing stiffness and noise tendencies during initial motion. Test results indicate that optimized film formation results in lower wear on the seal and piston rod, thereby increasing durability performance. These findings demonstrate that oil viscosity and rheological properties are critical design parameters that directly affect not only hydraulic behavior but also acoustic performance and component durability. Proper oil specification contributes to improved NVH performance and ensures long-term, stable shock absorber operation. In addition, the chemical stability, oxidation resistance, and thermal stability of Oil B help maintain performance during long-term use and create a tribological environment better suited to shock absorber operating conditions. As a result, internal friction forces are optimized and NVH characteristics become more predictable. In summary, temperature resistance, viscosity index, and oxidation resistance play a crucial role in oil selection in order to avoid NVH risks throughout service life of shock absorber.

Keywords: Oil Change, Viscosity, NVH Performance, Lubricant Film, Chemical Stability, Seal–Piston Rod Friction Force

GİRİŞ

Araçlarda kullanılan pek çok sistemden birisi de süspansiyon sistemidir. Günümüz araçlarında farklı tasarımlara sahip süspansiyon sistemlerinin temel amacı sürüş konforunun sağlanmasının yanında aracın hareket esnasında sürüş kontrolünün de sağlanmasıdır. Bunun yanında süspansiyon sistemi yol ve lastikler arasındaki sürtünmeyi artırarak direksiyon kontrolü ile iyi bir yol tutuş elde etmemizi sağlar.

Amortisörler, mekanik sistemlerde ortaya çıkan titreşimleri sönmölemek ve sistemin kararlılığını artırmak amacıyla kullanılan elemanlardır. Özellikle taşıt süspansiyon

sistemlerinde yaylarla birlikte çalışarak hem yol tutuşunu hem de sürüş konforunu iyileştirirler. Amortisörlerin temel işlevi, süspansiyon hareketi sırasında ortaya çıkan enerjiyi hidrolik direnç yoluyla sönmüleyerek istenmeyen salınımları azaltmaktır (Heinrich & Hocke, 2014).

Süspansiyon sistemlerinin en önemli elemanı amortisörlerdir. Amortisör (Fransızcadan: amortisseur), makinalarda çalışma esnasında oluşan sarsıntı ve titreşimlerin şiddetini ve etkisini azaltmak için kullanılan elemanlardır. Amortisörler tekerleklerin hareket yönüne ters, hız ile orantılı bir direnç gösterirler. Böylece titreşim ve sarsıntılardan ortaya çıkan kinetik enerjiyi, ısıya çevirerek yutarlar. (Anonim 2019)

Ayrıca amortisörlerin sağladığı konforun yanında, araç güvenliğine olan doğrudan etkisi de göz önünde bulundurularak daha gelişmiş, adaptif sistemlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar artmaktadır (Yılmaz, 2022).

Bu çalışmada C SUV araçlarda kullanılan çift borulu teleskobik tip amortisörlerde kullanılan yağ değişikliğinin amortisör ömrü boyunca keçe ve piston kolu arasındaki sürtünme kuvvetinin azaltılması, piston kolundaki film tabakasının dayanımının iyileştirilmesi kapsamında etkileri incelenmiştir. Etkilerinin belirlenmesi için test öncesi ve test sonrası keçe-piston kolu arasındaki sürtünme kuvveti ölçümleri ve subjektif değerlendirmeler yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda testlerden elde edilen bulgular yorumlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada C-SUV araçlarda kullanılan teleskobik tip amortisörlerde yanal yük altında ömür testi yapılarak test öncesi ve sonrasında NVH performansı incelenmiştir.

- 1- Bağlantı Noktası: Araç arka aks,
- 2- Tip: Teleskobik tip çift borulu pasif amortisör,
- 3- Piston Mili: Çap 12,5 mm,
- 4- Basınç Borusu Çap: 30 mm,
- 5- Dış Boru Çap: 45 mm,
- 6- Araç Bağlantı Noktaları: Alt Yüzük – Üst Saplama

Çalışmada kullanılan çift borulu teleskobik tip amortisör binek, ticari ve SUV araçların arka aksında yaygın bir şekilde kullanılan amortisördür. Çift borulu amortisörler piston milinin dış etkenler tarafından tahrik edilmesi sonucu amortisörün kapanma ve açılma hareketini gerçekleştirmesiyle çalışmaktadır. Amortisörler hareketinin tersi yönünde direnç oluşturarak sönmüleme kuvveti oluşturur. Sönmüleme kuvveti de hareketin hızına bağlıdır. Hareket hızı arttıkça sönmüleme kuvvetinde de artış görülür.

Bu çalışmada ise teleskobik tip amortisörlere yanal yük altında, belirli strokta ve sıcaklık kontrollü bir şekilde ömür testi yapılarak test öncesi ve test sonrası keçe-piston kolu arasındaki

sürtünme kuvveti değerleri ölçülmüştür. Çalışmada paylaşılan ölçümler 20 kN yük, 4 m/s kapasitesine sahip olan servo hidrolik test makinasında yapılmıştır. Yapılan ömür testlerinde uygulanan yanal yük, test stroğu ve kontrol edilen sıcaklık değerleri aşağıdaki gibidir.

- **Yanal Yük:** 150 N
- **Strok:** ± 50 mm
- **Sıcaklık Kontrolü:** $80\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$
- **Çevrim Sayısı:** 2M



Şekil 1. Servo-hidrolik test makinesi

Teleskobik tip amortisörler binek ve bazı ticari araçların çoğunlukla arka amortisörlerinde yer alırlar. Bu amortisör tipinde araca alt noktasından bağlantısını sağlayan yüzük-burç parçaları bulunur. Üst taraftanda bağlantı sağlama ve amortisör üst takozu aracılığıyla yapılır. Emniyet parçası olma özelliklerinden dolayı tasarım esnasında uygun malzeme ve geometri seçiminin yapılması bu tip amortisörler için son derece önemlidir.



Şekil 2. Teleskobik tip amortisör görseli

Yapılan çalışmalarda kullanılan A ve B amortisör yağının 15°C sıcaklıktaki yoğunluğu yaklaşık olarak aynıdır. Bunun sebebi çıktı olarak üretilen sönümleme kuvvetinin aynı olması gerektiğidir. Fakat aynı sönümleme kuvvetine karşılık farklı dayanım elde edilebilir. Bu sebeple çalışmamızda yoğunluk hariç teknik özellikleri farklı olan iki amortisör yağı kullanılmıştır.

B amortisör yağının 40°C ve 100°C sıcaklıklarındaki viskozite değerleri A amortisör yağına kıyasla daha yüksektir. Aynı şekilde yüksek ve düşük sıcaklıklardaki dayanım B amortisör yağında A yağına kıyasla daha iyi seviyededir. Teknik özelliklere ait detaylar çizelge 2.4'te paylaşılmıştır.

Çizelge 2.4 A ve B Amortisör Yağına Ait Teknik Özellikler

Özellikler	Birim	Metot	Değer @A Yağı	Değer @B Yağı
Density at 15°C	g/cm ³	ASTM D1298	0.867	0.851
Viscosity at 100°C	cSt	ASTM D445	3.32	3.7
Viscosity at 40°C	cSt	ASTM D445	10.9	12.4
Flash Point	°C	ASTM D92	160	193
Pour Point	°C	ASTM D97	-42	-60

BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Bu çalışmada C-SUV araçların arka amortisörlerin yaygın bir şekilde kullanılan teleskobik tip çift borulu amortisörlerde yağ değişikliğinin ömür dayanımı süresince ve sonrasında NVH performansına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Test hızı ve stroğu çizelge 1'de paylaşılmıştır.

Çizelge 1. Test Hızları-Strok Bilgisi

Hız [m/s]	Strok [mm]
0,0003	±5

Yukarıda paylaşılan hız değeri baz alınarak amortisör stroğunun orta noktasından ±5 mm hareket edecek şekilde A yağı kullanılan 5 adet amortisörün test öncesinde keçe-piston kolu sürtünme kuvveti değerleri ölçülmüştür. Aynı metot ile B yağı kullanılan 5 adet arka amortisörün test öncesinde keçe-piston kolu sürtünme kuvveti değerleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçları çizelge 2 ve 2.1'de paylaşılmıştır.

Çizelge 2. Test Öncesi Ölçümler (A Amortisör Yağı)

A Amortisör Yağı İle Yapılan Ölçümler	S1	S2	S3	S4	S5	ORT.
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N)	15,31	17,23	19,11	18,92	16,28	17,37

Çizelge 2.1 Test Öncesi Ölçümler (B Amortisör Yağı)

B Amortisör Yağı İle Yapılan Ölçümler	S1	S2	S3	S4	S5	ORT.
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N)	11,89	10,78	11,22	11,75	12,33	11,59

A ve B yağı kullanılarak üretilen aynı amortisörler yan yük altında ömür testine tabi tutulmuştur. Test sonrasında da keçe ile piston kolu arasındaki sürtünme kuvvetleri ölçülerek

öncesi-sonrası sürtünme kuvveti değerleri ve yüzdelik değişimleri karşılaştırılmıştır. Ölçüm sonuçları çizelge 2.2 ve çizelge 2.3 ve 2.4'te paylaşılmıştır.

Çizelge 2.2 Test Sonrası Ölçümler (A Amortisör Yağı)

A Amortisör Yağı ile Yapılan Ölçümler	S1	S2	S3	S4	S5
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N) Test Öncesi	15	17	19	19	16
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N) Test Sonrası	35	40	42	43	38
% Değişim	133%	135%	121%	126%	138%

Çizelge 2.3 Test Sonrası Ölçümler (B Amortisör Yağı)

B Amortisör Yağı ile Yapılan Ölçümler	S1	S2	S3	S4	S5
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N) Test Öncesi	12	11	11	12	12
Keçe-Piston Kolu Sürtünme Kuvveti (N) Test Sonrası	23	21	21	21	24
% Değişim	92%	91%	91%	75%	100%

SONUÇLAR

Başlangıçta B amortisör yağının, A amortisör yağına kıyasla yaklaşık %33 daha düşük sürtünme kuvveti sağladığı görülmektedir. Bu, B amortisör yağının daha etkin bir film tabakası oluşturarak sürtünmeyi azalttığını gösterir. A amortisör yağının sürtünme kuvveti test sonrası yaklaşık 2 kat (113%-133%) artarak 35-43 N aralığında çıkmıştır. Bu artış keçe ve piston kolu arasındaki sürtünmenin ciddi oranda yükseldiğini, dolayısıyla piston kolu üzerindeki film tabakasının zayıfladığını göstermektedir. B amortisör yağının test sonrası sürtünme kuvvetinde de artış gözlemlenmiştir. Fakat bu artış %81-%94 seviyelerinde kalmıştır. Test sonrası piston kolu-keçe arasındaki sürtünme kuvveti değerleri 21-24 N aralığında olup, A amortisör yağına göre çok daha stabil olduğu ve dolayısıyla düşük sürtünme kuvveti sağladığı görülmektedir.

B amortisör yağı, daha yüksek viskozite ve termal dayanım sayesinde piston kolu ile keçe arasındaki temas yüzeyinde daha kalın ve stabil bir film tabakası oluşturmaktadır. Bu film tabakası, sürtünmeyi önemli oranda azaltmakta ve test süresince de bu özelliğini koruyarak sürtünmenin aşırı artmasını engellemektedir. A amortisör yağı ise başlangıçta daha yüksek sürtünmeye ve test süresi sonunda ciddi bir sürtünme artışına neden olmakta, bu da aşınma ve NVH (gürültü-titreşim) problemlerine yol açabilmektedir. B yağının hem yüksek hem düşük sıcaklıklarda daha iyi performans göstermesi, amortisörün geniş sıcaklık aralığında daha stabil

çalışmasını sağlar. Sürtünme kuvvetindeki artışların aşınma ve amortisör ömrü üzerinde negatif etkisi olacağı düşünüldüğünde, B yağının ömür dayanımı ve NVH iyileştirmeleri açısından daha avantajlı olduğu söylenebilir.

KAYNAKÇA

1. Chen, Z., & Liu, J. (2018). Influence of hydraulic oil viscosity on the damping and noise characteristics of shock absorbers. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 103, 85–97.
2. Kim, H., Lee, J., & Park, S. (2020). Effect of hydraulic fluid properties on damping performance and NVH characteristics of automotive shock absorbers. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 34(2), 613–621.
3. Lee, S., & Cho, H. (2021). Effects of lubricant film thickness on the friction and noise of automotive shock absorbers. *Lubrication Science*, 33(1), 12–25.
4. Park, J., & Kim, D. (2017). Optimization of shock absorber fluid properties for improved NVH performance in passenger vehicles. *SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems*, 10(3), 1012–1020.
5. Zhang, Y., Wang, X., & Li, Q. (2019). Tribological behavior and noise reduction in automotive dampers with different lubricants. *Tribology International*, 130, 213–222.

KOL KIZAK MEKANİZMASININ PID HIZ KONTROLÜ**Muhammet AYDIN**

Firat University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics, 23100 Merkez, Elazığ

ORCID:0000-0003-2746-9477**ÖZET**

Bu çalışmada, simülasyon tabanlı bir ortamda kol-kızak mekanizmasının hız kontrolü ele alınmıştır. İlk aşamada, kol-kızak sistemine ait üç boyutlu geometrik model Solidworks yazılımı kullanılarak oluşturulmuştur. Oluşturulan bu 3B model, kontrol ve analiz çalışmalarında kullanılabilmesi amacıyla xml formatına dönüştürülmüştür. Elde edilen xml dosyası, modelin Matlab/Simulink ortamına aktarılmasını sağlayarak kol-kızak mekanizmasına ait Simulink bloklarının oluşturulmasında kullanılmıştır. Simulink ortamında elde edilen bu bloklar yardımıyla, mekanizmanın giriş kolunun hız kontrolünü sağlamak amacıyla bir PID kontrol yapısı tasarlanmıştır. Belirlenen kontrol hedeflerine ulaşabilmek için Simulink kütüphanesinden gerekli ek bloklar sisteme entegre edilerek kontrol modeli tamamlanmıştır. Yapılan simülasyon sonuçlarına göre, kol-kızak mekanizmasının hedef referans hızı olan 5 rad/s değerine oldukça kısa bir sürede ulaştığı gözlemlenmiştir. Elde edilen veriler incelendiğinde, PID kontrol yaklaşımının mekanizmanın hızını yüksek doğrulukla, çok küçük bir hata payı ile ve hızlı bir şekilde kontrol edebildiği görülmüştür. Bu yöntem sayesinde, kol-kızak mekanizmasının nihai tasarımı üretim aşamasına geçilmeden önce Solidworks ortamında güvenilir bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Mekanizmanın üretileceği malzeme özellikleri dikkate alınarak aynı adımlar tekrarlandığında, gerçek zamanlı uygulamalar için uygun kontrol parametrelerinin belirlenmesi önemli ölçüde kolaylaşacaktır. Ayrıca, mekanizma üretilmeden önce üç boyutlu olarak modellenip simülasyon ortamında test edilmesi, sistemin istenilen hızda nasıl bir hareket karakteristiği sergileyeceğinin önceden görülmesini mümkün kılmaktadır. Bu yönüyle çalışma, tasarım ve kontrol sürecinde hem zaman hem de maliyet açısından avantaj sağlamakta olup, gelecekte yapılacak gerçek zamanlı araştırmalar için de önemli bir referans ve zaman tasarrufu sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kol kızak mekanizması, hız kontrolü, PID kontrol yöntemi, Simmechanics

PID VELOCITY CONTROL OF THE ARM-SLIDER MECHANISM**ABSTRACT**

This study addresses the velocity control of an arm-slider mechanism in a simulation-based environment. In the first stage, a three-dimensional geometric model of the arm-slider system was created using Solidworks software. This 3D model was converted to xml format for use in control and analysis studies. The obtained xml file was used to transfer the model to the

Matlab/Simulink environment and to create Simulink blocks for the arm-slider mechanism. Using these blocks obtained in the Simulink environment, a PID control structure was designed to control the velocity of the mechanism's input arm. To achieve the specified control targets, the necessary additional blocks from the Simulink library were integrated into the system, completing the control model. According to the simulation results, it was observed that the arm-slider mechanism reached the target reference velocity of 5 rad/s in a very short time. Analysis of the obtained data revealed that the PID control approach can control the velocity of the mechanism with high accuracy, a very small margin of error, and quickly. Thanks to this method, the final design of the arm-slider mechanism can be reliably implemented in the Solidworks environment before proceeding to the production stage. By repeating the same steps while considering the material properties of the mechanism to be produced, determining the appropriate control parameters for real-time applications will be significantly easier. Furthermore, modeling the mechanism in three dimensions and testing it in a simulation environment before it is manufactured makes it possible to see in advance how the system will behave at the desired speed. In this respect, the work offers advantages in terms of both time and cost in the design and control process, and also provides an important reference and time savings for future real-time research.

Keywords: Arm-slider mechanism, velocity control, PID control method, Simmechanics

1. INTRODUCTION

Mechanisms are groups of components designed to transfer motion or force in order to perform a specific task. The mass parameters and the inertial effects of mechanism components largely dictate the dynamic behavior of the system. In this case, it is crucial to examine changes in the mechanism's reduced mass moment of inertia (Shabana, 2013; Norton, 2012). The arm-slider mechanism is formed by the translational motion of a sliding joint along a non-fixed axis, which results from the fixed placement of a distinct member in the crank-slider mechanism. Crank-slider mechanisms have numerous applications, including internal combustion engines and industrial production systems (Uicker et al., 2011). The arm-slider mechanism, a variation of the crank-slider system and referred to in the literature as the quick-return mechanism or inverted crank-slider mechanism, consists of a rotating crank member, a sliding element attached to this member, and an output member that swings (Norton, 2012; Kumar et al., 2010). In industry, planar mechanisms such as crank-slider and four-bar linkages are commonly used as basic driving components. The arm-slider mechanism is especially advantageous for systems such as crank and saw mechanisms with different attachments. When the movement characteristics of the mechanism are analyzed, the flexibility of the crank

limb significantly affects the kinematic and dynamic parameters of the system due to the oscillatory movement of the output member (Chaudhary & Patel, 2013). Arm-slider mechanisms are categorized as closed kinematic chain mechanisms and have one degree of freedom. These mechanisms are frequently used in machine and mechanism design because they can accurately follow nonlinear planar trajectories (Erdman et al., 2001). Additionally, they are used in real-time applications across numerous industrial sectors, including robotics, equipment, automotive, and aerospace (Zhang et al., 2018).

After the arm-slider mechanism design is complete, it is critical to ensure the desired position or velocity control. However, the nonlinear dynamic nature of these systems makes control design more challenging. One of the most widely used control methods, PID control, makes it difficult to theoretically calculate control gains when applied to nonlinear systems and sometimes requires trial and error (Åström & Hägglund, 1995). Finding constants that are appropriate for the system is often impossible with this method, which takes a lot of time. In order to calculate the coefficients of the PID control method that would perform velocity control of the arm slider mechanism, the 3D model of the mechanism was utilized in this study (MathWorks, 2023; Rahman et al., 2016). The solid model of the arm-slider mechanism created in the Solidworks environment was converted to XML format for use in the Matlab environment. The simulation blocks for the arm slider mechanism were obtained by utilizing the xml file to activate the Simmechanics module in the Matlab environment. By running the simulation blocks, the PID control coefficients were automatically retrieved from the model. Additionally, the movement of the mechanism was monitored by running the simulation blocks. Consequently, the PID velocity control of the arm-slider mechanism was achieved.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Three-Dimensional Model of the Arm-Slider Mechanism

A three-dimensional model of the arm slider mechanism that will be managed by the PID technique has been produced using the Solidworks solid modeling program. For this objective, one translational component and three rotating components have been built. The first part of the arm sliding mechanism (the red part in Figure 1) is fixed, and the designs for the remaining three moving rods are already complete. The assembled solid model of the arm slide mechanism shown in Figure 1 was made by assembling each part in line with its movement. The functionality of the mechanism was assessed by moving the input arm and observing the movement of the other arms.

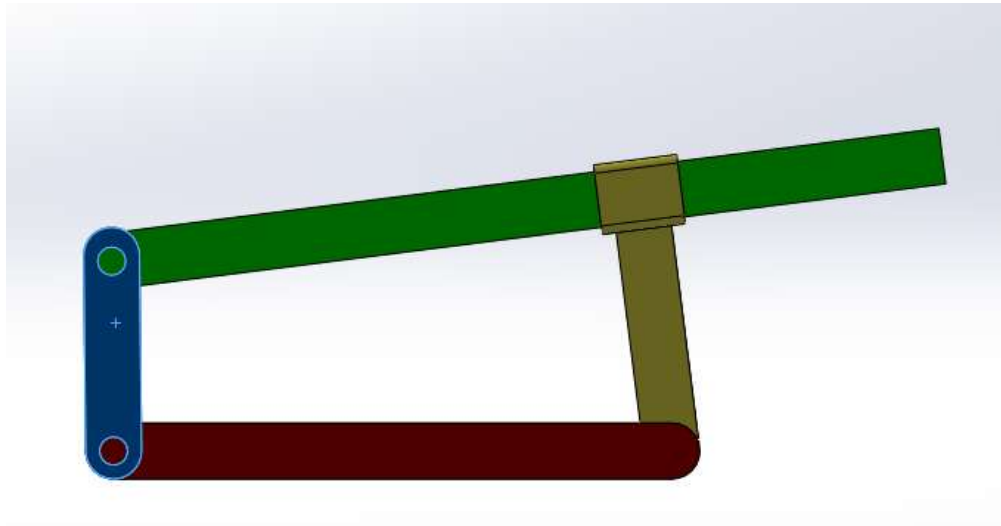


Fig. 1. Solid model of the arm slider mechanism

2.2. Extracting the Arm-slider mechanism solid model to Simmechanics

To transfer the solid model of the arm slider mechanism modeled in SolidWorks to Matlab/SimMechanics, the mechanism's XML file was first exported from SolidWorks. The resulting XML file and the smimport command on Matlab's main command line were used to create the mechanism's Simulink blocks. Figure 2 shows the arm slider mechanism in Matlab. Additionally, Figure 3 shows the Simulink blocks created in Simmechanics using the solid model of the mechanism.

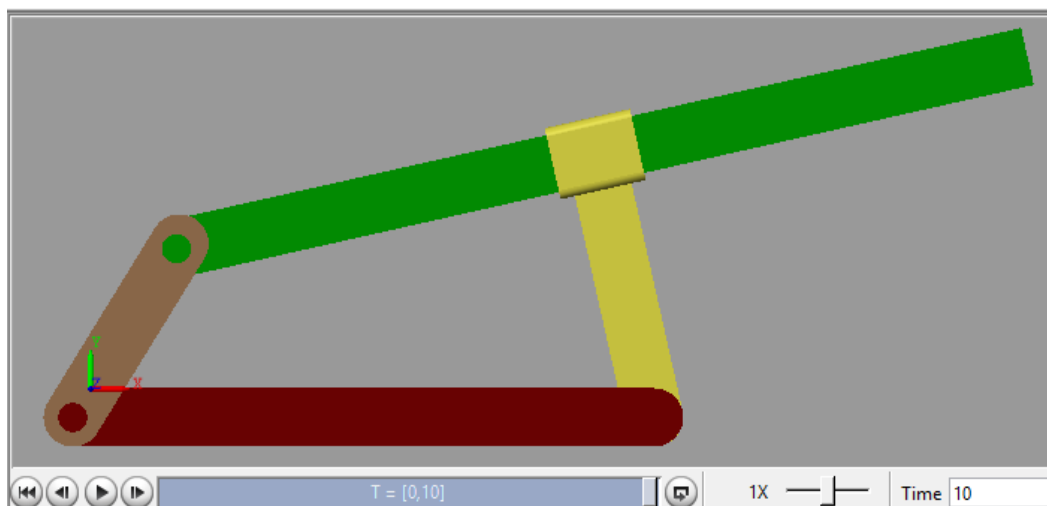


Fig. 2. Arm-slider mechanism transferred to the Matlab

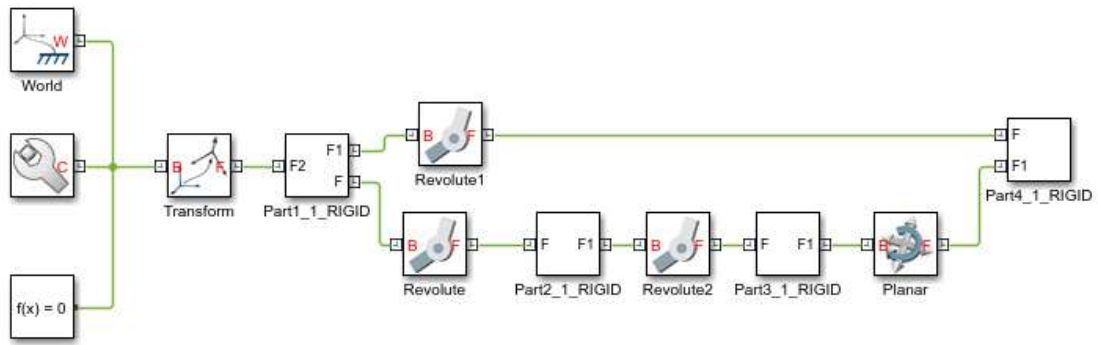


Fig. 3. Simulink blocks of Arm-slider mechanism

2.3. PID velocity control of Arm-slider mechanism

Before applying PID control to the arm slider mechanism, more blocks must be added to the Simmechanics blocks. These blocks are the PID control output torque applied to the input member and the feedback value taken from the mechanism's input member. This is accomplished by applying torque to the input member, producing an output that is returned to the input member with unit feedback, creating an error based on the given reference value, and sending it to the PID control block. The velocities of the other mechanism components must be changed in order to change the input element's velocity, or the region where the motor is situated.

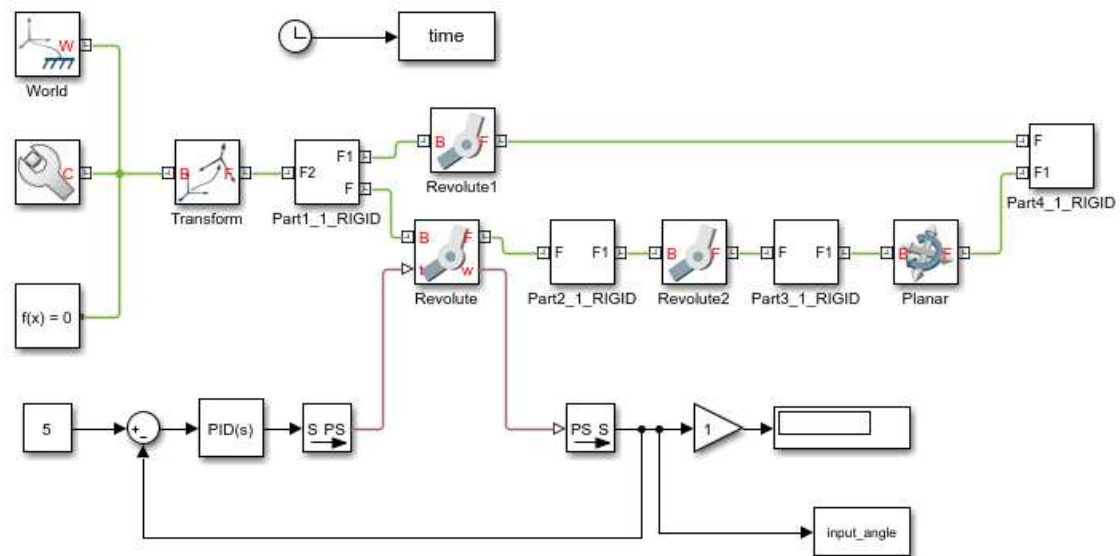


Fig. 4. Block diagram of Arm-slider mechanism with PID

The results of using the mechanism model with PID control and using the tune button in the PID control to find the gain coefficients suitable for the model after entering the required reference value are shown in Figure 5.

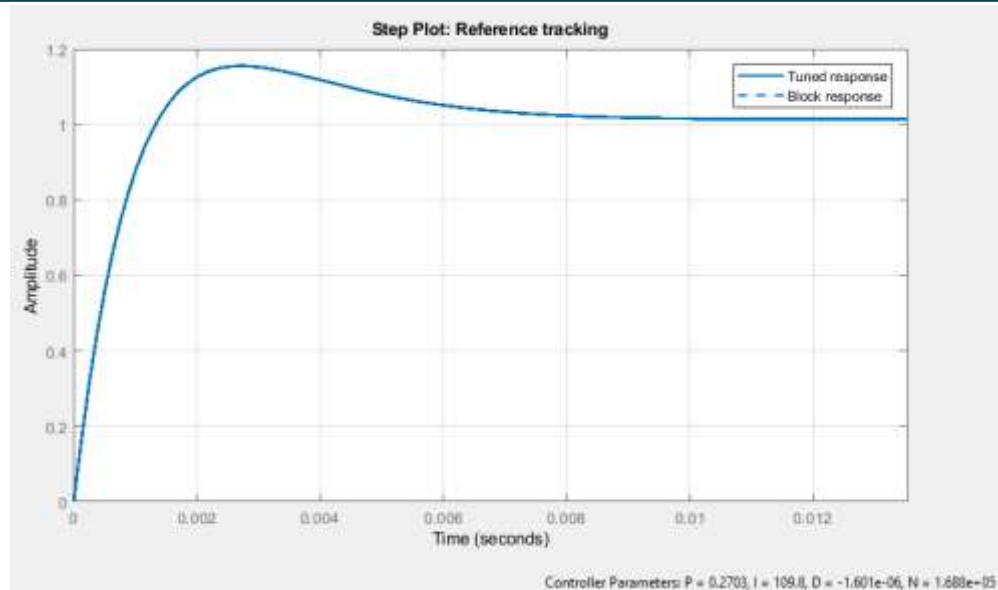


Fig. 5. Automatic calculation of the mechanism's gain coefficients

Additionally, the PID gain coefficients obtained from block model calculations are shown in Figure 6.

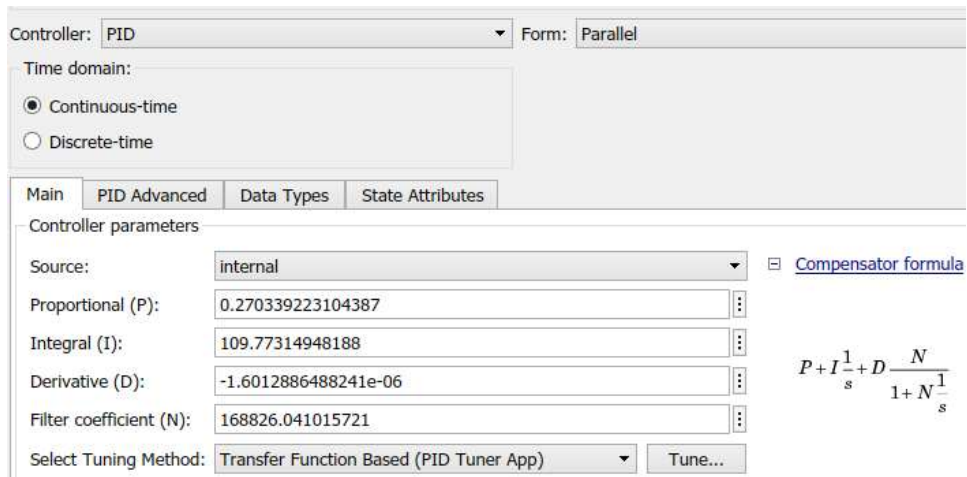


Fig. 6. Display of the mechanism's gain coefficients within the PID block

The velocity of the input arm must be 5 rad/s. After PID control is applied, the mechanism's input arm velocity in the model on the Matlab main screen approaches 5 rad/s, as seen in Figure 7. The mechanism's motion at various times is depicted in the following pictures.

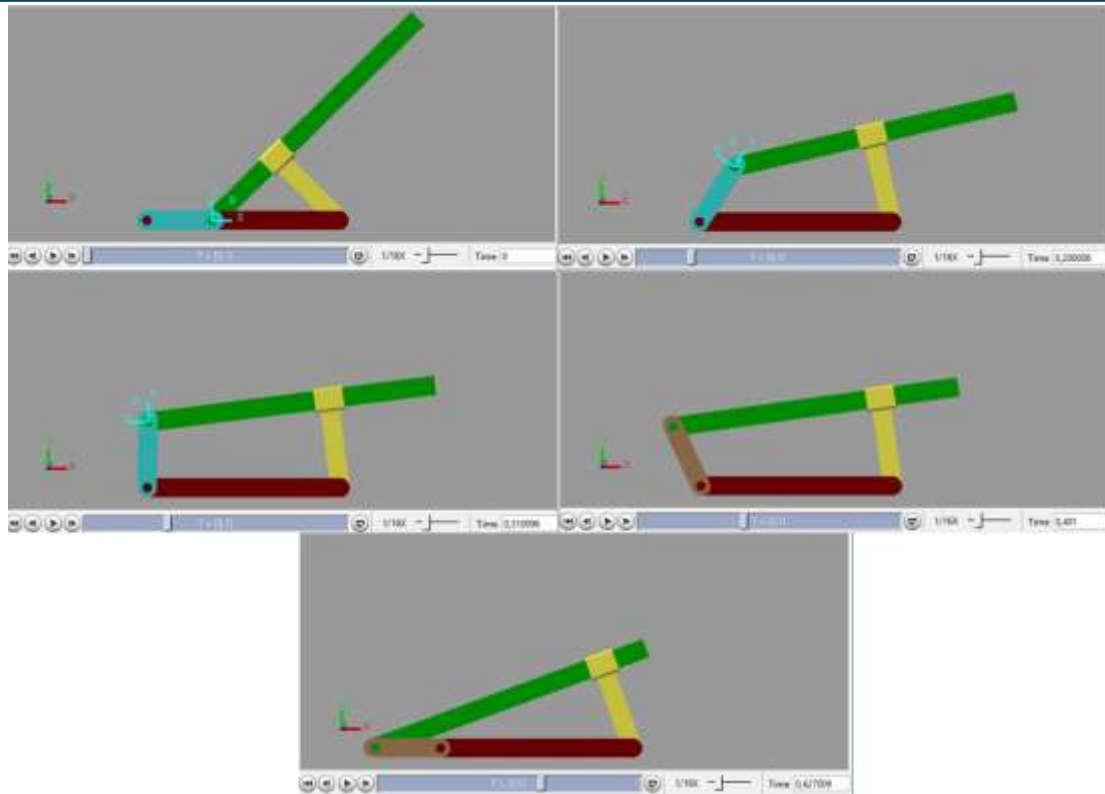


Fig. 7. Arm-slider mechanism position in Matlab after PID control

As seen in Figure 8, the arm-slider mechanism achieved the desired angular velocity of 5 rad/s following the implementation of the PID controller. The reference input was set to 5 rad/s, and the output angular velocity, expressed in radians per second, was shown on the screen. These findings show that the system was able to reach the intended reference value.

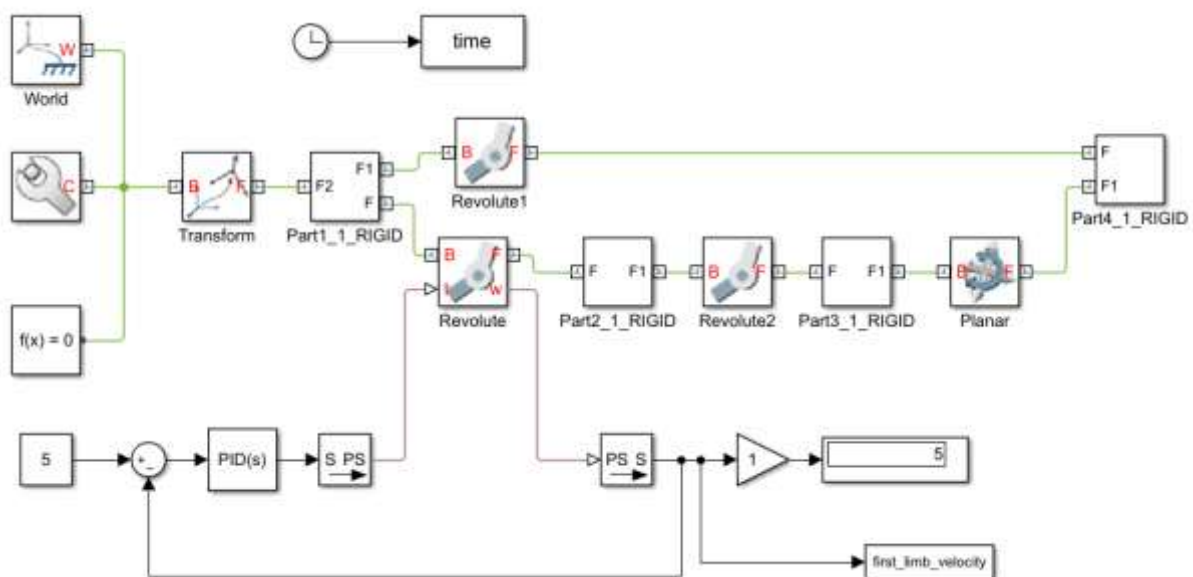


Fig. 8. Block diagrams of the Arm-slider mechanism after PID control is applied

3. RESULTS AND DISCUSSION

The PID control method required to be used to increase the arm slider mechanism's velocity to 5 rad/s. Figure 9 shows that in order to obtain the desired reference velocity value, a settling time of 0.01185 seconds was needed. The graph indicates that 5.75 was the highest overshoot value. The desired reference value was attained with a maximum overrun of 15%.

Figure 10 shows the mechanism's velocity error value. When velocity 5 rad/s was reached, the error value at the point of settling was 0.003384. This error value seems to be very little and within reasonable ranges. In percentage terms, this error value equals 0.06768.

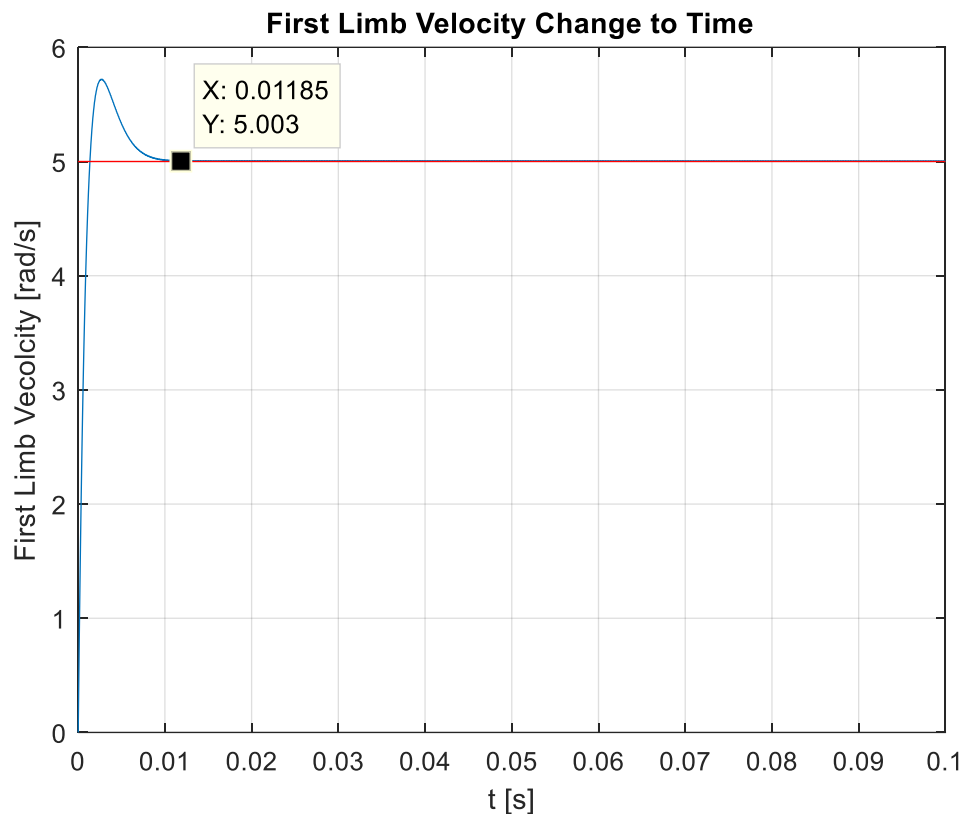


Fig. 9. First limb angle change to time of Arm-slider mechanism

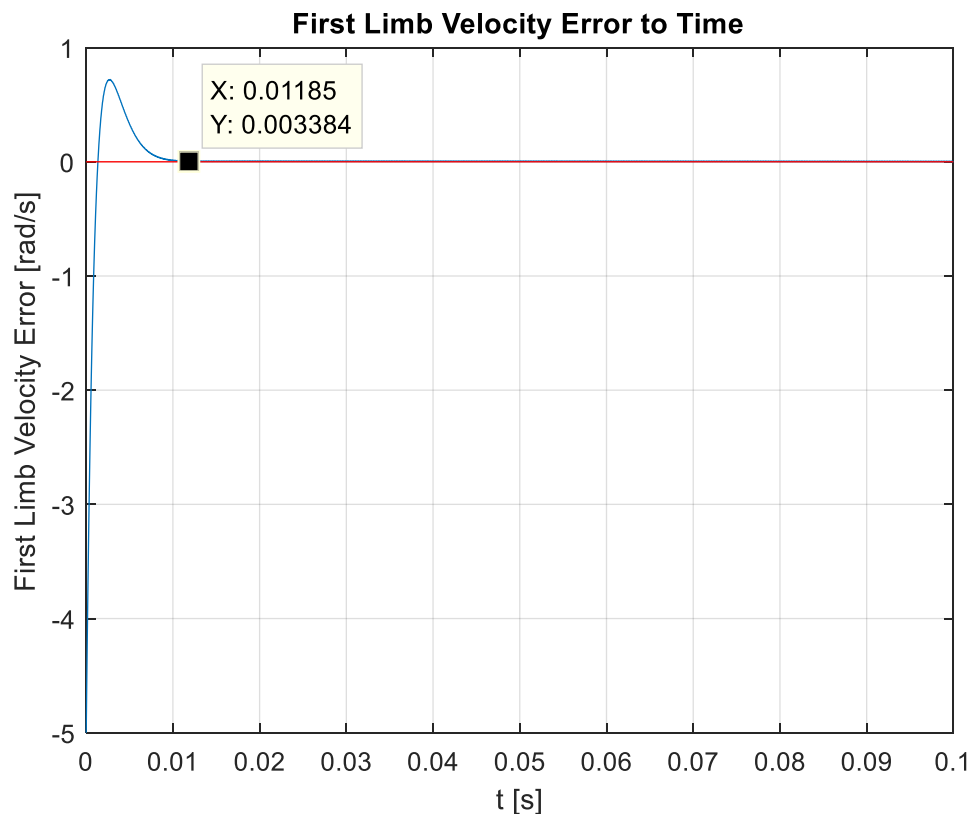


Fig. 10. First limb angle error change to time of Arm-slider mechanism

The application developed in this study can also be used with arm slider mechanisms designed for other purposes. PID control gain coefficients can be established using blocks, and SimMechanics can import mechanisms with precisely defined dimensions and material properties. Thus, these gain coefficients will support the velocity control phase in real-time applications.

CONCLUSIONS

This work examined the arm-slider mechanism's velocity control problem and used the PID control approach while taking the mechanism's nonlinear dynamic structure into account. After being developed in Solidworks, the three-dimensional solid model of the mechanism was imported into Matlab/SimMechanics. As a result, a control infrastructure based on simulation was created while maintaining the mechanism's actual dynamic characteristics. The input limb was guided to the intended 5 rad/s reference velocity, and PID control gain coefficients were automatically calculated using block diagrams made in the SimMechanics environment. The findings demonstrated that the highest overshoot stayed within allowable bounds and that the mechanism quickly reached the reference velocity. Additionally, the extremely low error value at the settling point shows how sensitive the control mechanism that was created is.

Instead of figuring out PID control coefficients by trial and error, the approach employed in this paper allows for their automatic computation based on the real dynamic model of the

mechanism. This minimizes time loss and greatly streamlines the control design process. The results show that velocity control of nonlinear systems, like arm-slider mechanisms, may be successfully accomplished using the SimMechanics-based modeling and control approach. PID-based velocity control of the arm-slider mechanism was thus effectively performed in this study; it was shown that the suggested approach provides a dependable and workable substitute for control applications in comparable planar mechanisms. In addition to position, velocity, and acceleration control, future research will compare the effectiveness of other control mechanisms (such as fuzzy logic, artificial neural networks, or adaptive control techniques).

REFERENCES

- Åström, K. J., & Hägglund, T. (1995). *PID controllers: Theory, design, and tuning* (2nd ed.). ISA.
- Chaudhary, R., & Patel, A. (2013). Kinematic and dynamic analysis of inverted slider crank mechanism. *International Journal of Mechanical Engineering*, 4(2), 45–52.
- Erdman, A. G., Sandor, G. N., & Kota, S. (2001). *Mechanism design: Analysis and synthesis* (Vol. 1). Prentice Hall.
- Kumar, S., Singh, R., & Jain, S. C. (2010). Dynamic analysis of quick return mechanism. *Mechanism and Machine Theory*, 45(6), 891–902.
- MathWorks. (2023). *Simscape multibody user's guide*. The MathWorks Inc.
- Norton, R. L. (2012). *Design of machinery: An introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Rahman, M. A., Rashid, M. M., & Ahmed, S. (2016). PID position control of nonlinear mechanical systems. *ISA Transactions*, 62, 47–58.
- Shabana, A. A. (2013). *Dynamics of multibody systems* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Uicker, J. J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. (2011). *Theory of machines and mechanisms* (4th ed.). Oxford University Press.
- Zhang, Y., Wang, L., & Chen, X. (2018). Simulation-based PID tuning for nonlinear multibody systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 85, 1–12.

KOL KIZAK MEKANİZMASININ PID POZİSYON KONTROLÜ**Muhammet AYDIN**

Firat University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronicss, 23100 Merkez, Elazığ

ORCID:0000-0003-2746-9477**ÖZET**

Bu çalışmada, Simmechanics ortamındaki kol-kızak mekanizmasının pozisyon kontrolü ele alınmıştır. Başlangıçta, kol-kızak sistemi Solidworks ortamı kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir. Bu model daha sonra xml formatına dönüştürülmüştür. 3 boyutlu model, modelin xml dosyası kullanılarak kol kızak mekanizması için Simulink blokları oluşturularak Matlab'e aktarılmıştır. Bu Simulink blokları, modelin giriş kolunun açısı kontrolü için PID kontrol yaklaşımını uygulamak için kullanılmıştır. Mekanizmanın amaçlanan referans noktasına ulaştığı belirlenmiştir. Verilerden, mekanizmanın PID kontrol yaklaşımının pozisyon kontrolünü hızlı ve çok küçük bir hata payıyla yerine getirdiği elde edilmiştir. Bu yaklaşım kullanılarak, bir kol-kızak mekanizmasının nihai tasarımı Solidworks ortamında oluşturulabilir. Mekanizmanın yapılacağı malzeme belirlenerek aynı işlemler gerçekleştirildiğinde, gerçek zamanlı uygulamalar için uygun kontrol katsayılarını bulmak böylece daha kolay hale gelecektir. Gelecekteki araştırmalar için bu çalışma zaman tasarrufu sağlamış olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kol kızak mekanizması, pozisyon kontrolü, PID kontrol, Simmechanics

PID POSITION CONTROL OF THE ARM-SLIDER MECHANISM**ABSTRACT**

The arm-slider mechanism's position control in the Simmechanics environment is included in this study. Initially, the arm-slider system was 3D modeled using the Solidworks environment. This model was subsequently converted to XML format. The 3D model was imported into Matlab by creating Simulink blocks for the arm-slider mechanism using the model's XML file. These Simulink blocks were used to implement the PID control approach for angle control of the model's input limb. It has been determined that the mechanism achieves the intended reference point. It is evident from the data that the mechanism's PID control approach achieves position control quickly and with a very tiny margin of error. Using this approach, an arm-slider mechanism's final design can be created in a Solidworks environment. When the same procedures are performed by specifying the material from which the mechanism will be made, it becomes simpler to find appropriate control coefficients for practical applications. Time will be saved for future research as a result.

Keywords: Arm-slider mechanism, position control, PID control, Simmechanics

1. INTRODUCTION

Mechanisms are collections of parts intended to transfer force or motion in order to carry out a certain function. The system's dynamic behavior is mostly determined by the mass parameters and inertial impacts of mechanism components. Examining variations in the mechanism's reduced mass moment of inertia is essential in this situation (Shabana, 2013; Norton, 2012). The translational motion of a sliding joint along a non-fixed axis, which arises from the fixed location of a separate member in the crank-slider mechanism, forms the arm-slider mechanism. Internal combustion engines and industrial production systems are just two examples of the many uses for crank-slider mechanisms (Uicker et al., 2011). A rotating crank member, a sliding element attached to this member, and an output member that swings make up the arm-slider mechanism, a derivative of the crank-slider mechanism and known in the literature as the quick-return mechanism or inverted crank-slider mechanism (Norton, 2012; Kumar et al., 2010). Planar mechanisms like crank-slider and four-bar linkages are frequently employed as fundamental drive components in industry. Systems like crank and saw mechanisms with various attachments also benefit from the arm-slider mechanism. Because of the oscillatory movement of the output member, the flexibility of the crank limb has a considerable impact on the kinematic and dynamic parameters of the system when the movement characteristics of the mechanism are examined (Chaudhary & Patel, 2013). Arm-slider mechanisms have one degree of freedom and are classified as closed kinematic chain mechanisms. Because they can precisely follow nonlinear planar trajectories, these mechanisms are often chosen in machine and mechanism design (Erdman et al., 2001). Furthermore, they are employed in real-time applications in a variety of industrial sectors, such as robotics, machinery, automotive, and aerospace (Zhang et al., 2018).

Ensuring the intended position or velocity control is crucial once the arm-slider mechanism design is finished. However, control design is made more difficult by these systems' nonlinear dynamic character. When applied to nonlinear systems, PID control, one of the most popular control techniques, makes it challenging to theoretically calculate control gains and frequently necessitates trial and error (Åström & Hägglund, 1995). This approach is quite time-consuming and frequently results in the inability to find constants that are acceptable for the system. Thus, the 3D model of the mechanism was used in this work to determine the coefficients of the PID control method that will carry out position control of the arm slider mechanism (MathWorks, 2023; Rahman et al., 2016). For usage in the Matlab environment, the solid model of the arm-slider mechanism made in the Solidworks environment was converted to XML format. The arm slider mechanism's simulation blocks were obtained by activating the simmechanics module in the Matlab environment using the xml file. The PID

control coefficients were automatically extracted from the model by executing the simulation blocks. Additionally, by executing the simulation blocks, the mechanism's movement was observed. As a result, the arm-slider mechanism's PID position control was accomplished.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Three-Dimensional Model of the Arm-Slider Mechanism

The Solidworks solid modeling program has been used to create a three-dimensional model of the arm slider mechanism that will be controlled by the PID approach. Three rotational components and one translational component have been constructed for this purpose. The design of the other three moving rods has already been finished, and the first component of the arm sliding mechanism (the red component in Figure 1) is fixed. Each component was assembled in accordance with its movement to create the assembled solid model of the arm slide mechanism depicted in Figure 1. The input arm was moved, and the other arms were seen to move as well, in order to evaluate the mechanism's functionality.

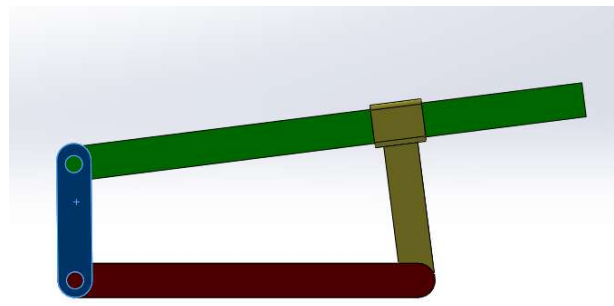


Fig. 1. Solid model of the arm slider mechanism

2.2. Extracting the Arm-slider mechanism solid model to Simmechanics

The mechanism's XML file was initially exported from SolidWorks in order to move the solid model of the arm slider mechanism modeled in SolidWorks to Matlab/SimMechanics. The mechanism's Simulink blocks were generated using the generated XML file and the smimport command on Matlab's main command line. The arm slider mechanism in Matlab is depicted in Figure 2. Furthermore, the Simulink blocks in Simmechanics produced by utilizing the solid model of the mechanism are displayed in Figure 3.

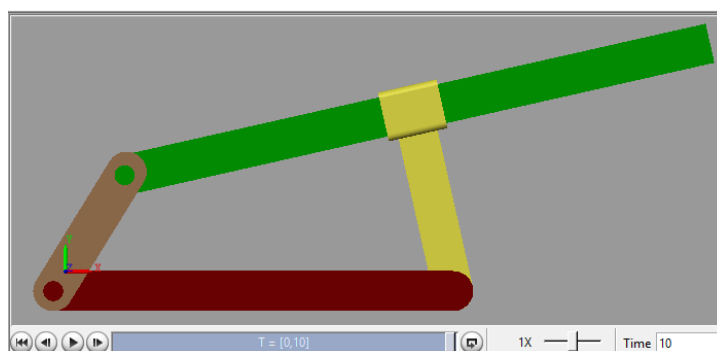


Fig. 2. Arm-slider mechanism transferred to the Matlab

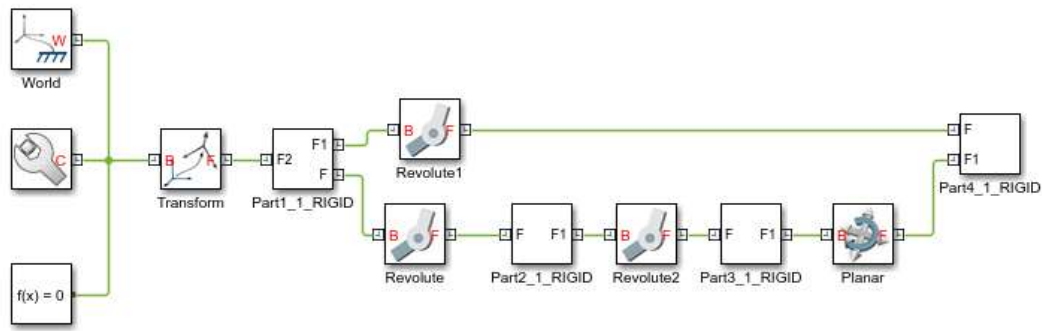


Fig. 3. Simulink blocks of Arm-slider mechanism

2.3. PID position control of Arm-slider mechanism

Additional blocks must be added to the Simmechanics blocks before PID control can be applied to the arm slider mechanism. These blocks are the feedback value extracted from the mechanism's input member and the PID control output torque supplied to the input member. In order to achieve this, the torque applied to the input member generates an output, which is then returned to the input member with unit feedback, generating an error based on the specified reference value and sending it to the PID control block. manipulating the input element's position, or the area where the motor is located, entails manipulating the other mechanism components' positions. Only the input arm's position control has been carried out because the mechanism only has one degree of freedom. The block diagrams that demonstrate how PID control is applied to the mechanism are displayed in Figure 4.

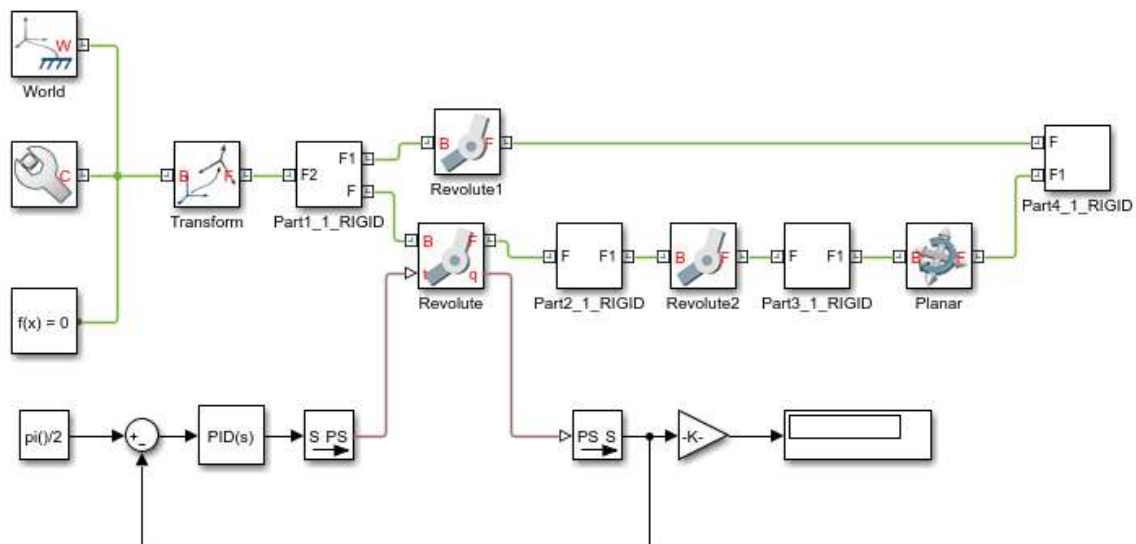


Fig. 4. Block diagram of Arm-slider mechanism with PID

Figure 5 displays the outcomes of utilizing the mechanism model with PID control and utilizing the tune button in the PID control to determine the gain coefficients appropriate for the model after inputting the desired reference value.

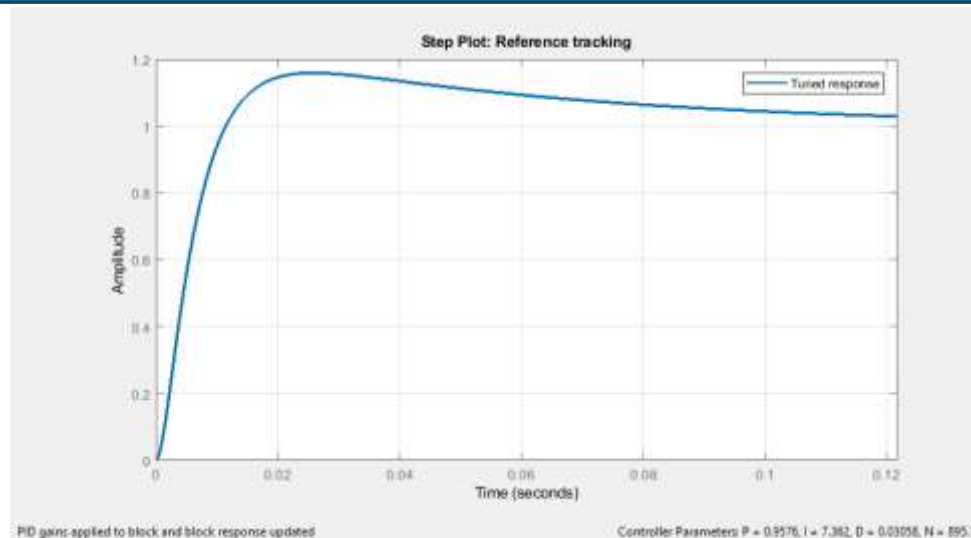


Fig. 5. Automatic calculation of the mechanism's gain coefficients

Furthermore, Figure 6 displays the PID gain coefficients derived from block model computations.

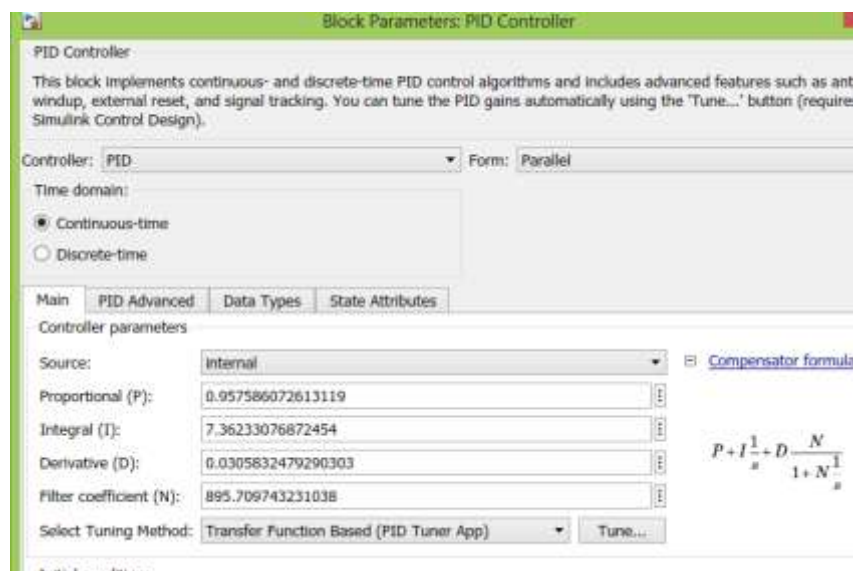


Fig. 6. Display of the mechanism's gain coefficients within the PID block

The input arm's angle value must be 90 degrees. The angle of the mechanism's input arm reaches 90 degrees in the model on the Matlab main screen following the application of PID control, as shown in Figure 7.

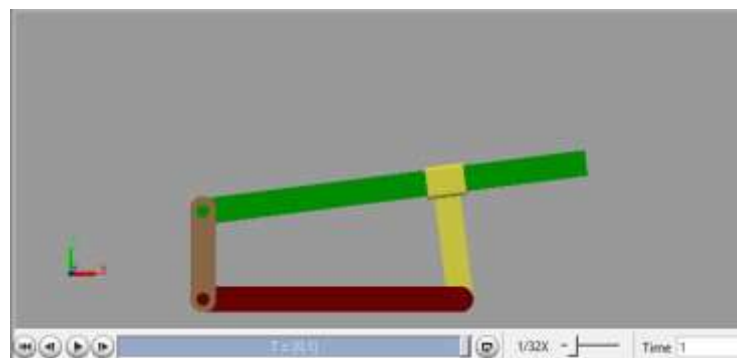


Fig. 7. Arm-slider mechanism position in Matlab after PID control

After PID control was implemented, the arm slider mechanism achieved the target position value of 90 degrees, as seen in Figure 8 below. The output value in radians was translated to degrees and shown on the screen, while the reference value was presented as $\pi/2$ in radians. This outcome shows that the intended reference value was attained.

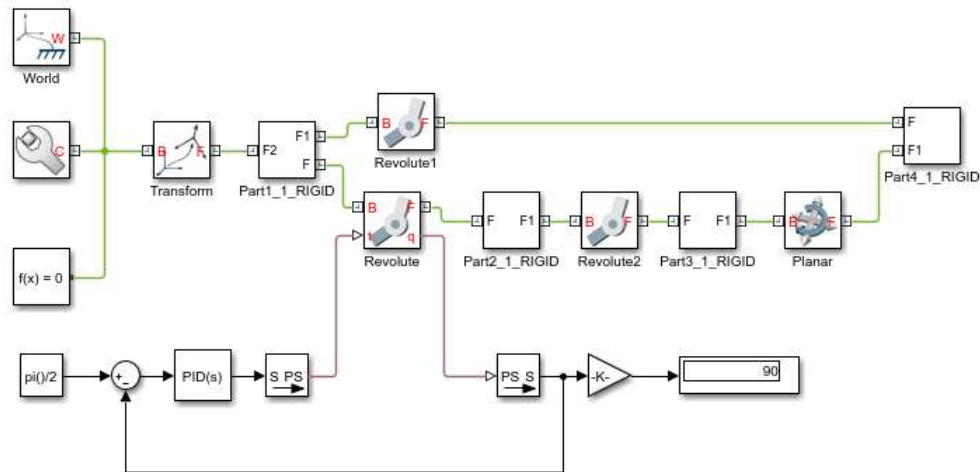


Fig. 8. Block diagrams of the Arm-slider mechanism after PID control is applied

3. RESULTS AND DISCUSSION

The input element of the arm slide mechanism had to be brought to a 90-degree position using the PID control approach. Figure 9 illustrates that a settling time of 0.5398 seconds was required to get the intended reference position value. The graph shows that the highest overshoot value was 93.4. With a maximum overshoot of 3.78%, the intended reference value was reached.

The error value of the mechanism's input member is displayed in Figure 10. The error value at the point of settling was 0.002362 when 90 degrees was attained. This error value appears to be extremely modest and within acceptable bounds. This mistake value is equivalent to 0.0026 in percentage terms.

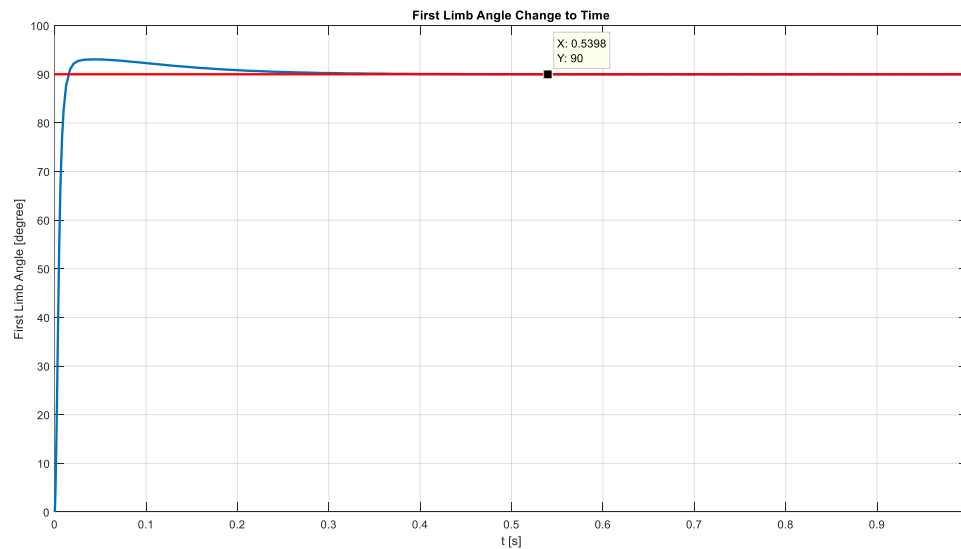


Fig. 9. First limb angle change to time of Arm-slider mechanism

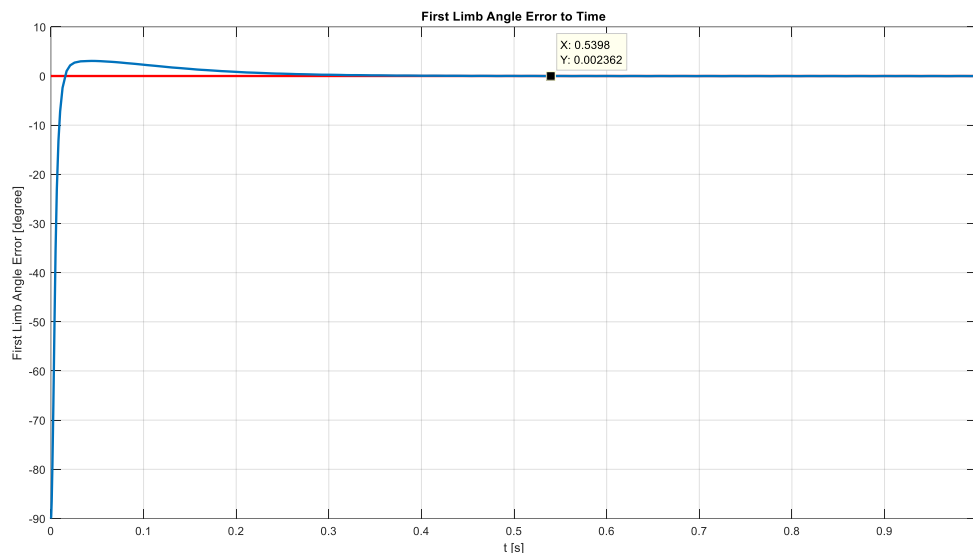


Fig. 10. First limb angle error change to time of Arm-slider mechanism

Arm slider mechanisms made for different uses can also use the application created in this study. Similar to this, PID control can be used to offer speed control for these machines. Blocks can be used to establish PID control gain coefficients, and mechanisms with precisely defined dimensions and material properties can be imported to SimMechanics. Therefore, in real-time applications, these gain coefficients will help with the control phase.

CONCLUSIONS

In this study, the position control problem of the arm-slider mechanism was addressed, and the PID control method was applied considering the nonlinear dynamic structure of the mechanism. The three-dimensional solid model of the mechanism was created in the Solidworks environment and then transferred to the Matlab/SimMechanics environment. Thus, a simulation-based control infrastructure was established while preserving the realistic

dynamic properties of the mechanism. PID control gain coefficients were automatically determined through block diagrams created in the SimMechanics environment, and the input member was directed to the desired 90° reference position. The results obtained showed that the mechanism reached the reference position within a short settling time and that the maximum overshoot remained within acceptable limits. Furthermore, the very low error value at the settling point demonstrates the high sensitivity of the designed control structure.

The method used in this study enables the automatic calculation of PID control coefficients based on the actual dynamic model of the mechanism, rather than determining them through trial and error. This significantly simplifies the control design process and reduces time loss. The findings demonstrate that the SimMechanics-based modeling and control approach can be effectively used for position control of nonlinear systems such as arm-slider mechanisms. As a result, this study successfully implemented PID-based position control of the arm-slider mechanism; it was demonstrated that the proposed method offers a reliable and feasible alternative for control applications in similar planar mechanisms. Future studies plan to perform performance comparisons of different control strategies (fuzzy logic, artificial neural networks, or adaptive control methods) along with speed and acceleration control.

REFERENCES

- Åström, K. J., & Hägglund, T. (1995). *PID controllers: Theory, design, and tuning* (2nd ed.). ISA.
- Chaudhary, R., & Patel, A. (2013). Kinematic and dynamic analysis of inverted slider crank mechanism. *International Journal of Mechanical Engineering*, 4(2), 45–52.
- Erdman, A. G., Sandor, G. N., & Kota, S. (2001). *Mechanism design: Analysis and synthesis* (Vol. 1). Prentice Hall.
- Kumar, S., Singh, R., & Jain, S. C. (2010). Dynamic analysis of quick return mechanism. *Mechanism and Machine Theory*, 45(6), 891–902.
- MathWorks. (2023). *Simscape multibody user's guide*. The MathWorks Inc.
- Norton, R. L. (2012). *Design of machinery: An introduction to the synthesis and analysis of mechanisms and machines* (5th ed.). McGraw-Hill.
- Rahman, M. A., Rashid, M. M., & Ahmed, S. (2016). PID position control of nonlinear mechanical systems. *ISA Transactions*, 62, 47–58.
- Shabana, A. A. (2013). *Dynamics of multibody systems* (4th ed.). Cambridge University Press.
- Uicker, J. J., Pennock, G. R., & Shigley, J. E. (2011). *Theory of machines and mechanisms* (4th ed.). Oxford University Press.
- Zhang, Y., Wang, L., & Chen, X. (2018). Simulation-based PID tuning for nonlinear multibody systems. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 85, 1–12.

**BİSHOP ÇATISI VEKTÖRLERİNİN LİNEER KOMBİNASYONLARIYLA
ÜRETİLEN SMARANDACHE ADJOINT EĞRİLİ REGLE YÜZEYLER****Esra DAMAR**Hitit University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Motor Vehicles and
Transportation Technologies, 19100 Çorum**ORCID:** 0000-0002-0743-8545**ÖZET**

Bu çalışmada, doğrultmanları Smarandache türündeki eğrilerden elde edilen birim yön vektörleri aracılığıyla tanımlanan yeni bir regle yüzey sınıfı ele alınmıştır. Yüzeylerin taban eğrisi, Bishop çerçevesinde tanımlanan teğet vektörü ile ikinci Bishop vektörünün birleşiminden oluşturulan bir Smarandache eğrisinin integrasyonu ile elde edilen Bishop adjoint eğri olarak belirlenmiştir. Bu doğrultuda, taban eğrisi $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ formundaki Bishop adjoint eğri olup, doğrultman yönleri Smarandache türü eğrilerden türetilen ve Bishop çatısının birim vektörleri kullanılarak oluşturulan $\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_1^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(\zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{3}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta)$ şeklindeki vektörlerle tanımlanmıştır. Bu yaklaşımla dört farklı regle yüzey inşa edilmiş ve bu yüzeylerin diferansiyel geometrik özellikleri kapsamlı biçimde incelenmiştir.

Çalışmada, söz konusu yüzeylerin Gauss ve ortalama eğriliklerine ilişkin kapalı formda ifadeler elde edilmiş, yüzeylerin temel geometrik davranışları ayrıntılı olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, bu yüzeylerin hangi koşullar altında açılabilir, minimal veya tekillik içeren bir yapıya sahip olduğu da analiz edilmiştir. Ek olarak, yüzey üzerindeki belirli parametrik eğrilerin geodezik ve asimptotik özellikleri incelenmiş ve bu karakterlerin sağlanması için gerekli ve yeterli koşullar açık bir biçimde ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bishop çatısı, Smarandache eğrisi, Adjoint eğri, Slant helis.

**RULED SURFACES WITH SMARANDACHE ADJOINT BASE CURVES
GENERATED BY LINEAR COMBINATIONS OF BISHOP FRAME VECTORS
ABSTRACT**

In this study, a new class of ruled surfaces defined by unit direction vectors derived from Smarandache-type curves is examined. The base curve of the surfaces is chosen as the Bishop adjoint curve, obtained by integrating a Smarandache curve formed through the combination of the tangent vector and the second Bishop vector defined with respect to the Bishop frame. Accordingly, the base curve is the Bishop adjoint curve of the form $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$, while the director directions are determined by using the unit vectors of the Bishop frame associated with Smarandache-type curves, given by $\frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_1^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(\zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{3}}(\mathbf{t}_\beta + \zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta)$. Using these director vectors,

four distinct ruled surfaces are constructed and their differential geometric properties are investigated in detail.

Closed-form expressions for the Gaussian and mean curvatures of these surfaces are obtained, and their fundamental geometric characteristics are thoroughly analyzed. Furthermore, the conditions under which these surfaces become developable, minimal, or exhibit singularities are examined. In addition, the geodesic and asymptotic behaviors of certain parametric curves lying on the surfaces are evaluated, and the necessary and sufficient conditions for these characteristics to occur are clearly established.

Keywords: Bishop frame, Smarandache curves, Adjoint curve, Slant helix.

1. GİRİŞ

Klasik diferansiyel geometride eğrilerin ve yüzeylerin karakterizasyonu, seçilen referans çatısının özelliklerine doğrudan bağlıdır. Bishop tarafından önerilen paralel transport çatısı, Frenet çatısının bazı kısıtlamalarını ortadan kaldırarak eğrilerin ve yüzeylerin analizinde daha genel bir bakış açısı sağlamaktadır (Bishop, 1975). Literatürde "Smarandache eğrileri" olarak bilinen, bir eğrinin çatı vektörlerinin toplamı veya farkı ile oluşturulan yeni eğri sınıfları, yüzey inşasında taban eğrisi veya doğrultman olarak kullanıldığında zengin geometrik yapılar ortaya çıkarmaktadır (Turgut ve Yılmaz, 2008; Ali, 2010; Nurkan ve Güven, 2022; Mendonca, 2024; Canlı ve ark., 2024; Kalkan ve Şenyurt, 2024; Şenyurt ve ark., 2024). Regle yüzeyler, kinematik geometriden bilgisayar destekli tasarıma kadar geniş bir uygulama alanına sahiptir (Ali ve ark., 2013; Do Carmo, 2016; Yılmaz ve ark., 2017). Bu yüzeylerin özelliklerini, özellikle taban eğrisi ve doğrultman vektörünün Smarandache türü kombinasyonlarla tanımlanması, yüzeyin diferansiyel geometrik karakterini doğrudan etkilemektedir. Özellikle adjoint eğrilerle birleştirilen bu yaklaşımlar, yüzeylerin eğrilik analizleri ve karakteristik eğrileri üzerinde detaylı çalışmalar yapılmasına olanak tanır. Bu çalışmanın temel motivasyonu, Bishop çatısı vektörlerinin lineer kombinasyonları ile oluşturulan yeni bir regle yüzey sınıfını literatüre kazandırmaktır. Çalışmada taban eğrisi, Bishop teğet vektörü ve ikinci Bishop vektörünün kombinasyonundan oluşan bir Smarandache eğrisinin entegrasyonu ile elde edilen $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ formundaki Bishop adjoint eğrisi olarak belirlenmiştir. Doğrultman yönleri ise Bishop vektörlerinin $\frac{1}{\sqrt{2}}$ ve $\frac{1}{\sqrt{3}}$ katsayılı Smarandache tipi kombinasyonları olan $t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta$ vektörleri ile tanımlanmıştır. İnşa edilen dört farklı regle yüzeyin Gauss ve ortalama eğrilikleri hesaplanmış; yüzeylerin açılabilirlik, minimallik ve tekillik analizleri ile geodezik-asimptotik eğri karakterizasyonları kapsamlı bir şekilde sunulmuştur.

2. ÖN BİLGİLER

Öklid uzayı E^3 de tanımlı, yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğri $\alpha = \alpha(s)$ olsun. Bu eğriye karşılık gelen Frenet çatısı $\{\mathbf{t}, \mathbf{n}, \mathbf{b}, \kappa, \tau\}$ ile gösterilsin. α eğrisi birim hızlı olduğundan teğet vektörü $\mathbf{t}(s) = \alpha'(s)$ şeklinde tanımlanır; eğrilik ise $\kappa = \|\alpha''(s)\|$ olarak hesaplanır. İvme vektörü $\alpha''(s) = \kappa(s)\mathbf{n}(s)$ ile ifade edilirken, binormal vector $\mathbf{b}(s) = \mathbf{t}(s) \times \mathbf{n}(s)$ şeklindedir.

Klasik Frenet formülü, çatı vektörlerinin türevleri arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde verir:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{t}' \\ \mathbf{n}' \\ \mathbf{b}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \kappa & 0 \\ -\kappa & 0 & \tau \\ 0 & -\tau & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{t} \\ \mathbf{n} \\ \mathbf{b} \end{pmatrix}.$$

Burada burulma (torsiyon) $\tau(s) = \langle \mathbf{n}'(s), \mathbf{b}(s) \rangle$ ifadesiyle tanımlanır. Frenet çatısına alternatif olarak kullanılan Bishop çatısı $\{\mathbf{t}, \boldsymbol{\zeta}_1, \boldsymbol{\zeta}_2\}$ ortonormal üçlüsüyle tanımlanır ve türev matrisi

$$\begin{pmatrix} \mathbf{t}' \\ \boldsymbol{\zeta}'_1 \\ \boldsymbol{\zeta}'_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & k_1 & k_2 \\ -k_1 & 0 & 0 \\ -k_2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{t} \\ \boldsymbol{\zeta}_1 \\ \boldsymbol{\zeta}_2 \end{pmatrix}$$

şeklinde verilir. Burada $k_1(s)$ and $k_2(s)$ ifadeleri Bishop eğrilikleri olarak adlandırılır.

Frenet ve Bishop çatıları arasındaki dönüşüm şu şekilde verilir:

$$\mathbf{t} = \mathbf{t},$$

$$\mathbf{n} = \cos\theta(s)\boldsymbol{\zeta}_1 + \sin\theta(s)\boldsymbol{\zeta}_2,$$

$$\mathbf{b} = -\sin\theta(s)\boldsymbol{\zeta}_1 + \cos\theta(s)\boldsymbol{\zeta}_2.$$

Buradaki $\theta(s)$, iki sistem arasındaki bağlantıyı kuran açı fonksiyonudur ve $k_1(s) \neq 0$ olmak üzere

$$\theta(s) = \arctan \frac{k_2(s)}{k_1(s)}$$

şeklinde tanımlanır. Bu durumda torsiyon ve toplam eğrilik

$$\tau(s) = -\frac{d\theta(s)}{ds}, \quad \kappa(s) = \sqrt{k_1^2(s) + k_2^2(s)}$$

olarak elde edilir. Dolayısıyla açı fonksiyonu

$$\theta = -\int \tau(s)ds + \theta_0$$

şeklindedir. Buna bağlı olarak Bishop eğrilikleri şu eşitliklerle ifade edilir:

$$k_1(s) = \kappa(s)\cos\theta(s), \quad k_2(s) = \kappa(s)\sin\theta(s).$$

Tanım 2.1 (Nurkan ve ark., 2019). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş ve burulması sıfırdan farklı olan düzgün bir eğri olsun. $\{\mathbf{t}_\alpha, \mathbf{n}_\alpha, \mathbf{b}_\alpha\}$ bu eğrinin Frenet çatısını göstermek üzere, α eğrisine ait adjoint eğri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\beta(s) = \int_{s_0}^s \mathbf{b}_\alpha(u) du.$$

Tanım 2.2 (Ali, 2010). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş ve burulması sıfırdan farklı olan düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \mathbf{n}_\alpha, \mathbf{b}_\alpha\}$ da α eğrisinin Frenet çatısını gösterebilir. Bu durumda tn , nb ve tnb Smarandache eğrileri sırasıyla aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\alpha + \mathbf{n}_\alpha),$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{n}_\alpha + \mathbf{b}_\alpha),$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}(\mathbf{t}_\alpha + \mathbf{n}_\alpha + \mathbf{b}_\alpha).$$

Tanım 2.3 (Damar, 2024). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ da α eğrisinin Bishop çatısını gösterebilir. Bu durumda $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi

$$\beta(s^*(s)) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (\mathbf{t}_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds$$

şeklindedir.

Teorem 2.4 (Damar, 2024). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ da α eğrisinin Bishop çatısını gösterebilir. β , $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi olmak üzere β eğrisinin Frenet vektör alanları, eğrilik ve burulması (torsiyon)

$$\mathbf{t}_\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\alpha + \zeta_2^\alpha),$$

$$\mathbf{n}_\beta = \frac{1}{\sqrt{1+2h^2}}(-h\mathbf{t}_\alpha + \zeta_1^\alpha + h\zeta_2^\alpha),$$

$$\mathbf{b}_\beta = \frac{1}{\sqrt{2+4h^2}}(-\mathbf{t}_\alpha - 2h\zeta_1^\alpha + \zeta_2^\alpha),$$

$$\tau_\beta = \frac{1}{2\sqrt{2}}k_1^\alpha - \frac{h'}{2+h^2}, \quad (1)$$

$$\kappa_\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha \sqrt{2+h^2} \quad (2)$$

şeklindedir. Burada $h = \frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha}$ ifadesi Bishop eğriliklerinin oranını tanımlar.

Teorem 2.5 (Damar, 2024). E^3 uzayında s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğri α ve bu eğriden üretilen $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi β olsun. Bu eğrilere ait Bishop çatısı sırasıyla $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ ve $\{\mathbf{t}_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta, k_1^\beta, k_2^\beta\}$ olarak verilsin. Bu durumda β eğrisine ait Bishop vektör alanları ve eğrilikleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\begin{aligned}\zeta_1^\beta &= \frac{1}{\sqrt{4+2h^2}} [(-\sqrt{2}\cos\theta_\beta + h\sin\theta_\beta)\mathbf{t}_\alpha + (\sqrt{2}h\cos\theta_\beta + 2\sin\theta_\beta)\zeta_1^\alpha \\ &\quad + (\sqrt{2}\cos\theta_\beta - h\sin\theta_\beta)\zeta_2^\alpha], \\ \zeta_2^\beta &= \frac{1}{\sqrt{4+2h^2}} [(-\sqrt{2}\sin\theta_\beta - h\cos\theta_\beta)\mathbf{t}_\alpha + (\sqrt{2}\sin\theta_\beta - 2\cos\theta_\beta)\zeta_1^\alpha \\ &\quad + (\sqrt{2}\sin\theta_\beta + h\cos\theta_\beta)\zeta_2^\alpha], \\ k_1^\beta &= \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha\sqrt{2+h^2}\cos\theta_\beta, \quad k_2^\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha\sqrt{2+h^2}\sin\theta_\beta\end{aligned}\quad (3)$$

burada $\theta_\beta = -\int \tau_\beta(s) ds$ dir.

Teorem 2.6 (Bükcü ve Karacan, 2009). $\alpha: I \rightarrow E^3$ Bishop eğrilikleri sıfırdan farklı olan birim hızlı bir eğri olsun. α eğrisinin slant helis olması için gerek ve yeter şart, eğrilikler oranı $\frac{k_1}{k_2}$ nin sabit olmasıdır.

Regle yüzey, bir doğrunun bir eğri boyunca hareket ettirilmesiyle oluşan özel bir yüzey türüdür. Bu hareket sırasında doğru, her noktada eğriye bağlı olarak yön değiştirir. Böyle bir yüzeyin genel parametrik denklemi şu şekilde ifade edilir:

$$R(s, v) = \alpha(s) + vr(s)$$

burada $\alpha(s)$ dayanak eğriyi (taban eğri), $r(s)$ doğrultman doğrularının yönünü belirleyen birim vektör alanını, v ise her bir doğrultman boyunca olan yer değiştirmeyi gösteren parametreyi ifade eder.

Bu yapı sayesinde, doğrular (doğrultmanlar) $\alpha(s)$ eğrisi boyunca yön değiştirerek yüzeyi oluşturur. Bu yüzeyler, diferensiyel geometri ve uygulamalı alanlarda yaygın olarak incelenmektedir.

$R(s, v)$ regle yüzeyi için birim normal vektör alanı U_R , Gauss eğriliği K_R ve ortalama eğrilik H_R aşağıdaki ifadelerle hesaplanabilir:

$$U_R = \frac{R_s \times R_v}{\|R_s \times R_v\|} \quad (4)$$

$$K_R = \frac{eg - f^2}{EG - F^2}, \quad (5)$$

$$H_R = \frac{Eg - 2fF + eG}{2(EG - F^2)} \quad (6)$$

bu formüllerde kullanılan birinci temel form katsayıları

$$E = \langle R_s, R_s \rangle, \quad F = \langle R_s, R_v \rangle, \quad G = \langle R_v, R_v \rangle$$

ile, ikinci temel form katsayıları

$$e = \langle R_{ss}, U_R \rangle, \quad f = \langle R_{sv}, U_R \rangle, \quad g = \langle R_{vv}, U_R \rangle$$

ile tanımlanır. Burada $\langle , \rangle$ iç çarpımı, R_s, R_v ise yüzeyin s ve v yönündeki türevlerini ifade eder. Bu ifadeler, yüzeyin eğrilik özelliklerini belirlemede temel araçlardır.

Önerme 2.7 (O'Neill,1983). Bir regle yüzeyin açılabilir olması için gerek ve yeter koşul yüzeyin her noktasında Gauss eğriliğinin sıfır olmasıdır.

Önerme 2.8 (O'Neill,1983). Bir düzgün yüzeyin minimal olması için gerek ve yeter koşul ortalama eğriliğinin sıfır olmasıdır.

Damar (2024) tarafından Bishop çatısına göre tanımlanan Smarandache eğrilerinin integrasyonu ile elde edilen yeni eğri ailesi, bu çalışmanın teorik zeminini oluşturmaktadır. Çalışmada, $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ tipindeki Bishop adjoint eğrisi taban (dayanak) eğrisi olarak belirlenmiştir. Bu çalışmanın özgün tarafı, regle yüzeylerin doğrultmanlarının Bishop çatısı vektörlerinin Smarandache tipi lineer kombinasyonları aracılığıyla tanımlanmış olmasıdır. Bu sistematik yaklaşımla inşa edilen dört farklı regle yüzey; açılabilirlik, minimal yüzey olma özelliği ve tekillik durumları gibi temel diferansiyel geometrik kriterler çerçevesinde kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir.

3. BULGULAR

Tanım 3.1. Üç boyutlu Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı bir eğri olan α eğrisinden elde edilen $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ - Bishop adjoint eğrisi β olarak tanımlansın. Bu eğriye ait Bishop çatısı $\{t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta, k_1^\beta, k_2^\beta\}$ ile verilsin. Eğer β eğrisi dayanak eğri olarak alınır ve

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(t_\beta + \zeta_1^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(t_\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{2}}(\zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta), \frac{1}{\sqrt{3}}(t_\beta + \zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta)$$

vektörleri sırasıyla doğrultman vektörler olarak seçilirse bu doğrultmanlar aracılığıyla elde edilen $X_1(s, v) - X_4(s, v)$ arasındaki dört farklı regle yüzey aşağıdaki parametrik ifadelerle tanımlanır:

$$X_1(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \frac{1}{\sqrt{2}} (t_\beta(s) + \zeta_1^\beta(s)),$$

$$X_2(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \frac{1}{\sqrt{2}} (t_\beta(s) + \zeta_2^\beta(s)),$$

$$X_3(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \frac{1}{\sqrt{2}} (\zeta_1^\beta(s) + \zeta_2^\beta(s)),$$

$$X_4(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \frac{1}{\sqrt{3}} (t_\beta(s) + \zeta_1^\beta(s) + \zeta_2^\beta(s)).$$

3.1. $\frac{1}{\sqrt{2}}(t_\beta + \zeta_1^\beta)$ Doğrultman vektörünün oluşturduğu $X_1(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.2.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $X_1(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{X_1} = - \frac{(k_2^\beta)^2}{((\sqrt{2}-vk_1^\beta)^2 + v^2((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) - 1)(v^2(k_2^\beta)^2 + (1-\sqrt{2}vk_1^\beta)^2)}, \quad (7)$$

$$H_{X_1} = \frac{v^2 k_2^\beta \left(2 \left(\frac{k_1^\beta}{k_2^\beta} \right)' k_2^\beta + (2(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) \right) - \sqrt{2}v(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_2^\beta)')}{2\sqrt{v^2(k_2^\beta)^2 + (1-\sqrt{2}vk_1^\beta)^2}((\sqrt{2}-vk_1^\beta)^2 + v^2((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) - 1)}. \quad (8)$$

İspat. $X_1(s, v) = \beta(s) + \frac{v}{\sqrt{2}}(t_\beta(s) + \zeta_2^\beta(s))$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınırsa

$$X_{1s}(s, v) = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\right)t_\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\zeta_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\zeta_2^\beta,$$

$$X_{1ss}(s, v) = -\frac{v}{\sqrt{2}}\left((k_1^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2\right)t_\beta$$

$$+ \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\right)k_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}(k_1^\beta)'\right)\zeta_1^\beta + \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\right)k_2^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}(k_2^\beta)'\right)\zeta_2^\beta,$$

$$X_{1v}(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}}t_\beta + \frac{1}{\sqrt{2}}\zeta_1^\beta, \quad X_{1sv}(s, v) = -\frac{k_1^\beta}{\sqrt{2}}t_\beta + \frac{k_1^\beta}{\sqrt{2}}\zeta_1^\beta + \frac{k_2^\beta}{\sqrt{2}}\zeta_2^\beta, \quad X_{1vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $X_1(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{X_1} = \frac{X_{1s} \times X_{1v}}{\|X_{1s} \times X_{1v}\|} = \frac{(-\sqrt{2}vk_2^\beta)t_\beta + (\sqrt{2}vk_2^\beta)\zeta_1^\beta + (1 - \sqrt{2}vk_1^\beta)\zeta_2^\beta}{2\sqrt{v^2(k_2^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_1^\beta)^2}}$$

şeklindedir. Buna göre $X_1(s, v)$ yüzeyinin $E_{X_1}, F_{X_1}, G_{X_1}$ birinci ve $e_{X_1}, f_{X_1}, g_{X_1}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır

$$E_{X_1} = \langle X_{1s}, X_{1s} \rangle = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\right)^2 + \frac{v^2}{2}((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2),$$

$$F_{X_1} = \langle X_{1s}, X_{1v} \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad G_{X_1} = \langle X_{1v}, X_{1v} \rangle = 1,$$

$$e_{X_1} = \langle X_{1ss}, U_{X_1} \rangle = \frac{v^2 k_2^\beta \left(2 \left(\frac{k_1^\beta}{k_2^\beta} \right)' k_2^\beta + (2(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) \right) - \sqrt{2}v(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_2^\beta)') + 2k_2^\beta}{2\sqrt{v^2(k_2^\beta)^2 + (1-\sqrt{2}vk_1^\beta)^2}},$$

$$f_{X_1} = \langle X_{1sv}, U_{X_1} \rangle = \frac{\sqrt{2}k_2^\beta}{2\sqrt{v^2(k_2^\beta)^2 + (1-\sqrt{2}vk_1^\beta)^2}}, \quad g_{X_1} = \langle X_{1vv}, U_{X_1} \rangle = 0$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (7) ve (8) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.2. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.3.

$X_1(s, v)$ regle yüzeyinin dayanak eğrisi β düzlemsel ise, $X_1(s, v)$ yüzeyi hem açılabilir hemde minimal bir yüzeydir.

İspat. Kabul edelim ki β eğrisi düzlemsel olsun, Bu durumda $k_2^\beta = 0$ olur. Diğer taraftan (7) ve (8) numaralı denklemler göz önüne alındığında, terimler yeniden düzenlenip $k_2^\beta = 0$ yerine konulursa

$$2k_2^\beta (k_1^\beta)' - 2k_1^\beta (k_2^\beta)' + k_2^\beta (2(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) - \frac{\sqrt{2}}{v} (2k_1^\beta k_2^\beta - (k_2^\beta)') = 0$$

elde edilir. Bu durumda, $X_1(s, v)$ yüzeyi hem açılabilir hemde minimal bir yüzey olur.

Teorem 3.4.

$X_1(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında tekillik göstermesi için gerek ve yeter koşul

$$v_\theta k_2^\beta = 0 \text{ ve } 1 - \sqrt{2}v_\theta k_1^\beta = 0$$

eşitliklerinin sağlanmasıdır.

İspat. $X_1(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter şart

$$\|X_{1s} \times X_{1v}\|(s_\theta, v_\theta) = 0$$

olmasıdır. Bu ifadeye karşılık gelen türevler yerine konulduğunda

$$\|X_{1s} \times X_{1v}\|(s_\theta, v_\theta) = v_\theta^2 (k_2^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v_\theta k_1^\beta)^2 = 0$$

bulunur. Bu ifade düzenlenirse

$$v_\theta k_2^\beta = 0 \text{ ve } 1 - \sqrt{2}v_\theta k_1^\beta = 0$$

elde edilir. Böylece ispat tamamlanmış olur.

Teorem 3.5.

$X_1(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) $X_1(s, v)$ regle yüzeyinin dayanak eğrisi β düzlemsel ise s-parametre eğrileri asimptotiktir.
- ii) v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. Kabul edelim ki β eğrisi düzlemsel olsun, $X_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde s-parametre eğrilerinin asimptotik olması için

$$v^2 k_2^\beta \left(2 \left(\frac{k_1^\beta}{k_2^\beta} \right)' k_2^\beta + (2(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) \right) - \sqrt{2}v (2k_1^\beta k_2^\beta - (k_2^\beta)') + 2k_2^\beta = 0$$

olmalıdır. Burada $v, k_1^\beta \neq 0$ ve $k_2^\beta = 0$ olduğundan s-parametre eğrileri asimptotiktir.

Ayrıca $X_1(s, v)$ yüzeyinde $g_{X_1} = 0$ olarak hesaplandığından $X_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.6.

$X_1(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri geodezik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. $X_1(s, v)$ regle yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerin geodezik olabilmesi

$$U_{X_1} \times X_{1ss} = X_1 t_\beta + Y_1 \zeta_1^\beta + Z_1 \zeta_1^\beta = 0$$

koşulunun sağlanması gerekir. Burada X_1, Y_1, Z_1 katsayıları aşağıdaki şekildedir:

X_1

$$= \frac{\sqrt{2} v k_2^\beta \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_1^\beta\right) k_2^\beta - 2 \left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right) \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_1^\beta\right) k_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}} (k_1^\beta)' \right) + v^2 k_2^\beta (k_2^\beta)'}{2 \sqrt{v^2 (k_2^\beta)^2 + \left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right)^2}},$$

$$Y_1 = \frac{\sqrt{2} v k_2^\beta \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_1^\beta\right) k_2^\beta + v^2 k_2^\beta (k_1^\beta)' - \sqrt{2} v \left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right) \left((k_1^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right)}{2 \sqrt{v^2 (k_2^\beta)^2 + \left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right)^2}},$$

$$Z_1 = \frac{v k_2^\beta \left(-\sqrt{2} \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_1^\beta\right) k_1^\beta + v k_2^\beta \left(v (k_1^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) - v k_2^\beta (k_1^\beta)' \right)}{2 \sqrt{v^2 (k_2^\beta)^2 + \left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right)^2}}.$$

Yüzeyin geodezik olması için bu katsayıların aynı anda sıfır olması gerekir. Ancak $\left(1 - \sqrt{2} v k_1^\beta\right) = 0$ ve $v k_2^\beta = 0$ noktaları singüler nokta olduğu için s -parametre eğrileri geodezik değildir. Buna karşın $U_{X_1} \times X_{1vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $X_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

3.2. $\frac{1}{\sqrt{2}}(t_\beta(s) + \zeta_2^\beta(s))$ doğrultman vektörünün oluşturduğu $X_2(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.7.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $X_2(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{X_2} = - \frac{(k_1^\beta)^2}{\left((\sqrt{2} - v k_2^\beta)^2 + v^2 ((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) - 1 \right) (v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2} v k_2^\beta)^2)}, \quad (9)$$

$$H_{X_2} = \frac{-v^2 k_1^\beta \left(2 \left(\frac{k_2^\beta}{k_1^\beta} \right)' k_1^\beta + 2 (k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2 \right) + \sqrt{2} v (2 k_1^\beta k_2^\beta - (k_1^\beta)')}{2 \sqrt{v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2} v k_2^\beta)^2} \left((\sqrt{2} - v k_2^\beta)^2 + v^2 ((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2) - 1 \right)}. \quad (10)$$

İspat. $X_2(s, v) = \beta(s) + \frac{v}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\beta(s) + \zeta_2^\beta(s))$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınır

$$X_{2s}(s, v) = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\right)\mathbf{t}_\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}k_1^\beta\zeta_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\zeta_2^\beta,$$

$$X_{2ss}(s, v) = -\frac{v}{\sqrt{2}}\left((k_2^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2\right)\mathbf{t}_\beta + \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\right)k_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}(k_1^\beta)'\right)\zeta_1^\beta \\ + \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\right)k_2^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}}(k_2^\beta)'\right)\zeta_2^\beta,$$

$$X_{2v}(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{t}_\beta + \frac{1}{\sqrt{2}}\zeta_2^\beta, \quad X_{2sv}(s, v) = -\frac{k_2^\beta}{\sqrt{2}}\mathbf{t}_\beta + \frac{k_1^\beta}{\sqrt{2}}\zeta_1^\beta + \frac{k_2^\beta}{\sqrt{2}}\zeta_2^\beta, \quad X_{2vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $X_2(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{X_2} = \frac{\sqrt{2}vk_1^\beta}{2\sqrt{v^2(k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)^2}}\mathbf{t}_\beta - \frac{(1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)}{\sqrt{v^2(k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)^2}}\zeta_1^\beta \\ - \frac{\sqrt{2}vk_1^\beta}{2\sqrt{v^2(k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)^2}}\zeta_2^\beta$$

şeklindedir. Buna göre $X_2(s, v)$ yüzeyinin $E_{X_2}, F_{X_2}, G_{X_2}$ birinci ve $e_{X_2}, f_{X_2}, g_{X_2}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{X_2} = \langle X_{2s}, X_{2s} \rangle = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}k_2^\beta\right)^2 + \frac{v^2}{2}\left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2\right),$$

$$F_{X_2} = \langle X_{2s}, X_{2v} \rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}, \quad G_{X_2} = \langle X_{2v}, X_{2v} \rangle = 1,$$

$$e_{X_2} = \langle X_{2ss}, U_{X_2} \rangle \\ = \frac{-v^2k_1^\beta\left(2\left(\frac{k_2^\beta}{k_1^\beta}\right)'k_1^\beta + (2(k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2)\right) + \sqrt{2}v(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_1^\beta)') - 2k_1^\beta}{2\sqrt{v^2(k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)^2}},$$

$$f_{X_2} = \langle X_{2sv}, U_{X_2} \rangle = \frac{-\sqrt{2}k_1^\beta}{2\sqrt{v^2(k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}vk_2^\beta)^2}}, \quad g_{X_2} = \langle X_{2vv}, U_{X_2} \rangle = 0$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (9) ve (10) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.7. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.8.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir değildir.

Sonuç 3.9.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyinin minimal olması için gerek ve yeter koşul

$$-v^2 k_1^\beta \left(2 \left(\frac{k_2^\beta}{k_1^\beta} \right)' k_1^\beta + \left(2(k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2 \right) \right) + \sqrt{2}v \left(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_1^\beta)' \right) = 0$$

eşitliğinin sağlanmasıdır.

Teorem 3.10.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyi her noktada düzgündür ve herhangi bir tekil nokta içermez.

İspat.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter koşul

$$\|X_{2s} \times X_{2v}\|(s_\theta, v_\theta) = \frac{1}{2} \left(v_\theta^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v_\theta k_2^\beta)^2 \right) = 0$$

eşitliğinin sağlanmasıdır. Burada $v_\theta \neq 0$ ve $k_1^\beta \neq 0$ olduğundan

$$\frac{1}{2} \left(v_\theta^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v_\theta k_2^\beta)^2 \right) \neq 0$$

dır. Dolayısıyla $X_2(s, v)$ regle yüzeyi tekil nokta içermez.

Teorem 3.11.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

i) s-parametre eğrilerinin asimptotik olması için gerek ve yeter koşul

$$-v^2 k_1^\beta \left(2 \left(\frac{k_2^\beta}{k_1^\beta} \right)' k_1^\beta + \left(2(k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2 \right) \right) + \sqrt{2}v \left(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_1^\beta)' \right) - 2k_1^\beta = 0$$

denkleminin sağlanmasıdır.

ii) v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. $X_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde s-parametre eğrilerinin asimptotik olması için

$$e_{X_2} = \frac{-v^2 k_1^\beta \left(2 \left(\frac{k_2^\beta}{k_1^\beta} \right)' k_1^\beta + \left(2(k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2 \right) \right) + \sqrt{2}v \left(2k_1^\beta k_2^\beta - (k_1^\beta)' \right) - 2k_1^\beta}{2\sqrt{v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v k_2^\beta)^2}} = 0$$

eşitliği sağlanmalıdır. Buradan ispat açıktır. Ayrıca $X_2(s, v)$ yüzeyinde $g_{X_2} = 0$ olarak hesaplandığından $X_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.12.

$X_2(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

i) s-parametre eğrilerinin geodezik olması için gerek ve yeter koşul

$$v = \frac{1}{\sqrt{2}k_2^\beta}, \quad (k_1^\beta)' = -k_1^\beta k_2^\beta, \quad (k_2^\beta)' = (k_1^\beta)^2 - k_1^\beta k_2^\beta$$

eşitliklerinin aynı anda sağlanmasıdır.

ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. $X_2(s, v)$ regle yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerin geodezik olabilmesi için

$$U_{X_2} \times X_{2ss} = X_1 t_\beta + Y_1 \zeta_1^\beta + Z_1 \zeta_1^\beta = 0$$

koşulunun sağlanması gerekir. Burada X_1, Y_1, Z_1 katsayıları aşağıdaki şekildedir:

$$X_1 = \frac{\sqrt{2}v k_1^\beta \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_2^\beta\right) k_1^\beta - 2 \left(1 - \sqrt{2}v k_2^\beta\right) \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_2^\beta\right) k_2^\beta + \frac{v}{\sqrt{2}} (k_2^\beta)'\right) + v^2 k_1^\beta (k_1^\beta)'}{2 \sqrt{v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v k_2^\beta)^2}},$$

$$Y_1 = \frac{-\sqrt{2}v k_1^\beta \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_2^\beta\right) k_2^\beta - v^2 k_1^\beta (k_2^\beta)' + v^2 k_1^\beta \left((k_1^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right)}{2 \sqrt{v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v k_2^\beta)^2}},$$

$$Z_1 = \frac{\sqrt{2}v k_1^\beta \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} k_2^\beta\right) k_1^\beta + v^2 k_1^\beta (k_1^\beta)' + \sqrt{2}v \left(1 - \sqrt{2}v k_2^\beta\right) \left((k_1^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right)}{2 \sqrt{v^2 (k_1^\beta)^2 + (1 - \sqrt{2}v k_2^\beta)^2}}.$$

Yüzeyin geodezik olması için bu katsayıların aynı anda sıfır olması gerekir. Paydalar ortaktır ve sıfırdan farklıdır. Dolayısıyla yalnızca payların sıfır olması gerekir. Bu da ancak

$$v = \frac{1}{\sqrt{2}k_2^\beta}, \quad (k_1^\beta)' = -k_1^\beta k_2^\beta, \quad (k_2^\beta)' = (k_1^\beta)^2 - k_1^\beta k_2^\beta$$

eşitlikleri sağlandığında mümkündür. Diğer taraftan $U_{X_2} \times X_{2vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $X_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

3.13. $\frac{1}{\sqrt{2}}(\zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta)$ Doğrultman vektörünün oluşturduğu $X_3(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.14.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $X_3(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir

$$K_{X_3} = 0, \quad (11)$$

$$H_{X_3} = \frac{k_2^\beta - k_1^\beta}{2\sqrt{2} - 2v(k_1^\beta + k_2^\beta)}. \quad (12)$$

İspat. $X_3(s, v) = \beta(s) + \frac{v}{\sqrt{2}}(\zeta_1^\beta(s) + \zeta_2^\beta(s))$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınır

$$X_{3s}(s, v) = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right) t_\beta,$$

$$X_{3ss}(s, v) = -\frac{v}{\sqrt{2}} \left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)' \right) \mathbf{t}_\beta + \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} (k_1^\beta + k_2^\beta) \right) k_1^\beta \zeta_1^\beta + \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} (k_1^\beta + k_2^\beta) \right) k_2^\beta \zeta_2^\beta,$$

$$X_{3v}(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \zeta_1^\beta + \frac{1}{\sqrt{2}} \zeta_2^\beta, \quad X_{3sv}(s, v) = -\frac{1}{\sqrt{2}} (k_1^\beta + k_2^\beta) \mathbf{t}_\beta, \quad X_{3vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $X_3(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{X_3} = \frac{X_{3s} \times X_{3v}}{\|X_{3s} \times X_{3v}\|} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \zeta_1^\beta + \frac{1}{\sqrt{2}} \zeta_2^\beta$$

şeklindedir. Buna göre $X_3(s, v)$ yüzeyinin $E_{X_3}, F_{X_3}, G_{X_3}$ birinci ve $e_{X_3}, f_{X_3}, g_{X_3}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E = \langle X_{3s}, X_{3s} \rangle = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}} (k_1^\beta + k_2^\beta) \right)^2,$$

$$F = \langle X_{3s}, X_{3v} \rangle = 0, \quad G = \langle X_{3v}, X_{3v} \rangle = 1,$$

$$e = \langle X_{3ss}, U_{X_3} \rangle = (k_2^\beta - k_1^\beta) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{v}{2} (k_1^\beta + k_2^\beta) \right),$$

$$f = \langle X_{3sv}, U_{X_3} \rangle = 0, \quad g = \langle X_{3vv}, U_{X_3} \rangle = 0,$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (11) ve (12) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.14. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.15.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir.

Sonuç 3.16.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyinin minimal olması için gerek ve yeter koşul $k_1^\beta = k_2^\beta$ olmasıdır.

İspat. $X_3(s, v)$ regle yüzeyi minimal olduğunu kabul edelim. Bu durumda Eşitlik (12)'ye göre ortalama eğrilik şöyle verilir:

$$H_{X_3} = \frac{k_2^\beta - k_1^\beta}{2\sqrt{2} - 2v(k_1^\beta + k_2^\beta)} = 0$$

bu eşitlikten

$$k_2^\beta - k_1^\beta = 0 \Rightarrow k_2^\beta = k_1^\beta$$

elde edilir. Tersine, eğer $k_1^\beta = k_2^\beta$ eşitliği sağlanıyorsa, $H_{X_3} = 0$ olur. Bu durumda yüzey minimal olur.

Sonuç 3.17.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyi minimal ise $\theta_\beta = \frac{\pi}{4} + k\pi$ dir.

İspat. Kabul edelim ki $X_3(s, v)$ regle yüzeyi minimal olsun. Bu durumda Sonuç 3.16.' dan $k_2^\beta = k_1^\beta$ dir. Diğer taraftan

$$\theta_\beta = \arctan \frac{k_2(s)}{k_1(s)} = \arctan(1)$$

olduğundan $\theta_\beta = \frac{\pi}{4} + k\pi, \quad k \in \mathbb{Z}$ elde edilir.

Teorem 3.18.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında tekillik göstermesi için gerek ve yeter koşul

$$k_1^\beta + k_2^\beta = \frac{\sqrt{2}}{v_\theta}$$

eşitliğinin sağlanmasıdır.

İspat. $X_3(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter koşul

$$\|X_{3s} \times X_{3v}\|(s_\theta, v_\theta) = 1 - \frac{v_0}{\sqrt{2}}(k_1^\beta + k_2^\beta) = 0$$

eşitliğinin sağlanmasıdır. Bu ifade uygun şekilde düzenlenirse istenilen eşitlik elde edilir.

Teorem 3.19.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s-parametre eğrilerinin asimptotik olması için gerek ve yeter koşul $k_1^\beta = k_2^\beta$ eşitliğinin sağlanmasıdır.
- ii) v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. $X_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde s-parametre eğrilerinin asimptotik olması için gerek ve yeter koşul

$$e = (k_2^\beta - k_1^\beta) \left(\frac{1}{\sqrt{2}} - \frac{v}{2} (k_1^\beta + k_2^\beta) \right) = 0$$

olmasıdır. Buradan

$$k_2^\beta = k_1^\beta \text{ ya da } k_1^\beta + k_2^\beta = \frac{\sqrt{2}}{v_0}$$

dir. Burada $k_1^\beta + k_2^\beta = \frac{\sqrt{2}}{v_0}$ yüzey üzerinde singüler nokta olduğundan $k_1^\beta = k_2^\beta$ olmalıdır.

Ayrıca $X_3(s, v)$ yüzeyinde $g_{X_3} = 0$ olarak hesaplandığından $X_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde v-parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.20.

$X_3(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

i) s-parametre eğrileri geodezik değildir.

ii) v-parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. $X_3(s, v)$ regle yüzeyi üzerinde s-parametre eğrilerin geodezik olabilmesi için

$$\begin{aligned} & U_{X_3} \times X_{3ss} \\ &= \frac{\left(-\sqrt{2} + v(k_1^\beta + k_2^\beta)\right)(k_1^\beta + k_2^\beta)t_\beta - v\left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)'\right)\zeta_1^\beta - v\left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)'\right)\zeta_2^\beta}{2} \\ &= 0 \end{aligned}$$

koşulunun sağlanması gerekir. Buradan

$$\left(-\sqrt{2} + v(k_1^\beta + k_2^\beta)\right)(k_1^\beta + k_2^\beta) = 0, \quad \left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)'\right) = 0$$

ifadelerinin aynı anda sıfır olması gerekir.

$$(k_1^\beta + k_2^\beta) = \frac{\sqrt{2}}{v}, \quad k_1^\beta = -k_2^\beta + c$$

belirtilen koşulu sağlayan $(k_1^\beta + k_2^\beta) = \frac{\sqrt{2}}{v}$ noktası yüzey üzerinde singüler nokta olduğu için s-parametre eğrileri geodezik değildir. Buna karşın $U_{X_3} \times X_{3vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $X_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde v-parametre eğrileri daima geodeziktir.

3.4. $\frac{1}{\sqrt{3}}(t_\beta + \zeta_1^\beta + \zeta_2^\beta)$ Doğrultman vektörünün oluşturduğu $X_4(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.21.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $X_4(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{X_4} = \frac{(k_2^\beta - k_1^\beta)^2}{3\left(1 - 3\left(1 - \frac{v}{\sqrt{3}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right)^2 + v^2(k_2^\beta)^2 + (k_1^\beta)^2\right)}, \quad (13)$$

$$\begin{aligned} & H_{X_4} \\ &= \frac{v^2 \left(\left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) (k_2^\beta - k_1^\beta) - (k_1^\beta + k_2^\beta) k_1^\beta (k_1^\beta + 2k_2^\beta) + (k_1^\beta)' (k_1^\beta + 2k_2^\beta) \right. \\ & \quad \left. + (k_1^\beta + k_2^\beta) k_2^\beta (k_2^\beta + 2k_1^\beta) - (k_2^\beta)' (k_2^\beta + 2k_1^\beta) \right. \\ & \quad \left. + \sqrt{3}v \left(2(k_1^\beta - k_2^\beta) + (k_2^\beta)' - (k_1^\beta)' \right) + (k_2^\beta - k_1^\beta) \right)}{6\sqrt{3} \left(1 - \frac{v}{\sqrt{2}}(k_1^\beta + k_2^\beta) \right)^2 - 2\sqrt{3}} \end{aligned}$$

(14)

İspat. $X_4(s, v) = \beta(s) + \frac{v}{\sqrt{3}}(t_\beta(s) + \zeta_1^\beta(s) + \zeta_2^\beta(s))$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınırsa

$$X_{4s}(s, v) = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{3}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right) \mathbf{t}_\beta + \frac{vk_1^\beta}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_1^\beta + \frac{vk_2^\beta}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_2^\beta,$$

$$X_{4ss}(s, v) = -\frac{v}{\sqrt{3}} \left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)' \right) \mathbf{t}_\beta$$

$$+ \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{3}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right) k_1^\beta + \frac{v}{\sqrt{3}} (k_1^\beta)' \right) \boldsymbol{\zeta}_1^\beta + \left(\left(1 - \frac{v}{\sqrt{3}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right) k_2^\beta + \frac{v}{\sqrt{3}} (k_2^\beta)' \right) \boldsymbol{\zeta}_2^\beta,$$

$$X_{4sv}(s, v) = \frac{1}{\sqrt{3}} \mathbf{t}_\beta + \frac{1}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_1^\beta + \frac{1}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_2^\beta,$$

$$X_{4sv}(s, v) = -\frac{1}{\sqrt{3}} (k_1^\beta + k_2^\beta) \mathbf{t}_\beta + \frac{k_1^\beta}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_1^\beta + \frac{k_2^\beta}{\sqrt{3}} \boldsymbol{\zeta}_2^\beta,$$

$$X_{4vv}(s, v) = 0,$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre $X_4(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{X_4} = \frac{v(k_1^\beta - k_2^\beta) \mathbf{t}_\beta + (-\sqrt{3} + v(k_1^\beta + 2k_2^\beta)) \boldsymbol{\zeta}_1^\beta + (\sqrt{3} - v(k_2^\beta + 2k_1^\beta)) \boldsymbol{\zeta}_2^\beta}{\sqrt{v^2(k_1^\beta - k_2^\beta)^2 + (-\sqrt{3} + v(k_1^\beta + 2k_2^\beta))^2 + (\sqrt{3} - v(k_2^\beta + 2k_1^\beta))^2}}$$

şeklindeir. Buna göre, $X_4(s, v)$ yüzeyinin $E_{X_4}, F_{X_4}, G_{X_4}$ birinci ve $e_{X_4}, f_{X_4}, g_{X_4}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{X_4} = \langle X_{4s}, X_{4s} \rangle = \left(1 - \frac{v}{\sqrt{3}}(k_1^\beta + k_2^\beta)\right)^2 + \frac{v^2}{3} \left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right),$$

$$F_{X_4} = \langle X_{4s}, X_{4v} \rangle = \frac{1}{\sqrt{3}}, \quad G_{X_4} = \langle X_{4v}, X_{4v} \rangle = 1,$$

$$e = \langle X_{4ss}, U_{X_4} \rangle = \frac{-\sqrt{3}v^2 \left((k_1^\beta)' + (k_2^\beta)' + (k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) (k_1^\beta - k_2^\beta) + \left((\sqrt{3} - v(k_1^\beta + k_2^\beta)) k_1^\beta + v(k_1^\beta)' \right) (-\sqrt{3} + v(k_1^\beta + 2k_2^\beta)) + \left((\sqrt{3} - v(k_1^\beta + k_2^\beta)) k_2^\beta + v(k_2^\beta)' \right) (\sqrt{3} - v(k_2^\beta + 2k_1^\beta))}{v^2(k_1^\beta - k_2^\beta)^2 + (-\sqrt{3} + v(k_1^\beta + 2k_2^\beta))^2 + (\sqrt{3} - v(k_2^\beta + 2k_1^\beta))^2},$$

$$f_{X_4} = \langle X_{4sv}, U_{X_4} \rangle = \frac{k_2^\beta - k_1^\beta}{3}, \quad g_{X_4} = \langle X_{4vv}, U_{X_4} \rangle = 0.$$

Bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (13) ve (14) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.21. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.22.

$X_4(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir regle yüzey olması için gerek ve yeter koşul $k_1^\beta = k_2^\beta$ eşitliğinin sağlanmasıdır.

Sonuç 3.23.

β eğrisinin eğrilikleri arasında $k_1^\beta = k_2^\beta$ bağıntısı varsa $X_4(s, v)$ regle yüzeyi minimaldir.

İspat. $k_1^\beta = k_2^\beta$ eşitliği Eşitlik (14)'te yerine yazıldığında, $H_{X_4} = 0$ olur. Bu ise yüzeyin minimal olmasıdır.

Teorem 3.24.

$X_4(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında tekillik göstermesi için gerek ve yeter koşul

$$k_1^\beta = k_2^\beta = \frac{\sqrt{3}}{3v_\theta}$$

eşitliğinin sağlanmasıdır.

İspat. $X_4(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter koşul

$$\begin{aligned} & \|X_{4s} \times X_{4v}\|(s_0, v_0) \\ &= \frac{1}{3} \sqrt{v_0^2 (k_1^\beta - k_2^\beta)^2 + (-\sqrt{3} + v_0(k_1^\beta + 2k_2^\beta))^2 + (\sqrt{3} - v_0(k_2^\beta + 2k_1^\beta))^2} \end{aligned}$$

eşitliğinin sağlanmasıdır. Burada

$$v_\theta(k_1^\beta - k_2^\beta) = 0, -\sqrt{3} + v_\theta(k_1^\beta + 2k_2^\beta) = 0, \sqrt{3} - v_\theta(k_2^\beta + 2k_1^\beta) = 0$$

dır. Bu ifadeler birlikte düşünülürse

$$k_1^\beta = k_2^\beta = \frac{\sqrt{3}}{3v_\theta}$$

elde edilir.

Teorem 3.25.

$X_4(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri asimptotik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. Diğer durumlara benzer şekilde ispatlanır.

Teorem 3.26.

$X_4(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri geodezik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. Diğer durumlara benzer şekilde ispatlanır.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, üç boyutlu Öklid uzayında Bishop çatısı referans alınarak tanımlanan Smarandache ve adjoint eğri teorileri regle yüzeyler geometrisine uyarlanmıştır. Çalışmanın temelini oluşturan $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ formundaki Bishop adjoint eğrisi taban eğrisi olarak kabul edilmiş

ve bu eğrinin Bishop vektörlerinin özel lineer kombinasyonları doğrultman olarak kullanılarak dört yeni regle yüzey literatüre kazandırılmıştır. Elde edilen bulgular şu başlıklar altında özetlenebilir:

Yüzey Karakterizasyonu ve Açılabilirlik: İncelenen yüzeylerin Gauss eğrilikleri (K) farklı karakteristikler sergilemektedir: X_3 yüzeyi, Bishop eğriliklerinden bağımsız olarak daima sıfır Gauss eğriliğine sahiptir ($K_{X_3} = 0$) ve bu nedenle her zaman açılabilirdir. X_1 yüzeyi, yalnızca dayanak eğrisi β düzlemsel olduğunda açılabilir bir yapı kazanır. X_2 yüzeyi, açılabilir değildir. X_4 ancak Bishop eğriliklerinin birbirine eşit olması ($k_1^\beta = k_2^\beta$) durumunda açılabilir özellik gösterir.

Minimal Yüzey Analizi: Ortalama eğrilik (H) analizleri sonucunda, yüzeylerin minimal olma koşullarının doğrudan Bishop eğrilikleri olan k_1^β, k_2^β fonksiyonlarına bağlı olduğu saptanmıştır. Özellikle: X_1 ve X_2 yüzeylerinin minimal olması için taban eğrisinin belirli diferansiyel denklemleri sağlayan özel bir yapıda olması gerektiği, X_3 yüzeyinin minimal olabilmesi için taban eğrisinin bir slant helis karakteri sergilemesi gerektiği belirlenmiştir.

Tekillik ve Regülerlik: Her bir yüzey için tekil noktaların (singularities) oluşma şartları, yüzey parametreleri ve Bishop eğrilikleri cinsinden kapalı formda elde edilmiştir. Bu analizler, mühendislik ve tasarım uygulamalarında yüzeyin hangi bölgelerde düzgün (regüler) bir yapı sergilediğini belirlemek adına kritik öneme sahiptir.

Parametrik Eğri Karakteristikleri: Yüzeyler üzerindeki v-parametre eğrilerinin her zaman asimptotik ve geodezik olduğu görülmüştür. s-parametre eğrilerinin karakteri ise yüzeyin minimal olma şartlarıyla paralellik göstermektedir. Sonuç olarak, Bishop çatısının sağladığı hesaplama avantajları ve Smarandache tipi vektör kombinasyonları kullanılarak, klasik Frenet çatısı ile elde edilemeyecek çeşitlilikte ve geometrik zenginlikte regle yüzey aileleri tanımlanmıştır. Bu çalışma, diferansiyel geometri literatüründeki adjoint eğri ve regle yüzey ilişkisini derinleştirirken, elde edilen teorik sonuçların kinematik ve bilgisayar destekli tasarım (CAD) alanlarındaki modellemelere temel teşkil edeceği öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ali AT., 2010. Special Smarandache curves in the Euclidean space. Int. J. Math. Comb., 2: 30-36.
- Ali AT, Abdel Aziz HS, Sorour AH., 2013. Ruled surfaces generated by some special curves in Euclidean 3-Space. Journal of the Egyptian Mathematical Society, 21: 285–294.
- Bishop LR., 1975. There is more than one way to frame a curve. Amer. Math. Month., 82: 246–251. <https://doi.org/10.1080/00029890.1975.11993807>
- Bükcü B, Karacan MK., 2009. The slant helices according to Bishop frame. Int. J. Comput. Math. Sci., 3: 67–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1058229>
- Canlı D, Şenyurt S, Kaya FE, Grilli L., 2024. The pedal curves generated by alternative frame vectors and their Smarandache curves. Symmetry, 16 :1012. <https://doi.org/10.3390/sym16081012>



- Damar E., 2024. Adjoint curves of special Smarandache curves with respect to Bishop frame. *AIMS Mathematics*, 9(12):35355-35376.
- Do Carmo MP., 2016. *Differential Geometry of Curves and Surfaces*; Revised and Updated Second Edition; Courier Dover Publications: Mineola, NY, USA.
- Kalkan ÖB, Şenyurt S., 2024. Osculating Type Ruled Surfaces with Type-2 Bishop Frame in E^3 . *Symmetry*, 16:498
- Nurkan SK, Güven İ., 2022. A new approach for Smarandache curves. *Turk. J. Math. Comput. Sci.*, 14 :155–165. <https://doi.org/10.47000/tjmcs.1004423>
- Nurkan SK, Güven İA, Karacan MK., 2019. Characterizations of adjoint curves in Euclidean 3-space. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 89 :155–161.
- Mendonca T, Alan J, Teixeira R., 2024. Smarandache curves of natural curves pairaccording to Frenet frame. *Adv. Res.*, 25: 1–13.
- O'Neill B., 1983. *Semi-Riemannian geometry*. Academic press, New York, NY, USA.
- Şenyurt Ş, Kaya FE, Canlı D., 2024. Pedal curves obtained from Frenet vector of a space curve and Smarandache curves belonging to these curves. *AIMS Math.*, 9: 20136–20162.
- Turgut M, Yılmaz S., 2008. Smarandache curves in Minkowski space time. *Int. J. Math. Comb.*, 3: 51–55.
- Yılmaz B, Ramis CA, Yaylı Y., 2017. On developable ruled surface of the principal-direction curve. *Konuralp Journal of Mathematics*, 5:172–180.

**BİSHOP ÇATISINDAN ÜRETİLEN $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ SMARANDACHE EĞRİ TABANLI
REGLE YÜZEYLER****Esra DAMAR**Hitit University, Vocational School of Technical Sciences, Department of Motor Vehicles and
Transportation Technologies, 19100 Çorum**ORCID:** 0000-0002-0743-8545**ÖZET**

Bu çalışmada, taban eğrisi $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ Bishop adjoint eğri olarak seçilmiş; doğrultman doğrultuları ise Bishop çatısına ait birim vektörler $t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta$ kullanılarak tanımlanmıştır. Bu yapı çerçevesinde üç farklı regle yüzey inşa edilmiş ve elde edilen yüzeylerin Gauss ve ortalama eğrilikleri hesaplanmış; temel geometrik özellikleri kapsamlı şekilde değerlendirilmiştir. Ayrıca, yüzeylerin hangi koşullar altında açılabilir, minimal ya da tekillik içeren bir yapı sergilediği analiz edilmiş; bunun yanında, yüzey üzerinde yer alan bazı parametrik eğrilerin geodezik ve asimptotik karakterleri ele alınarak bu özelliklerin sağlanması için gerekli ve yeterli koşullar açık bir biçimde ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bishop çatısı, Smarandache eğrisi, Adjoint eğri, Slant helis.**RULED SURFACES WITH A $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ SMARANDACHE CURVE DERIVED FROM
THE BISHOP FRAME****ABSTRACT**

In this study, the base curve is chosen as the Bishop adjoint curve of the form $t_\alpha \zeta_2^\alpha$, while the director directions are defined using the unit vectors $t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta$ of the Bishop frame. Within this framework, three distinct ruled surfaces are constructed, and the Gaussian and mean curvatures of the resulting surfaces are computed; their fundamental geometric properties are comprehensively evaluated. Moreover, the conditions under which the surfaces become developable, minimal, or exhibit singular behavior are analyzed. In addition, the geodesic and asymptotic characteristics of certain parametric curves lying on the surfaces are examined, and the necessary and sufficient conditions for these properties to occur are explicitly established.

Keywords: Bishop frame, Smarandache curves, Adjoint curve, Slant helix.**1. GİRİŞ**

Diferansiyel geometri alanında, uzay eğrileri ve bu eğriler tarafından oluşturulan yüzeylerin karakteristik özelliklerinin incelenmesi temel bir araştırma konusudur. Geleneksel olarak eğri analizlerinde Frenet-Serret çatısı kullanılsa da, bu çatının eğriliğin sıfır olduğu noktalarda tanımlanamaması gibi kısıtlamaları, Bishop çatısı (paralel transport çatısı) gibi alternatif yaklaşımların önemini artırmıştır. Bishop çatısı, özellikle teğet vektör etrafındaki dönmeleri kontrol altında tutarak daha esnek ve kararlı bir geometrik tanımlama imkanı sunar (Bishop,

1975). Son yıllarda, bir eğrinin çatısına ait vektörlerin lineer kombinasyonları ile tanımlanan Smarandache eğrileri ve bu eğrilerin integral karakterli karşılıkları olan adjoint eğriler, yüzey teorisinde yeni ufuklar açmıştır (Turgut ve Yılmaz, 2008; Ali, 2010; Nurkan ve Güven, 2022; Mendonca, 2024; Canlı ve ark., 2024; Kalkan ve Şenyurt, 2024; Şenyurt ve ark., 2024). Regle yüzeyler ise, bir taban eğrisi boyunca hareket eden bir doğrunun (doğrultman) süpürdüğü yüzeyler olarak, hem teorik matematikte hem de mimari ve mühendislik tasarımlarında kritik bir role sahiptir (Ali ve ark., 2013; Do Carmo, 2016; Yılmaz ve ark., 2017). Bu çalışmada, taban eğrisi olarak Bishop çatısı kullanılarak tanımlanmış $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ formundaki Bishop adjoint eğrisi seçilmiştir. Doğrultman vektörleri ise Bishop çatısının temel birim vektörleri olan $\mathbf{t}_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta$ aracılığıyla belirlenmiştir. Bu doğrultuda üç farklı regle yüzey inşa edilerek; bu yüzeylerin Gauss ve ortalama eğrilikleri gibi temel diferansiyel geometrik özellikleri incelenmiştir. Ayrıca inşa edilen yüzeylerin açılabilirlik, minimallik ve tekillik durumları analiz edilmiş; yüzey üzerindeki parametrik eğrilerin geodezik ve asimptotik karakterleri için gerekli ve yeterli koşullar teorik olarak ortaya konmuştur.

2. ÖN BİLGİLER

Öklid uzayı E^3 de tanımlı, yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğri $\alpha = \alpha(s)$ olsun. Bu eğriye karşılık gelen Frenet çatısı $\{\mathbf{t}, \mathbf{n}, \mathbf{b}, \kappa, \tau\}$ ile gösterilsin. α eğrisi birim hızlı olduğundan teğet vektörü $\mathbf{t}(s) = \alpha'(s)$ şeklinde tanımlanır; eğrilik ise $\kappa = \|\alpha''(s)\|$ olarak hesaplanır. İvme vektörü $\alpha''(s) = \kappa(s)\mathbf{n}(s)$ ile ifade edilirken, binormal vektör $\mathbf{b}(s) = \mathbf{t}(s) \times \mathbf{n}(s)$ şeklindedir. Klasik Frenet formülü, çatı vektörlerinin türevleri arasındaki ilişkiyi aşağıdaki şekilde verir:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{t}' \\ \mathbf{n}' \\ \mathbf{b}' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & \kappa & 0 \\ -\kappa & 0 & \tau \\ 0 & -\tau & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{t} \\ \mathbf{n} \\ \mathbf{b} \end{pmatrix}.$$

Burada burulma (torsiyon) $\tau(s) = \langle \mathbf{n}'(s), \mathbf{b}(s) \rangle$ ifadesiyle tanımlanır. Frenet çatısına alternatif olarak kullanılan Bishop çatısı $\{\mathbf{t}, \zeta_1, \zeta_2\}$ ortonormal üçlüsüyle tanımlanır ve türev matrisi

$$\begin{pmatrix} \mathbf{t}' \\ \zeta_1' \\ \zeta_2' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & k_1 & k_2 \\ -k_1 & 0 & 0 \\ -k_2 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{t} \\ \zeta_1 \\ \zeta_2 \end{pmatrix}$$

şeklinde verilir. Burada $k_1(s)$ and $k_2(s)$ ifadeleri Bishop eğrilikleri olarak adlandırılır.

Frenet ve Bishop çatıları arasındaki dönüşüm şu şekilde verilir:

$$\mathbf{t} = \mathbf{t},$$

$$\mathbf{n} = \cos\theta(s)\zeta_1 + \sin\theta(s)\zeta_2,$$

$$\mathbf{b} = -\sin\theta(s)\zeta_1 + \cos\theta(s)\zeta_2.$$

Buradaki $\theta(s)$, iki sistem arasındaki bağlantıyı kuran açı fonksiyonudur ve $k_1(s) \neq 0$ olmak üzere

$$\theta(s) = \arctan \frac{k_2(s)}{k_1(s)}$$

şeklinde tanımlanır. Bu durumda torsiyon ve toplam eğrilik

$$\tau(s) = -\frac{d\theta(s)}{ds}, \quad \kappa(s) = \sqrt{k_1^2(s) + k_2^2(s)}$$

olarak elde edilir. Dolayısıyla açı fonksiyonu

$$\theta = -\int \tau(s)ds + \theta_0$$

şeklindedir. Buna bağlı olarak Bishop eğrilikleri şu eşitliklerle ifade edilir:

$$k_1(s) = \kappa(s) \cos \theta(s), \quad k_2(s) = \kappa(s) \sin \theta(s).$$

Tanım 2.1 (Nurkan ve ark., 2019). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş ve burulması sıfırdan farklı olan düzgün bir eğri olsun. $\{\mathbf{t}_\alpha, \mathbf{n}_\alpha, \mathbf{b}_\alpha\}$ bu eğrinin Frenet çatısını göstermek üzere, α eğrisine ait adjoint eğri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\beta(s) = \int_{s_0}^s \mathbf{b}_\alpha(u)du.$$

Tanım 2.2 (Ali, 2010). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş ve burulması sıfırdan farklı olan düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \mathbf{n}_\alpha, \mathbf{b}_\alpha\}$ da α eğrisinin Frenet çatısını gösterebilir. Bu durumda tn , nb ve tnb Smarandache eğrileri sırasıyla aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\alpha + \mathbf{n}_\alpha),$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{n}_\alpha + \mathbf{b}_\alpha),$$

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{3}}(\mathbf{t}_\alpha + \mathbf{n}_\alpha + \mathbf{b}_\alpha).$$

Tanım 2.3 (Damar, 2024). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ da α eğrisinin Bishop çatısını gösterebilir. Bu durumda $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi

$$\beta(s^*(s)) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (\mathbf{t}_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s))ds$$

şeklindedir.

Teorem 2.4 (Damar, 2024). α s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğriyi, $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ da α eğrisinin Bishop çatısını gösterebilir. β , $\mathbf{t}_\alpha \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi olmak üzere β eğrisinin Frenet vektör alanları, eğrilik ve burulması (torsiyon)

$$\mathbf{t}_\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}(\mathbf{t}_\alpha + \zeta_2^\alpha),$$

$$\mathbf{n}_\beta = \frac{1}{\sqrt{1+2h^2}}(-h\mathbf{t}_\alpha + \zeta_1^\alpha + h\zeta_2^\alpha),$$

$$\mathbf{b}_\beta = \frac{1}{\sqrt{2+4h^2}}(-\mathbf{t}_\alpha - 2h\zeta_1^\alpha + \zeta_2^\alpha),$$

$$\tau_\beta = \frac{1}{2\sqrt{2}}k_1^\alpha - \frac{h'}{2+h^2}, \quad (1)$$

$$\kappa_\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha\sqrt{2+h^2} \quad (2)$$

şeklindedir. Burada $h = \frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha}$ ifadesi Bishop eğriliklerinin oranını tanımlar.

Teorem 2.5 (Damar, 2024). E^3 uzayında s-yay uzunluğuna göre parametrelenmiş düzgün bir eğri α ve bu eğriden üretilen $\mathbf{t}_\alpha, \zeta_2^\alpha$ -Bishop adjoint eğrisi β olsun. Bu eğrilere ait Bishop çatısı sırasıyla $\{\mathbf{t}_\alpha, \zeta_1^\alpha, \zeta_2^\alpha, k_1^\alpha, k_2^\alpha\}$ ve $\{\mathbf{t}_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta, k_1^\beta, k_2^\beta\}$ olarak verilsin. Bu durumda β eğrisine ait Bishop vektör alanları ve eğrilikleri aşağıdaki şekilde ifade edilir:

$$\zeta_1^\beta = \frac{1}{\sqrt{4+2h^2}}[(-\sqrt{2}\cos\theta_\beta + h\sin\theta_\beta)\mathbf{t}_\alpha + (\sqrt{2}h\cos\theta_\beta + 2\sin\theta_\beta)\zeta_1^\alpha + (\sqrt{2}\cos\theta_\beta - h\sin\theta_\beta)\zeta_2^\alpha],$$

$$\zeta_2^\beta = \frac{1}{\sqrt{4+2h^2}}[(-\sqrt{2}\sin\theta_\beta - h\cos\theta_\beta)\mathbf{t}_\alpha + (\sqrt{2}\sin\theta_\beta - 2\cos\theta_\beta)\zeta_1^\alpha + (\sqrt{2}\sin\theta_\beta + h\cos\theta_\beta)\zeta_2^\alpha],$$

$$k_1^\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha\sqrt{2+h^2}\cos\theta_\beta, \quad k_2^\beta = \frac{1}{\sqrt{2}}k_2^\alpha\sqrt{2+h^2}\sin\theta_\beta \quad (3)$$

burada $\theta_\beta = -\int \tau_\beta(s) ds$ dir.

Teorem 2.6 (Bükcü ve Karacan, 2009). $\alpha: I \rightarrow E^3$ Bishop eğrilikleri sıfırdan farklı olan birim hızlı bir eğri olsun. α eğrisinin slant helis olması için gerek ve yeter şart, eğrilikler oranı $\frac{k_1}{k_2}$ nin sabit olmasıdır.

Regle yüzey, bir doğrunun bir eğri boyunca hareket ettirilmesiyle oluşan özel bir yüzey türüdür. Bu hareket sırasında doğru, her noktada eğriye bağlı olarak yön değiştirir. Böyle bir yüzeyin genel parametrik denklemi şu şekilde ifade edilir:

$$R(s, v) = \alpha(s) + v\mathbf{r}(s)$$

burada $\alpha(s)$ dayanak eğriyi (taban eğri), $\mathbf{r}(s)$ doğrultman doğrularının yönünü belirleyen birim vektör alanını, v ise her bir doğrultman boyunca olan yer değiştirmeyi gösteren parametreyi ifade eder.

Bu yapı sayesinde, doğrular (doğrultmanlar) $\alpha(s)$ eğrisi boyunca yön değiştirerek yüzeyi oluşturur. Bu yüzeyler, diferansiyel geometri ve uygulamalı alanlarda yaygın olarak incelenmektedir.

$R(s, v)$ regle yüzeyi için birim normal vektör alanı U_R , Gauss eğriliği K_R ve ortalama eğrilik H_R aşağıdaki ifadelerle hesaplanabilir:

$$U_R = \frac{R_s \times R_v}{\|R_s \times R_v\|}, \quad (4)$$

$$K_R = \frac{eg - f^2}{EG - F^2}, \quad (5)$$

$$H_R = \frac{Eg - 2fF + eG}{2(EG - F^2)} \quad (6)$$

bu formüllerde kullanılan birinci temel form katsayıları

$$E = \langle R_s, R_s \rangle, \quad F = \langle R_s, R_v \rangle, \quad G = \langle R_v, R_v \rangle$$

ile, ikinci temel form katsayıları

$$e = \langle R_{ss}, U_R \rangle, \quad f = \langle R_{sv}, U_R \rangle, \quad g = \langle R_{vv}, U_R \rangle$$

ile tanımlanır. Burada $\langle , \rangle$ iç çarpımı, R_s, R_v ise yüzeyin s ve v yönündeki türevlerini ifade eder. Bu ifadeler, yüzeyin eğrilik özelliklerini belirlemede temel araçlardır. **Önerme 2.7** (O'Neill,1983). Bir regle yüzeyin açılabilir olması için gerek ve yeter koşul yüzeyin her noktasında Gauss eğriliğinin sıfır olmasıdır.

Önerme 2.8 (O'Neill,1983). Bir düzgün yüzeyin minimal olması için gerek ve yeter koşul ortalama eğriliğinin sıfır olmasıdır.

3. BULGULAR

Damar (2024) tarafından Bishop çatısına göre tanımlanan Smarandache eğrilerinin integraliyle elde edilen yeni eğri ailesi, bu çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Çalışmada, $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ tipindeki Bishop adjoint eğrisi taban eğrisi, bu eğrinin Bishop çatısı vektörleri ise doğrultmanlar olarak kullanılarak üç farklı regle yüzey inşa edilmiştir. Elde edilen bu yüzeylerin geometrik yapıları; açılabilirlik, minimal yüzey olma ve tekillik durumları gibi kriterlere göre kapsamlı bir şekilde değerlendirilmiştir

Tanım 3.1. Üç boyutlu Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı bir eğri olan α eğrisinden elde edilen $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ - Bishop adjoint eğrisi β olarak tanımlansın. Bu eğriye ait Bishop çatısı $\{t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta, k_1^\beta, k_2^\beta\}$ ile verilsin. Eğer β eğrisi dayanak eğri olarak alınır ve $t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta$ vektörleri sırasıyla doğrultman vektörler olarak seçilirse bu doğrultmanlar aracılığıyla elde edilen $R_1(s, v) - R_3(s, v)$ arasındaki üç farklı regle yüzey aşağıdaki parametrik ifadelerle tanımlanır:

$$R_1(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v t_\beta(s),$$

$$R_2(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \zeta_1^\beta(s),$$

$$R_3(s, v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \int (t_\alpha(s) + \zeta_2^\alpha(s)) ds + v \zeta_2^\beta(s).$$

3.1. t_β Doğrultman vektörünün oluşturduğu $R_1(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.2.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $R_1(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{R_1} = 0, \quad (7)$$

$$H_{R_1} = \frac{\left(\frac{k_1^\beta}{k_2^\beta}\right)' (k_2^\beta)^2}{2v((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2)^2}. \quad (8)$$

İspat. $R_1(s, v) = \beta(s) + vt_\beta(s)$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınır

$$R_{1s}(s, v) = t_\beta + vk_1^\beta \zeta_1^\beta + vk_2^\beta \zeta_2^\beta,$$

$$R_{1ss}(s, v) = -v \left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) t_\beta + \left(k_1^\beta + v(k_1^\beta)' \right) \zeta_1^\beta + \left(k_2^\beta + v(k_2^\beta)' \right) \zeta_2^\beta,$$

$$R_{1v}(s, v) = t_\beta, \quad R_{1sv}(s, v) = k_1^\beta \zeta_1^\beta + k_2^\beta \zeta_2^\beta, \quad R_{1vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $R_1(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{R_1} = \frac{R_{1s} \times R_{1v}}{\|R_{1s} \times R_{1v}\|} = \frac{k_2}{\sqrt{(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2}} \zeta_1 - \frac{k_1}{\sqrt{(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2}} \zeta_2$$

şeklinde. Buna göre $R_1(s, v)$ yüzeyinin $E_{R_1}, F_{R_1}, G_{R_1}$ birinci ve $e_{R_1}, f_{R_1}, g_{R_1}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{R_1} = \langle R_{1s}, R_{1s} \rangle = 1 + v^2 \left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right), \quad F_{R_1} = \langle R_{1s}, R_{1v} \rangle = 1, \quad G_{R_1} = \langle R_{1v}, R_{1v} \rangle = 1,$$

$$e_{R_1} = \langle R_{1ss}, U_{R_1} \rangle = \frac{v \left(k_2^\beta (k_1^\beta)' - k_1^\beta (k_2^\beta)' \right)}{\sqrt{(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2}},$$

$$f_{R_1} = \langle R_{1sv}, U_{R_1} \rangle = 0, \quad g_{R_1} = \langle R_{1vv}, U_{R_1} \rangle = 0$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (7) ve (8) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.2. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.3.

$R_1(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir bir yüzeydir.

İspat. Eşitlik (7) ile Önerme 2.7 birlikte ele alındığında $R_1(s, v)$ yüzeyinin açılabilir olduğu sonucuna ulaşılır.

Sonuç 3.4 (Damar, 2024).

α eğrisi slant helis olsun. Eğer α eğrisinin ikinci Bishop eğriliği k_2^α sabit ise bu eğrinin adjointi olan β eğrisi de slant helistir.

Sonuç 3.5.

$R_1(s, v)$ yüzeyinin minimal yüzey olması için gerek ve yeter koşul β eğrisinin slant helis olmasıdır.

İspat. $R_1(s, v)$ yüzeyinin minimal olması için Eşitlik (8)'den, $H_{R_1} = 0$ olmalıdır. Bu taktirde

$$\left(k_1^\beta(s)\right)' k_2^\beta(s) - \left(k_2^\beta(s)\right)' k_1^\beta(s) = 0$$

denklemini elde edilir. Bu ifade düzenlenirse

$$\frac{\left(k_1^\beta(s)\right)'}{k_1^\beta(s)} = \frac{\left(k_2^\beta(s)\right)'}{k_2^\beta(s)}$$

eşitliği elde edilir. Her iki tarafın integrali alındığında

$$\ln|k_1^\beta(s)| = \ln|k_2^\beta(s)| + c_1$$

şeklinde bir ifade elde edilir. Bu eşitlik sadeleştirildiğinde c_1 sabit olmak üzere

$$k_1^\beta(s) = c_1 \cdot k_2^\beta(s)$$

bulunur. Dolayısıyla minimal yüzey olma koşulu, $\frac{k_1^\beta(s)}{k_2^\beta(s)}$ oranının sabit olması gerektiğini ifade eder. Bu durum Teorem 2.6'ya göre β eğrisinin bir slant helis olduğunu gösterir. Diğer taraftan β slant helis ise $\frac{k_1^\beta(s)}{k_2^\beta(s)}$ oranı sabittir. Buradan $H_{R_1} = 0$ olup yüzey minimaldir.

Teorem 3.6.

$R_1(s, v)$ regle yüzeyi her noktada düzgündür ve herhangi bir tekil nokta içermez.

İspat.

Do Carmo (2016) tarafından verilen tanıma göre, $R_1(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter koşul

$$\|R_{1s} \times R_{1v}\|(s_\theta, v_\theta) = 0$$

olmasıdır. Bu ifadeye karşılık gelen türevler yerine konulduğunda

$$\|R_{1s} \times R_{1v}\|(s_\theta, v_\theta) = \sqrt{\left(k_1^\beta\right)^2 + \left(k_2^\beta\right)^2} = 0$$

elde edilir. Burada $k_1^\beta \neq 0$ olduğundan

$$\|R_{1s} \times R_{1v}\|(s_\theta, v_\theta) \neq 0$$

dır. Dolayısıyla $R_1(s, v)$ regle yüzeyi tekil nokta içermez.

Teorem 3.7.

$R_1(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrilerinin asimptotik olması için gerek ve yeter koşul yüzeyin daynak eğrisi β nın slant helis olmasıdır.
- ii) v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. Bir yüzeyde s -parametre eğrilerin asimptotik olması için gerekli ve yeterli koşul ikinci temel form katsayısı e_{R_1} nin sıfır olmasıdır (Do Carmo, 2016). $R_1(s, v)$ yüzeyi için

$$e_{R_1} = \frac{v \left(k_2^\beta (k_1^\beta)' - k_1^\beta (k_2^\beta)' \right)}{\sqrt{(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2}} = 0$$

şeklinde hesaplanır. $v \neq 0$ olduğundan $e_{R_1} = 0$ eşitliğinin sağlanabilmesi için

$$k_2^\beta (k_1^\beta)' - k_1^\beta (k_2^\beta)' = 0$$

olmalıdır. Bu denklemin çözümünden c sabit olmak üzere

$$k_1^\beta = ck_2^\beta$$

elde edilir. Bu ise β eğrisinin slant helis olduğunu gösterir. Diğer taraftan bir yüzeyde v -parametre eğrilerinin asimptotik olması için ikinci temel form katsayısı g sıfır olmalıdır (Do Carmo, 2016). $R_1(s, v)$ yüzeyinde $g_{R_1} = 0$ olarak hesaplandığından $R_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.8

$R_1(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri geodezik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat.

$R_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerinin geodezik olması için

$$U_{R_1} \times R_{1ss} = 0$$

olmalıdır (Do Carmo, 2016). Bu denklemde yüzeyin normal vektörü ve s -parametresine göre ikinci türevi yerine yazılır ve gerekli düzenlemeler yapılırsa

$$\begin{aligned} & U_{R_1} \times R_{1ss} \\ & \left(\left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 + v \left(k_1^\beta (k_1^\beta)' + k_2^\beta (k_2^\beta)' \right) \right) \mathbf{t}_\beta + \left(k_1^\beta v \left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) \right) \zeta_1^\beta \right. \\ & \quad \left. + \left(k_2^\beta v \left((k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2 \right) \right) \zeta_2^\beta \right) \\ & = \frac{\quad}{\sqrt{(k_1^\beta)^2 + (k_2^\beta)^2}} = 0 \end{aligned}$$

vektörel ifade elde edilir. Burada

$$\left(\left(k_1^\beta \right)^2 + \left(k_2^\beta \right)^2 + v \left(k_1^\beta \left(k_1^\beta \right)' + k_2^\beta \left(k_2^\beta \right)' \right) \right) \mathbf{t}_\beta + k_1^\beta v \left(\left(k_1^\beta \right)^2 + \left(k_2^\beta \right)^2 \right) \zeta_1^\beta + k_2^\beta v \left(\left(k_1^\beta \right)^2 + \left(k_2^\beta \right)^2 \right) \zeta_2^\beta = 0$$

ifadesinin sıfır vektör olması için her bir bileşenin katsayısı sıfır olmalıdır. Bu ise $v \neq 0$ ve $k_1^\beta \neq 0$ olduğundan sağlanamaz. Bu nedenle s -parametre eğrileri $R_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde geodezik değildir.

Ayrıca $U_{R_1} \times R_{1vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $R_1(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

3.2. ζ_1^β Doğrultman vektörünün oluşturduğu $R_2(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.9.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $R_2(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{R_2} = 0, \quad (9)$$

$$H_{R_2} = \frac{k_2^\beta}{2(1-vk_1^\beta)}. \quad (10)$$

İspat. $R_2(s, v) = \beta(s) + v\zeta_1^\beta(s)$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınır

$$R_{2s}(s, v) = (1 - vk_1^\beta) \mathbf{t}_\beta, \quad R_{2v}(s, v) = \zeta_1^\beta,$$

$$R_{2ss}(s, v) = -v \left(k_1^\beta \right)' \mathbf{t}_\beta + (1 - vk_1^\beta) k_1^\beta \zeta_1^\beta + (1 - vk_1^\beta) k_2^\beta \zeta_2^\beta,$$

$$R_{2sv}(s, v) = -k_1^\beta \mathbf{t}_\beta, \quad R_{2vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $R_2(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{R_2} = \frac{R_{2s} \times R_{2v}}{\|R_{2s} \times R_{2v}\|} = \zeta_2^\beta$$

şeklindedir. Buna göre $R_2(s, v)$ yüzeyinin $E_{R_2}, F_{R_2}, G_{R_2}$ birinci ve $e_{R_2}, f_{R_2}, g_{R_2}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{R_2} = \langle R_{2s}, R_{2s} \rangle = (1 - vk_1^\beta)^2, \quad F_{R_2} = \langle R_{2s}, R_{2v} \rangle = 0, \quad G_{R_2} = \langle R_{2v}, R_{2v} \rangle = 1,$$

$$e_{R_2} = \langle R_{2ss}, U_{R_2} \rangle = (1 - vk_1^\beta) k_2^\beta, \quad f_{R_2} = \langle R_{2sv}, U_{R_2} \rangle = 0, \quad g_{R_2} = \langle R_{2vv}, U_{R_2} \rangle = 0$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (9) ve (10) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.9. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.10.

$R_2(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir bir yüzeydir.

Sonuç 3.11.

β düzlemsel bir eğri ise α eğrisi düzlemseldir ya da eğrilikleri arasında aşağıdaki bağıntı vardır

$$k_1^\alpha = \frac{2\sqrt{2} \left(\frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha} \right)'}{2 + \left(\frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha} \right)^2}$$

İspat.

Kabul edelim ki β düzlemsel bir eğri olsun. Bu durumda $k_2^\beta = 0$ olmalıdır. Eşitlik (3)' ten

$$k_2^\beta = \frac{1}{\sqrt{2}} k_2^\alpha \sqrt{2 + h^2} \sin \theta_\beta = 0$$

elde edilir. Buradan $k_2^\alpha = 0$ ise α eğrisi düzlemseldir. Ya da $\sin \theta_\beta = 0$ ise

$$\theta_\beta = \int \tau_\beta ds = 0$$

sonucu çıkar. Diğer yandan, Eşitlik (1)'den

$$\frac{1}{2\sqrt{2}} k_1^\alpha - \frac{h'}{2 + h^2} = 0$$

elde edilir. Bu ifadeden

$$k_1^\alpha = \frac{2\sqrt{2} \left(\frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha} \right)'}{2 + \left(\frac{k_1^\alpha}{k_2^\alpha} \right)^2}$$

sonucu bulunur. Bu da ispatı tamamlar.

Sonuç 3.12.

$R_2(s, v)$ yüzeyinin minimal yüzey olması için gerek ve yeter koşul β eğrisinin düzlemsel olmasıdır.

İspat. Kabul edelim ki β eğrisi düzlemsel olsun. Bu taktirde $k_2^\beta = 0$ olur. Eşitlik (10)' dan $R_{M_2} = 0$ sonucu elde edilir ve böylece $R_2(s, v)$ yüzeyi minimal olur. Tersine $R_2(s, v)$ yüzeyi minimal olsun bu durumda $H_{R_2} = 0$ olur. Buradan $k_2^\beta = 0$ elde edilir ki bu da β eğrisinin düzlemsel olmasıdır.

Teorem 3.13.

$R_2(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında tekillik göstermesi için gerek ve yeter koşul

$$k_1^\beta = \frac{1}{v_\theta}$$

eşitliğinin sağlanmasıdır.

İspat. Do Carmo (2016) tarafından verilen tanıma göre, $R_2(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter koşul

$$\|R_{2s} \times R_{2v}\|(s_\theta, v_\theta) = 0$$

olmasıdır. Bu ifadeye karşılık gelen türevler yerine konulduğunda

$$\|R_{2s} \times R_{2v}\|(s_\theta, v_\theta) = (1 - v_\theta k_1^\beta) = 0$$

bulunur. Bu ifade düzenlenirse

$$k_1^\beta = \frac{1}{v_\theta}$$

elde edilir. Böylece ispat tamamlanmış olur.

Teorem 3.14.

$R_2(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrilerinin asimptotik olması için gerek ve yeter koşul yüzeyin dayanak eğrisi β nın düzlemsel olmasıdır.
- ii) v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. $R_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerinin asimptotik olması için

$$e_{R_2} = (1 - vk_1^\beta)k_2^\beta = 0$$

koşulunun sağlanması gerekir. Buradan

$$k_2^\beta = 0 \text{ ya da } k_1^\beta = \frac{1}{v}$$

şartlarından en az birinin sağlanması gerekir. Ancak, $k_1^\beta = \frac{1}{v}$ koşulunu sağlayan nokta singüler bir noktadır. Bu nedenle, $k_2^\beta = 0$ alınır ve bu da β eğrisinin düzlemsel olduğunu gösterir. Ayrıca $R_2(s, v)$ yüzeyinde $g_{R_2} = 0$ olarak hesaplandığından $R_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.15.

$R_2(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri geodezik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. $R_2(s, v)$ regle yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerin geodezik olabilmesi için

$$U_{R_2} \times R_{2ss} = -v(k_1^\beta)' \zeta_1^\beta - (1 - vk_1^\beta)k_1^\beta t_\beta = 0$$

koşulunun sağlanması gerekir. Bu vektörel ifadenin sıfıra eşit olması

$$-v(k_1^\beta)' = 0, \tag{11}$$

$$(1 - vk_1^\beta)k_1^\beta = 0 \tag{12}$$

denklemlerinin aynı anda sağlanması ile mümkündür. Burada $v \neq 0$ olduğundan Eşitlik (11) $(k_1^\beta)' = 0$ sonucunu verir. Eşitlik (12) den $k_1^\beta \neq 0$ olduğundan $k_1^\beta = \frac{1}{v}$ elde edilir. Ancak, $k_1^\beta = \frac{1}{v}$ koşulunu sağlayan nokta singülerdir. Bu nedenle s -parametre eğrileri geodezik değildir. Buna karşın $U_{R_2} \times R_{2vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $R_2(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

3.3. ζ_2^β doğrultman vektörünün oluşturduğu $R_3(s, v)$ regle yüzeyi

Teorem 3.16.

Öklid uzayı E^3 üzerinde tanımlı $R_3(s, v)$ regle yüzeyi için Gauss eğriliği ve ortalama eğrilik aşağıdaki ifadelerle verilir:

$$K_{R_3} = 0, \quad (13)$$

$$H_{R_3} = \frac{-k_1^\beta}{2(1-vk_2^\beta)}. \quad (14)$$

İspat. $R_3(s, v) = \beta(s) + v\zeta_2^\beta(s)$ parametrik denklemi ile verilen yüzeyin s ve v parametrelerine göre birinci ve ikinci mertebeden kısmi türevleri alınır

$$R_{3s}(s, v) = (1 - vk_2^\beta)t_\beta, \quad R_{3v}(s, v) = \zeta_2^\beta,$$

$$R_{3ss}(s, v) = -v(k_2^\beta)'t_\beta + (1 - vk_2^\beta)k_1^\beta\zeta_1^\beta + (1 - vk_2^\beta)k_2^\beta\zeta_2^\beta,$$

$$R_{3sv}(s, v) = -k_2^\beta t_\beta, \quad R_{3vv}(s, v) = 0$$

elde edilir. Eşitlik (4)'e göre, $R_3(s, v)$ yüzeyinin birim normal vektör alanı

$$U_{R_3} = \frac{R_{3s} \times R_{3v}}{\|R_{3s} \times R_{3v}\|} = -\zeta_1^\beta$$

şeklindedir. Buna göre, $R_3(s, v)$ yüzeyinin $E_{R_3}, F_{R_3}, G_{R_3}$ birinci ve $e_{R_3}, f_{R_3}, g_{R_3}$ ikinci temel form katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$E_{R_3} = \langle R_{3s}, R_{3s} \rangle = (1 - vk_2^\beta)^2, \quad F_{R_3} = \langle R_{3s}, R_{3v} \rangle = 0, \quad G_{R_3} = \langle R_{3v}, R_{3v} \rangle = 1,$$

$$e_{R_3} = \langle R_{3ss}, U_{R_3} \rangle = -(1 - vk_2^\beta)k_1^\beta, \quad f_{R_3} = \langle R_{3sv}, U_{R_3} \rangle = 0, \quad g_{R_3} = \langle R_{3vv}, U_{R_3} \rangle = 0$$

bu katsayılar sırasıyla Eşitlik (5) ve (6)'da yerine konulduğunda, Eşitlik (13) ve (14) ile verilen Gauss ve ortalama eğrilikler doğrudan elde edilir.

Teorem 3.16. temel alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılır.

Sonuç 3.17.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyi açılabilir bir yüzeydir.

Sonuç 3.18.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyi minimal yüzey değildir.

İspat. Eşitlik (14)'ten yüzeyin minimal olması için $k_1^\beta = 0$ olmalıdır. Ancak Bishop çatısı tanımı gereği k_1^β eğriliği sıfırdan farklıdır. Bu durumda $R_3(s, v)$ yüzeyi minimal değildir.

Sonuç 3.19.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyi üzerindeki her parametre eğrisi bir eğrilik çizgisidir.

İspat. Do Carmo (2016) numaralı kaynağında verdiği tanıma göre, bir regle yüzey üzerindeki parametre eğrisinin bir eğrilik çizgisi olması için gerek ve yeter koşul $F = f = 0$ olmasıdır. Buradan ispat tamamlanır.

Teorem 3.20.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında tekillik göstermesi için gerek ve yeter koşul

$$k_2^\beta = \frac{1}{v_\theta}$$

eşitliğinin sağlanmasıdır.

İspat. $R_3(s, v)$ regle yüzeyinin (s_θ, v_θ) noktasında singüler olması için gerek ve yeter şart

$$\|R_{3s} \times R_{3v}\|(s_\theta, v_\theta) = 1 - v_\theta k_2^\beta = 0$$

olmasıdır. Bu ifade düzenlenirse

$$k_2^\beta = \frac{1}{v_\theta}$$

elde edilir. Böylece ispat tamamlanmış olur.

Teorem 3.21.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

- i) s -parametre eğrileri asimptotik değildir.
- ii) v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

İspat. $R_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde s -parametre eğrilerinin asimptotik olması için

$$e_{R_3} = -(1 - v k_2^\beta) k_1^\beta = 0$$

eşitliğinin sağlanması gerekir. Buradan

$$k_1^\beta = 0 \text{ ya da } k_2^\beta = \frac{1}{v}$$

şartlarından en az birinin sağlanması gerekir. Ancak $k_2^\beta = \frac{1}{v}$ koşulunu sağlayan nokta singüler bir noktadır. Diğer taraftan tanım gereği $k_1^\beta \neq 0$ dır. Bu nedenle s -parametre eğrileri asimptotik değildir. Buna karşın $R_3(s, v)$ yüzeyinde $g_{R_3} = 0$ olarak hesaplandığından $R_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde v -parametre eğrileri daima asimptotiktir.

Teorem 3.22.

$R_3(s, v)$ regle yüzeyi için aşağıdaki ifadeler geçerlidir:

i) s-parametre eğrilerinin geodezik olması için gerek ve yeter koşul β eğrisinin düzlemsel olmasıdır.

ii) v -parametre eğrileri daima geodeziktir.

İspat. $R_3(s, v)$ regle yüzeyi üzerinde s-parametre eğrilerin geodezik olabilmesi

$$U_{R_3} \times R_{3ss} = -v(k_2^\beta)' \zeta_1^\beta - (1 - vk_2^\beta)k_2^\beta t_\beta = 0$$

koşulunun sağlanması gerekir. Bu vektörel ifadenin sıfıra eşit olması

$$-v(k_2^\beta)' = 0, \quad (15)$$

$$(1 - vk_2^\beta)k_2^\beta = 0. \quad (16)$$

denklemlerinin aynı anda sağlanması ile mümkündür. Burada $v \neq 0$ olduğundan Eşitlik (15)

$(k_2^\beta)' = 0$ sonucunu verir. Eşitlik (16) dan $k_2^\beta = 0$ ya da $k_2^\beta = \frac{1}{v}$ elde edilir. Ancak $k_2^\beta = \frac{1}{v}$

koşulunu sağlayan nokta singülerdir. Bu nedenle $k_2^\beta = 0$ dır. Bu durumda ise β eğrisi düzlemsel olur. Ayrıca $U_{R_3} \times R_{3vv} = 0$ eşitliği her zaman sağlandığından $R_3(s, v)$ yüzeyi üzerinde v-parametre eğrileri daima geodeziktir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, üç boyutlu Öklid uzayında Bishop çatısı kullanılarak tanımlanan özel bir eğri sınıfı olan $t_\alpha \zeta_2^\alpha$ formundaki Bishop adjoint eğrisi dayanak eğrisi olarak ele alınmış ve bu eğri üzerinden yeni regle yüzeyler inşa edilmiştir. Elde edilen temel bulgular ve literatüre katkıları şu şekilde özetlenebilir:

Yüzey İnşası ve Eğrilik Analizi: Çalışmada, dayanak eğrisi olarak seçilen Bishop adjoint eğrisinin kendi Bishop çatısı vektörleri $(t_\beta, \zeta_1^\beta, \zeta_2^\beta)$ doğrultman yönleri olarak kullanılarak üç farklı regle yüzey (R_1, R_2, R_3) tanımlanmıştır. Bu yüzeylerin her biri için Gauss ve ortalama eğrilikleri kapalı formda hesaplanmış; tüm yüzeylerin Gauss eğriliklerinin sıfır olduğu, dolayısıyla her üç yüzeyin de açılabilir karakter sergilediği teorik olarak ispatlanmıştır.

Minimal Yüzey Koşulları: Yüzeylerin minimal olma durumları incelendiğinde; R_1 yüzeyinin minimal olması için dayanak eğrisi β nın bir slant helis olması gerektiği, R_2 yüzeyinin minimal olması için β 'nın düzlemsel bir eğri olması gerektiği belirlenmiştir. Buna karşın, Bishop eğriliklerinin tanımı gereği R_3 yüzeyinin minimal bir yapı sergilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

Tekillik ve Parametrik Eğri Karakterizasyonu: R_1 yüzeyinin her noktada düzgün olduğu ve tekil nokta içermediği saptanırken; R_2 ve R_3 yüzeylerinde belirli koşullar altında tekil noktaların oluşabileceği gösterilmiştir. Ayrıca, tüm yüzeyler için v- parametre eğrilerinin daima asimptotik ve geodezik olduğu, s-parametre eğrilerinin karakterinin ise dayanak

eğrisinin geometrik özelliklerine (slant helis veya düzlemsel olma) bağlı olduğu tespit edilmiştir.

Bishop çatısının Frenet çatısına göre sunduğu esneklik, Smarandache ve adjoint eğri kavramlarıyla birleştirilerek regle yüzeyler teorisinde yeni bir perspektif oluşturulmuştur. Bu çalışma, Damar (2024) tarafından sunulan yeni eğri ailesinin yüzey geometrisindeki yansımalarını detaylandırmakta ve diferansiyel geometri literatürüne özgün yapılar kazandırmaktadır.

Bu bulgular, kinematik geometri ve mimari tasarım gibi uygulama alanlarında, Bishop çatısı tabanlı yapıların analitik özelliklerinin anlaşılmasına yönelik önemli bir temel sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Ali AT., 2010. Special Smarandache curves in the Euclidean space. *Int. J. Math. Comb.*, 2: 30-36.
- Ali AT, Abdel Aziz HS, Sorour AH., 2013. Ruled surfaces generated by some special curves in Euclidean 3-Space. *Journal of the Egyptian Mathematical Society*, 21: 285–294.
- Bishop LR., 1975. There is more than one way to frame a curve. *Amer. Math. Month.*, 82: 246–251. <https://doi.org/10.1080/00029890.1975.11993807>
- Bükcü B, Karacan MK., 2009. The slant helices according to Bishop frame. *Int. J. Comput. Math. Sci.*, 3: 67–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1058229>
- Canlı D, Şenyurt S, Kaya FE, Grilli L., 2024. The pedal curves generated by alternative frame vectors and their Smarandache curves. *Symmetry*, 16 :1012. <https://doi.org/10.3390/sym16081012>
- Damar E., 2024. Adjoint curves of special Smarandache curves with respect to Bishop frame. *AIMS Mathematics*, 9(12):35355-35376.
- Do Carmo MP., 2016. *Differential Geometry of Curves and Surfaces; Revised and Updated Second Edition*; Courier Dover Publications: Mineola, NY, USA.
- Kalkan ÖB, Şenyurt S., 2024. Osculating Type Ruled Surfaces with Type-2 Bishop Frame in E^3 . *Symmetry*, 16:498
- Nurkan SK, Güven İ., 2022. A new approach for Smarandache curves. *Turk. J. Math. Comput. Sci.*, 14 :155–165. <https://doi.org/10.47000/tjmcs.1004423>
- Nurkan SK, Güven İA, Karacan MK., 2019. Characterizations of adjoint curves in Euclidean 3-space. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 89 :155–161.
- Mendonca T, Alan J, Teixeira R., 2024. Smarandache curves of natural curves pair according to Frenet frame. *Adv. Res.*, 25: 1–13.
- O'Neill B., 1983. *Semi-Riemannian geometry*. Academic press, New York, NY, USA.
- Şenyurt Ş, Kaya FE, Canlı D., 2024. Pedal curves obtained from Frenet vector of a space curve and Smarandache curves belonging to these curves. *AIMS Math.*, 9: 20136–20162.
- Turgut M, Yılmaz S., 2008. Smarandache curves in Minkowski space time. *Int. J. Math. Comb.*, 3: 51–55.
- Yılmaz B, Ramis CA, Yaylı Y., 2017. On developable ruled surface of the principal-direction curve. *Konuralp Journal of Mathematics*, 5:172–180.

CBS TABANLI KONUM-TAHSİS MODELLEMESİ KULLANILARAK OTOPARK YER SEÇİMİ: GTÜ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

Ali Doğan GÜMÜŞSOY

Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400 Kocaeli

ORCID: 0009-0003-3234-3585

Arif Çağdaş AYDINOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü/ Harita Mühendisliği Böl., 41400 Kocaeli

ORCID: 0000-0003-4912-9027

ÖZET

Etkili otopark yönetimi, özellikle araç sahipliğinin arttığı ve arazi kaynaklarının sınırlı olduğu üniversitelerde, sürdürülebilir kent ulaşım sistemlerinin kritik bir bileşenidir. Bu çalışma, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Konum-Tahsis (Location-Allocation) modellemesinin entegrasyonu ile Gebze Teknik Üniversitesi kampüsü içerisinde en uygun otopark konumlarının belirlenmesini amaçlamaktadır. Çalışmanın temel hedefi, otopark alanlarının mekânsal dağılımını optimize ederek erişilebilirliği artırmak, yürüme mesafelerini azaltmak ve kampüs içi trafik dolaşımını iyileştirmektir.

Çalışma kapsamında; kampüs binaları, mevcut otopark alanları, yaya yolları ve motorlu taşıt yol ağlarını içeren kapsamlı bir mekânsal veri tabanı oluşturulmuştur. Bina bazlı araç sahipliği verileri analiz edilerek talep noktaları tanımlanmış; mevcut ve potansiyel otopark alanları ise kapasite kısıtları bulunan hizmet tesisleri olarak modellenmiştir. Konum-Tahsis modeli, talep ve hizmet noktaları arasındaki yürüme mesafelerini en aza indirirken otopark kapasitelerinin kullanımını en üst düzeye çıkarmak amacıyla uygulanmıştır. Farklı talep ve kapasite koşulları altında alternatif otopark konfigürasyonlarını değerlendirmek üzere çoklu senaryolar test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, otopark talebindeki mekânsal eşitsizlikleri ortaya koymakta ve optimize edilmiş otopark tahsisinin erişim sürelerini önemli ölçüde azaltabileceğini göstermektedir.

Bulgular, CBS tabanlı Konum-Tahsis analizinin kampüs otopark planlaması için etkili bir karar destek aracı sunduğunu ortaya koymaktadır. Önerilen yöntem, trafik akışının iyileştirilmesine, erişilebilirliğin artırılmasına ve arazi kullanımının daha verimli hale getirilmesine katkı sağlamakta; üniversite kampüslerini kentler için birer örnek alan olarak ele alan, aktarılabilir bir otopark yönetim çerçevesi sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: CBS, Konum-Tahsis Analizi, Akıllı Şehir, Otopark Yer Seçimi

PARKING SITE SELECTION USING GIS-BASED LOCATION-ALLOCATION MODELING: A CASE STUDY OF GTU CAMPUS

ABSTRACT

Efficient parking management is a critical component of sustainable city transportation systems, particularly in universities experiencing increasing vehicle ownership and limited land resources. This study aims to identify optimal parking locations within the Gebze

Technical University campus by integrating Geographic Information Systems (GIS) and Location–Allocation modeling. The primary objective is to enhance accessibility, reduce walking distances, and improve internal traffic circulation by optimizing the spatial distribution of parking facilities.

A comprehensive spatial database was developed, incorporating campus buildings, existing parking areas, pedestrian paths, and vehicular road networks. Building-based vehicle ownership data were analyzed to define demand points, while existing and potential parking areas were modeled as service facilities with capacity constraints. The Location–Allocation model was applied to minimize walking distances between demand and service points while maximizing parking capacity utilization. Multiple scenarios were evaluated to assess alternative parking configurations under varying demand and capacity conditions. The results highlight spatial disparities in parking demand and demonstrate how optimized parking allocation can significantly reduce access times.

The findings indicate that GIS-based Location–Allocation analysis provides an effective decision-support tool for campus parking planning. The proposed methodology contributes to improved traffic flow, enhanced accessibility, and more efficient land use, offering a transferable framework for parking management in cities as a case area of university campuses.

Keywords: GIS, Location-Allocation Analysis, Smart City, Parking Site Selection

1. GİRİŞ

Kent nüfusundaki artış ve buna bağlı olarak bireysel araç sahipliğinin artması, kentsel ulaşım altyapısı üzerinde ciddi baskılar oluşturarak özellikle otopark alanlarına yönelik talebi artırmaktadır. Otopark alanlarının yetersizliği, trafik akışının bozulması, çevresel olumsuz etkilerin artması ve ekonomik kayıplar gibi çok boyutlu sorunları meydana getirmektedir (Dehghani ve Soltani, 2023). Bu nedenle otopark konumlarının ve kapasitelerinin sürdürülebilir biçimde belirlenmesi, kent içi ulaşım sorunlarının azaltılmasında önemli katkılar sunmaktadır. Ancak otopark yer seçimi, mekânsal, ulaşım ve kullanıcıya bağlı faktörlerin birlikte değerlendirilmesini gerektiren karmaşık bir karar verme sürecidir (Jonuzi vd., 2024). Bu sebeple geleneksel yöntemler çoğunlukla uygun otopark yerinin tespitinde yetersiz kalmaktadır. Bu kapsamda, birden çok faktörün değerlendirilmesini ve analizini bilimsel yaklaşımlarla mümkün kılan Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analizlerin kullanımı önemli avantajlar sağlamaktadır.

Literatürde otopark yer seçimi çalışmalarının mekânsal uygunluğun belirlenmesine odaklanan ve Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) tekniklerine dayalı uygunluk analizi yaklaşımları ile talep-arz ilişkisini ulaşım ağı üzerinden değerlendiren Konum-Tahsis (Location–Allocation) yaklaşımları olmak üzere iki ana eksenle ele alındığı görülmektedir. Demir vd. (2021), İstanbul’un dört farklı ilçesini kapsayan bir çalışma bölgesinde, karar vericilerin belirsiz yargılarını da sürece dahil edebilmek amacıyla Bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır (Demir vd., 2021). Jonuzi vd. (2024), Kuzey Makedonya’nın Tetova kentinde yürüttükleri çalışmada arazi kullanımı ve ulaşım ana kriterlerini dikkate alarak AHP destekli CBS analizleri ve Kernel Density haritaları aracılığıyla kent merkezindeki en uygun park alanlarını tespit etmişlerdir (Jonuzi vd., 2024). Aydınoglu vd. (2025), İstanbul’un Pendik ilçesinde yürüttükleri çalışmada ulaşım ve talep kriterlerine dayalı uygunluk haritaları için AHP yöntemini kullanmışlar ve uygun alanların önceliklendirilmesinde TOPSIS ve VIKOR yöntemlerini karşılaştırmalı olarak uygulamışlardır (Aydınoglu vd., 2025). Buna karşılık, Konum-Tahsis yaklaşımını benimseyen çalışmalarda, otoparkların yalnızca fiziksel uygunluğu değil, aynı zamanda talep noktalarına erişim maliyeti de dikkate alınmaktadır. Aydınoglu vd. (2015), belirli bir boyutta gridlere ayrılan çalışma bölgesi içerisinde konut ve işyeri kaynaklı sabit talep ile günlük aktivitelere dayalı dinamik talebi analiz ederek otopark ihtiyacını hesaplamışlardır. Belirlenen talep yoğunluklu bölgeler ağı analizi tabanlı konum-tahsis yöntemiyle değerlendirilmesinin ardından maksimum katılım ve p-medyan algoritmaları ile talebi en yüksek düzeyde karşılayacak otopark konumları belirlenmiştir (Aydınoglu vd., 2015). Bu çalışmalar, otopark planlamasının statik bir alan seçimi probleminden ziyade, kullanıcı erişimini ve mekânsal etkileşimi esas alan dinamik bir karar verme süreci olduğunu ortaya koymaktadır.

Literatür incelendiğinde, otopark yer seçimi problemlerinde talep-arz ilişkisini ve erişilebilirliği bütüncül biçimde değerlendiren Konum-Tahsis temelli çalışmaların sınırlı kaldığı ve mevcut çalışmaların çoğunlukla ilçe düzeyinde yürütüldüğü görülmektedir. Üniversite kampüsleri gibi kendine özgü ulaşım dinamiklerine sahip alanlar için Konum-Tahsis tabanlı otopark yer seçimi çalışmalarının eksikliği dikkat çekmektedir. Bu durum, kampüs ölçeğinde kullanıcı talebi, yaya-araç etkileşimi ve ulaşım ağı ilişkilerini doğrudan dikkate alan planlama yaklaşımlarına duyulan ihtiyaç ortaya koymaktadır. Bu doğrultuda, bu çalışmanın amacı, kampüs içindeki mevcut ve potansiyel otopark alanlarını kullanıcı talep dağılımı ve ulaşım ağı ilişkileri çerçevesinde değerlendirerek, Konum-Tahsis modelleri yardımıyla üniversite kampüsleri için CBS tabanlı bir karar destek yaklaşımı geliştirmektir.

2. MATERİYAL VE METODOLOJİ

2.1. Çalışma Bölgesinin Belirlenmesi

Bu çalışma Kocaeli ili Gebze ilçesinde Gebze Teknik Üniversitesi (GTÜ) kampüsünde gerçekleştirilmiştir. Kampüs, özellikle kuzeyinde bulunan D100 karayolu başta olmak üzere üç farklı giriş kapısı aracılığıyla bireysel araç erişimine sahiptir. Kampüse bireysel araçları ile giriş yapan personel ve öğrenciler, bölüm ve idari binalara, spor alanları ve sosyal tesislere kampüs içerisindeki açık otoparklar üzerinden erişim sağlamaktadır. Şekil 1’de sunulmuş olan çalışma bölgesinin seçiminde, kampüs içerisindeki bireysel araç sahipliğinin giderek artması, mevcut otopark kapasitesinin bazı kesimlerde yetersiz kalması ve buna bağlı olarak yol kenarı parklanmanın yaygınlaşması etkili olmuştur. Bu durum, kampüs içi ulaşım düzenini olumsuz etkilemekte ve otopark planlaması ihtiyacını ortaya koymaktadır. Bu nedenle GTÜ kampüsü, otopark ihtiyacının CBS tabanlı Konum-Tahsis yaklaşımları ile analiz edilmesi açısından uygun ve örnek bir çalışma alanı olarak değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Gebze Teknik Üniversitesi kampüsü

2.2. Veri Altyapısının Oluşturulması

Çalışma kapsamında, Konum-Tahsis analizine temel oluşturacak ulaşım odaklı bir coğrafi veri altyapısı açık veri kaynakları ve gerekli hallerde elle sayısallaştırma aracılığıyla oluşturulmuştur. Kampüs binalarını, otoparklarını, taşıt yollarını ve yaya yollarını temsil eden çizgi ve çokgen veri setleri, CBS yazılımı ArcGIS ortamına aktarılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Gebze Teknik Üniversitesi coğrafi veri katmanları

Coğrafi verilere ek olarak, analizlerde kullanılmak üzere otopark kapasitesi ve bina bazlı araç sahipliği bilgileri öznitelik bilgisi olarak tanımlanmıştır. Otoparkların kapasiteleri, her bir otoparktaki çizgilerle ayrılmış park yerleri dikkate alınarak hesaplanmış ve kapasite değeri olarak kaydedilmiştir. Talebin belirlenmesi amacıyla çokgen veri formatındaki her bir bina için araç sayıları öznitelik bilgisi olarak tanımlanmıştır. Ayrıca çizgi veri tipindeki yaya yolu ağına her bir yol parçasının uzunluğu ve 5 km/h yürüme hızına dayalı yürüme süresi bilgileri eklenmiştir.

2.3. Konum-Tahsis Analizi

Çalışmada, otopark alanlarının minimum yürüme mesafesi ve maksimum kapasite kullanımı sağlayacak şekilde konumlandırılması için Ağ Analizleri (Network Analysis) araçları içerisindeki Konum-Tahsis (Location-Allocation) analizi kullanılmıştır. Konum-Tahsis analizinin amacı, hizmet sunan tesislerin talep noktalarını en verimli biçimde karşılayacak şekilde konumlandırılmasıdır (ESRI, 2024). Bu yaklaşımda, tesisler, talepler ve bu iki bileşen arasındaki maliyetlerin hesaplandığı ağ yapısı olmak üzere üç temel bileşen bulunmaktadır. Tesis bileşeni, konumu optimize edilecek hizmet birimlerini, talep bileşeni, hizmetin kullanıcılarını ve ağ bileşeni, tesis ile talepler arasındaki maliyetleri hesaplayan yol ağını ifade etmektedir (Arifin, 2011).

Çalışma kapsamında Konum-Tahsis analizindeki p-medyan modeli kullanılmıştır. P-medyan modeli, talepler ile en yakın tesis arasındaki talep ağırlıklı toplam maliyeti (mesafe, süre vb.) en aza indirecek şekilde p adet tesisin konumlandırılmasını amaçlamaktadır (Daskin, 2008). P-medyan matematiksel modeli eşitlik (1)'de ifade edilmiştir (Arifin, 2011). Eşitlikte Z amaç

fonksiyonunu, I talep noktasını, J aday tesis konumlarını, a_i talep noktasındaki talep miktarını, d_{ij} aday tesis ile talep noktası arasındaki maliyeti, $x_{ij} \in \{0,1\}$ değişkeni, talep noktasının tesis noktasına atanıp atanmadığını gösteren ikili karar değişkenini ve $y_j \in \{0,1\}$ değişkeni, aday tesis j 'nin açık olup olmadığını gösteren ikili karar değişkenini ifade etmektedir.

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} a_i d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

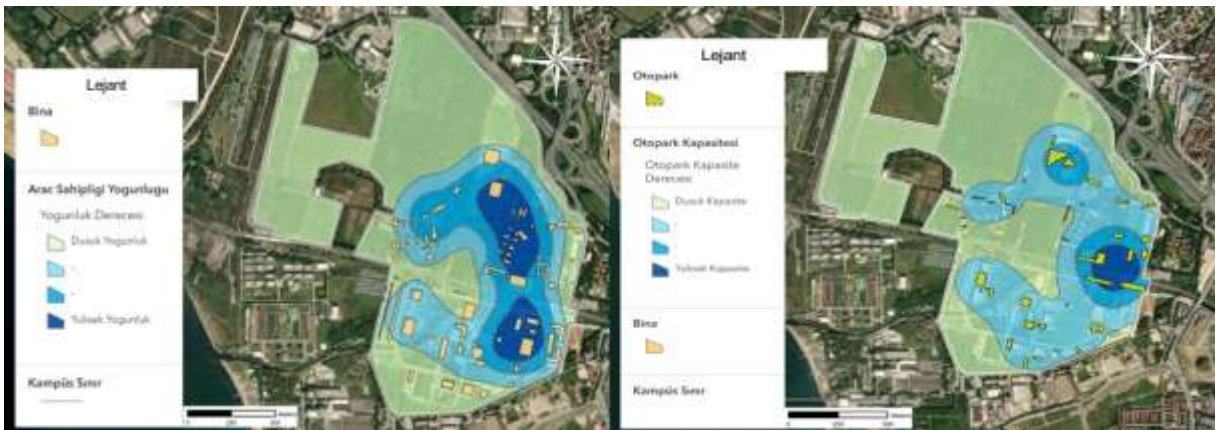
Kısıtlar şu şekildedir:

- Her bir talep noktası, yalnızca açık olan bir tesise atanabilir: $x_{ij} \leq y_j \quad \forall (i,j)$
- Her bir talep noktası mutlaka bir tesise tahsis edilmelidir: $\sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i$
- Model kapsamında yalnızca p adet tesisin açılmasına izin verilmektedir: $\sum_{j \in J} y_j = p$

3. UYGULAMA

3.1. Coğrafi Analizlerin Gerçekleştirilmesi

Çalışma kapsamında, kampüs genelindeki otopark kapasiteleri ve bina bazlı araç sayılarına yönelik yoğunluk dağılımı haritaları ArcGIS yazılımındaki Kernel Density aracı kullanılarak üretilmiştir. Binalara ait araç sayıları verileri kullanılarak üretilen kampüs araç sahipliği yoğunluğu haritası ve otoparklara ait kapasite bilgileriyle üretilen otopark kapasite yoğunluğu haritası Şekil 3'te sunulmaktadır. Yoğunluk haritalarına, ağırlıklı bindirme yöntemi uygulanarak otopark uygunluk haritası oluşturulmuştur. Uygunluk haritası üzerinden yüksek uygunluk gösteren alanlar belirlenerek aday otopark alanları tanımlanmıştır.



Şekil 3. Araç sahipliği ve otopark kapasitesi yoğunluk haritaları

Çalışma kapsamında, Konum-Tahsis analizi için gerekli olan yaya yollarına ait ağ veri tabanı oluşturulmuştur. Birbirine düğüm noktalarıyla bağlı çizgilerle tanımlanmış olan yaya yolları gerçekçi biçimde modellenmiş ve analizlerde kullanılabilir hale getirilmiştir.

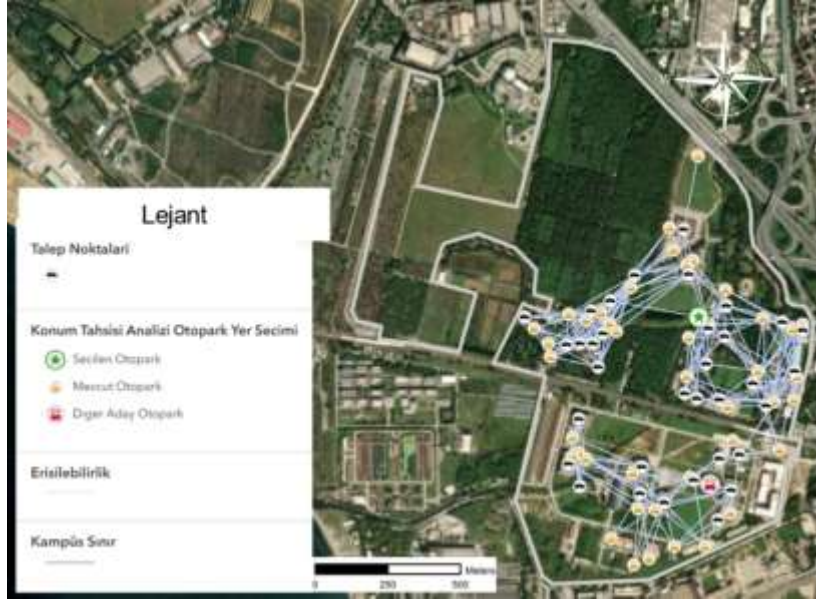
3.2. Konum-Tahsis Analizi ile Aday Otopark Yerlerinin Belirlenmesi

Konum-Tahsis analizi kapsamında, coğrafi analizlerle oluşturulan otopark uygunluk haritası ve bu doğrultuda belirlenen aday otopark konumları Şekil 4'te gösterilmiştir. Analizde talep noktaları olarak kampüs içerisindeki fakülteler, enstitüler ve idari binalar tanımlanmış ve her bir talep noktasına araç sahipliği verileri atanmıştır. Hizmet noktaları ise mevcut otopark alanları ile aday otopark alanlarından oluşturulmuştur.



Şekil 4. Otopark uygunluk haritası ve aday otopark alanları

Talep ve hizmet noktalarının tanımlanmasının ardından, yaya yollarının kullanımıyla Konum-Tahsis analizi çalıştırılmıştır. Bu analiz ile bina bazlı araç sahipliği dağılımı, yaya erişilebilirliği ve otopark kapasiteleri birlikte değerlendirilmiştir. Yaya yolları üzerinden binalardan otoparklara olan erişim maliyetleri ve otopark kapasiteleri dikkate alınarak gerçekleştirilen analiz sonucu Şekil 5'te gösterilmektedir. Şekil 5'te "Secilen Otopark" olarak ifade edilen nokta, Konum-Tahsis analizi sonucunda kampüs içindeki en uygun otopark alanı olarak belirlenmiştir. Seçilen otopark alanı, araç sahipliği dağılımı ve yürüme maliyetinin birlikte optimize edilmesiyle en yüksek talebi ve en düşük maliyeti sağlayacak şekilde belirlenmiştir.



Şekil 5. Konum-Tahsis analizi sonucuna göre seçilen otopark yeri

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, üniversite kampüslerinde artan bireysel araç sahipliği ve buna bağlı olarak ortaya çıkan otopark yetersizliği probleminin çözümüne yönelik olarak, CBS tabanlı Konum-Tahsis analizi kullanılarak kampüs ölçeğinde bütüncül bir karar destek yaklaşımı geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında Gebze Teknik Üniversitesi kampüsü örnek çalışma bölgesi olarak ele alınmış, bina bazlı araç sahipliği, mevcut otopark kapasiteleri ve yaya ulaşım ağı birlikte değerlendirilerek en uygun otopark yeri belirlenmiştir.

Elde edilen bulgular, kampüs içerisindeki araç sahipliği dağılımının mekânsal olarak homojen olmadığını, belirli akademik ve idari birimler çevresinde yoğunlaştığını göstermektedir. Mevcut otopark alanlarının ise bu talep dağılımıyla her bölgede uyumlu olmadığını, bazı alanlarda kapasite fazlası bulunurken bazı bölgelerde yetersiz kaldığı tespit edilmiştir. Konumsal analizler aracılığıyla otopark ihtiyacı olabilecek alanların tespiti ve bu doğrultuda aday otopark alanlarının belirlenmesi sağlanmıştır. En uygun otoparkın belirlenmesi amacıyla uygulanan Konum-Tahsis analizi sonucunda, yaya erişilebilirliği ve talep yoğunluğu dikkate alındığında, kullanıcı erişim maliyetini azaltan ve kampüs genelinde daha dengeli bir otopark hizmeti sunacak otopark yeri belirlenmiştir.

Çalışma sonucunda, özellikle üniversite kampüsleri gibi kendine özgü ulaşım davranışlarına ve yaya-arac etkileşimine sahip alanlarda, Konum-Tahsis modellerinin etkin bir planlama aracı olduğu gösterilmiştir. Gelecek çalışmalar, zamansal talep değişim verilerinin entegrasyonu, farklı Konum-Tahsis modellerinin (maksimum kapsama, kapasite kısıtlı modeller vb.) karşılaştırılması ve çok modlu erişim (araç-yaya-bisiklet) senaryolarının değerlendirilmesi şeklinde genişletilebilir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2024-A-113-09 numaralı ve “Dijital İkiz Coğrafi Veri Altyapısında Yapay Zekâ Teknikleri ile İklim Değişikliğine Yönelik Akıllı Şehir Uygulamalarının Geliştirilmesi” projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Arifin, M. S. (2011). Problem Using Genetic Algorithm and Simulated Annealing: a Case Study Based on School in Enschede. Springer, 55(4), 445–470. <https://essay.utwente.nl/>.
- Aydınoğlu, A. Ç., Şenbil, M., Sağlam, D., Demir, S. (2015). Planning of Parking Places on Transportation Infrastructure by Geographic Information Techniques. 3rd International Istanbul Smart Grid Congress and Fair (ICSG), İstanbul. <https://doi.org/10.1109/sgcf.2015.7354927>.
- Aydınoğlu, A. Ç., Iqbal, A. S., Şişman, S. (2025). Parking suitability and site selection analysis using GIS-Based Multi-Criteria decision analysis techniques: AHP, TOPSIS, and VIKOR – A case study of Pendik District (Istanbul). Iconarp International J of Architecture and Planning. <https://doi.org/10.15320/iconarp.2025.314>.
- Jonuzi, E., Alkan, T., Durduran, S. S., Selvi, H. Z. (2024). Using GIS-supported MCDA method for appropriate site selection of parking lots: The case study of the city of Tetovo, North Macedonia. International Journal of Engineering and Geosciences, 9(1), 86-98. <https://doi.org/10.26833/ijeg.1319605>.
- Daskin, M.S. (2008), What you should know about location modeling. Naval Research Logistics, 55: 283-294. <https://doi.org/10.1002/nav.20284>.
- Dehghani, A., & Soltani, A. (2023). Site Selection of Car Parking with the GIS-Based Fuzzy Multi-Criteria Decision Making. International Journal of Information Technology & Decision Making, 23(02), 715–740. <https://doi.org/10.1142/s0219622023500293>.
- Demir, S., Başaraner, M., & Gümüş, A. T. (2021). Selection of suitable parking lot sites in megacities: A case study for four districts of Istanbul. Land Use Policy, 111, 105731. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105731>.
- Esri, Location-allocation analysis layer, <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/networks/location-allocation-analysis-layer.htm> (Erişim Tarihi: 17/12/2025).

MEKÂNSAL YOĞUNLUK VE YAYA ERİŞİLEBİLİRLİĞİNİN CBS TABANLI ANALİZİ: AKILLI ŞEHİR YAKLAŞIMIYLA GTÜ KAMPÜSÜ UYGULAMASI

Arif Çağdaş AYDINOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü/ Harita Mühendisliği Böl., 41400 Kocaeli

ORCID: 0000-0003-4912-9027

Ali Doğan GÜMÜŞSOY

Gebze Teknik Üniversitesi Ulaşım Teknolojileri Enstitüsü, 41400 Kocaeli

ORCID: 0009-0003-3234-3585

ÖZET

Akıllı şehir yaklaşımı, kentsel hizmetlerin planlanması ve yönetiminde erişilebilirliğin artırılması, kullanıcı yoğunluklarının dengelenmesi ve mekânsal kaynakların daha verimli kullanılması amacıyla veri temelli karar destek süreçlerini esas almaktadır. Üniversite kampüsleri; öğrenci, akademik ve idari personel yoğunluğu, yaya hareketliliği ve hizmet alanlarının mekânsal dağılımı bakımından şehir ölçeğinin küçültülmüş birer modeli niteliği taşımakta olup, akıllı şehir uygulamalarının test edilebileceği uygun alanlar olarak öne çıkmaktadır.

Bu çalışma, akıllı şehir yaklaşımı çerçevesinde üniversite kampüsünde kullanıcı yoğunlukları dikkate alınarak yeme-içme tesislerine yaya erişilebilirliğinin Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı analizler ile değerlendirilmesini amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, kampüs içerisindeki öğrenci, akademik ve idari personel ile araç sahipliği verileri kullanılarak mekânsal yoğunluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Kullanıcı dağılımları, yoğunluk çözümleme yöntemi ile modellenerek kampüs genelindeki yoğunluk desenleri ortaya konulmuştur.

Yaya yolları, binalar ve yeme-içme tesislerine ait mekânsal veriler kullanılarak ağ tabanlı en yakın tesis analizleri uygulanmış, her bir binanın en yakın yeme-içme tesisine olan yürüme mesafeleri hesaplanarak erişilebilirlik düzeyleri haritalanmıştır. Elde edilen bulgular, bazı bölgelerde kullanıcı yoğunluğu yüksek olmasına rağmen yeme-içme tesislerine yaya erişiminin yetersiz kaldığını göstermektedir. Çalışma, kampüslerin sürdürülebilir, erişilebilir ve kullanıcı odaklı mekânsal planlama açısından önemli birer uygulama alanı sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Şehir, Erişilebilirlik, CBS, Mekânsal Yoğunluk

GIS-BASED ANALYSIS OF SPATIAL DENSITY AND PEDESTRIAN ACCESSIBILITY: A SMART CITY APPROACH THROUGH THE GTU CAMPUS CASE STUDY

ABSTRACT

The smart city approach is based on data-driven decision support processes aimed at increasing accessibility in the planning and management of urban services, balancing user densities, and ensuring more efficient use of spatial resources. University campuses, in terms

of student, academic, and administrative staff densities, pedestrian mobility, and the spatial distribution of service areas, represent scaled-down models of urban environments and thus emerge as suitable settings for testing smart city applications.

This study aims to evaluate pedestrian accessibility to food and beverage facilities within a university campus by considering user density patterns through Geographic Information Systems–based analyses within the framework of the smart city approach. In this context, spatial density analyses were conducted using data on students, academic and administrative staff, and vehicle ownership within the campus. User distributions were modeled using density analysis techniques to reveal overall spatial density patterns across the campus.

Network-based closest facility analyses were applied using spatial data on pedestrian pathways, buildings, and food and beverage facilities. Walking distances from each building to the nearest food and beverage facility were calculated, and accessibility levels were mapped accordingly. The findings indicate that, despite high user density in certain campus areas, pedestrian accessibility to food and beverage facilities remains insufficient. The study demonstrates that university campuses constitute important application areas for sustainable, accessible, and user-oriented spatial planning.

Keywords: Smart City, Accessibility, Geographic Information Systems, Spatial Density

1. GİRİŞ

Günümüzde hızla gelişen Bilgi ve Teknolojileri (ICT), kentlerin daha etkin ve bütüncül şekilde yönetilmesine olanak tanıyarak akıllı şehirler kavramının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Mora vd., 2017). Akıllı şehir yaklaşımı, veri odaklı karar destek mekanizmaları aracılığıyla kentsel hizmetlerin planlanması ve yönetimi mümkün hale getirmekte ve bu sayede kentsel donatıların erişilebilirliğini artırırken mekânsal kaynakların daha verimli kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Kent nüfusunun kentsel donatılara eşit ve adil biçimde erişebilmesi, yaşam kalitesinin yükseltilmesinde ve sosyal anlamda sürdürülebilirliğin sağlanmasında temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Erişilebilirlik, en genel tanımıyla belirli bir coğrafi birimden hedeflenen bir altyapı veya hizmete ulaşım olarak ifade edilebilmektedir. Günümüzde mekânsal veri çeşitliliğinin artması ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı analiz araçlarının gelişmesiyle birlikte, erişilebilirlik analizleri literatürde giderek daha yaygın biçimde kullanılmaktadır (Cracu et al., 2024). Özellikle yaya erişimine dayalı mekânsal göstergelerin CBS ile izlenmesi, kentsel tasarım ve ulaşım politikalarına yönelik müdahalelerin etkilerinin değerlendirilmesine olanak tanımakta ve sürdürülebilir şehirlerin oluşturulmasına önemli katkılar sağlamaktadır.

Literatürde, CBS teknikleri ile mekânsal erişilebilirliğin farklı kentsel hizmetler bağlamında ele alındığı çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Yang vd. (2006), sağlık hizmetlerine mekânsal erişilebilirliği ölçmek amacıyla mekânsal yoğunluk temelli yaklaşımları ve yol ağına dayalı seyahat sürelerini dikkate alan yöntemleri karşılaştırmışlardır. Hizmet yetersizliği olan bölgelerin haritalanmasında ve sonuçların yorumlanmasında yol ağı tabanlı seyahat süreleri yaklaşımının daha tutarlı ve güvenilir olduğu sonucuna varmışlardır (Yang vd., 2006). Gutting vd. (2021), kentsel dönüşüm alanlarında sosyal sürdürülebilirliğin temel bileşenlerinden olan market, sağlık tesisi, yeşil alan ve sağlık gibi temel hizmetlere erişimi değerlendirmek için düşük veri gereksinimi duyan, nüfus odaklı bir yöntem geliştirmişlerdir (Gutting vd., 2021). Wang vd. (2021), ağ tabanlı analizlerle kentsel parklara olan erişilebilirliği mekânsal yakınlık yaklaşımına dayalı biçimde değerlendirmişlerdir (Wang vd., 2021). Petre vd. (2025) ise devlet lise düzeyi okullara yönelik mekânsal erişilebilirliği açık veri kaynaklarından aldıkları yol ağı verilerini ve bölgede yaşayan öğrenci sayılarını kullanarak ulusal ölçekte değerlendirmek ve eğitimdeki kentsel-kırsal farkları somut verilerle ortaya koymayı amaçlamışlardır (Petre vd., 2025).

Literatür incelendiğinde, CBS tabanlı erişilebilirlik analizlerinin ağırlıklı olarak kent ölçeğinde ele alındığı görülmektedir. Buna karşılık, kent fonksiyonlarının daha küçük bir alanda toplandığı, eğitim, sosyal etkileşim ve günlük yaşam faaliyetlerinin bir arada gerçekleştiği kampüs düzeyinde yapılan çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Gebze Teknik Üniversitesi (GTÜ) kampüsü örneğinde, CBS tabanlı mekânsal yoğunluk analizleri gerçekleştirmek ve kampüs içerisindeki binaların yeme-içme tesislerine olan yürüme mesafesine dayalı erişim düzeylerini belirlemektir. Çalışma, kampüs içerisindeki mekânsal hizmet dağılımının değerlendirilmesine katkı sunmayı ve akıllı şehir yaklaşımı kapsamında mikro ölçekte erişilebilirlik analizlerinin önemini ortaya koymayı hedeflemektedir.

2. MATERYAL VE METODOLOJİ

2.1. Çalışma Bölgesi ve Coğrafi Veri Seti

Çalışma kapsamında coğrafi analizlerde kullanılacak veriler, açık veri kaynaklarından elde edilmiş ve gerekli durumlarda elle sayısallaştırma yöntemleri ile üretilmiştir. Kampüs içerisindeki yaya yolları, binalar ve yeme-içme tesislerine ait konumsal bilgileri içeren veri seti, Ağ Analizleri (Network Analysis) ile gerçekleştirilecek analizlerde kullanılmıştır. Çalışma bölgesini oluşturan GTÜ kampüs sınırları ve analizlerde kullanılacak coğrafi veri setlerinin mekânsal dağılımı Şekil 1’de bulunan harita üzerinde sunulmuştur.



Şekil 1. Kampüs sınırları ve coğrafi veriler

Şekil 1’de görüldüğü üzere, yeme-içme tesislerinin belirli bir bölgede yoğunlaşmaktayken, bazı bina grupları bu tesislere daha uzak konumlarda yer almaktadırlar. Bu mekânsal yapı, kampüs içerisindeki erişim düzeylerinin bina bazında farklılaşmasına neden olmaktadır. Bu kapsamda oluşturulan veri seti, kampüs ölçeğinde yaya erişilebilirliğinin ve mekânsal hizmet dağılımının değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

2.2. En Yakın Tesis Analizi

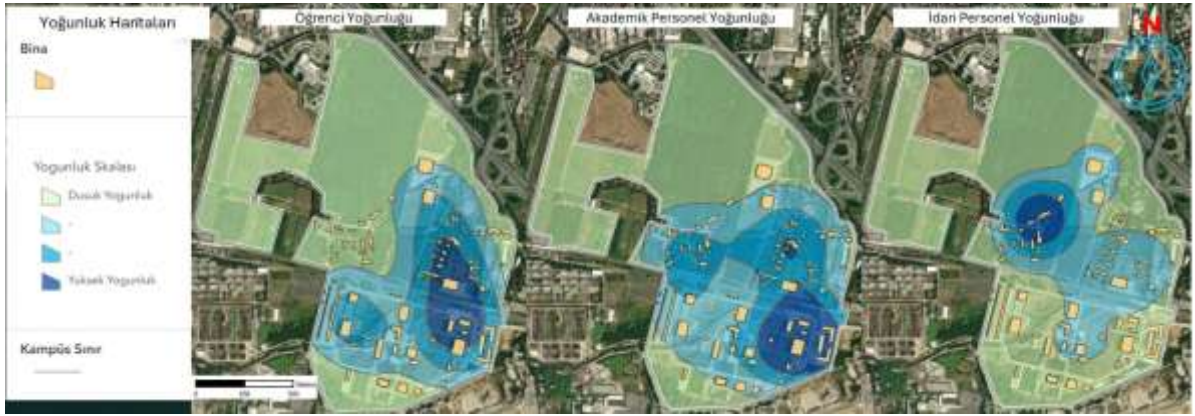
En Yakın Tesis (Closest Facility) analizi, olaylar ve tesisler olarak tanımlanan noktalar arasındaki seyahat maliyetini ölçerek her bir olay noktası için en yakın tesisin eşleştirilmesi sağlamaktadır (Esri, 2025). Bu yöntem, yol ağı yapısını, bağlantılarını ve tanımlanan seyahat türünü dikkate alarak en uygun güzergahları hesaplamaktadır. Analiz çıktıları, olay ve tesis eşleşmeleri ile bu güzergahlara ait seyahat mesafesi ve süresi gibi ölçütleri içermektedir. Bu çalışma kapsamında kampüs içerisindeki binalar olay noktalarını, yeme-içme tesisleri ise tesis noktaları olarak tanımlanmıştır.

En Yakın Tesis analizi, kampüs ölçeğinde yaya hareketliliğinin gerçekçi biçimde temsil edilmesine olanak tanınması ve hizmetlere erişimde mekânsal yakınlığı ortaya koyması yetenekleri sebebiyle seçilmiştir. Böylece hizmet dağılımının mekânsal yeterliliğinin yaya odaklı biçimde değerlendirilmesi mümkün hale gelmiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Mekânsal Yoğunluk Analizlerinin Gerçekleştirilmesi

Kampüs içerisindeki idari ve fakülte binaları için tanımlanan öğrenci, akademik personel ve idari personel sayıları ile araç sahipliği verileri, Kernel Density analizinde kullanılarak mekânsal yoğunluk haritaları üretilmiştir. Bu analiz ile kampüs genelinde farklı kullanıcı gruplarının mekânsal dağılımları ve yoğunlaşma eğilimleri ile bu kullanıcı gruplarının araç sahipliği ortaya konmuştur. Şekil 2’de bulunan öğrenci yoğunluğu haritası incelendiğinde, kampüsün doğu kısmındaki fakülte binaları çevresinde öğrenci yoğunluğunun belirgin biçimde arttığı görülmektedir. Öğrenci yoğunluğunun yüksek olduğu bu alanlarda akademik personel yoğunluğunun da benzer bir mekânsal örüntü sergilediği görülmüştür. İdari personel yoğunluğu haritası incelendiğinde ise idari personelin ağırlıklı olarak kampüsün merkezi bölümünde yer alan rektörlük binası ve çevresinde yoğunlaştığı görülmektedir.



Şekil 2. GTÜ kampüsü öğrenci, akademik personel ve idari personel mekânsal yoğunluk haritaları

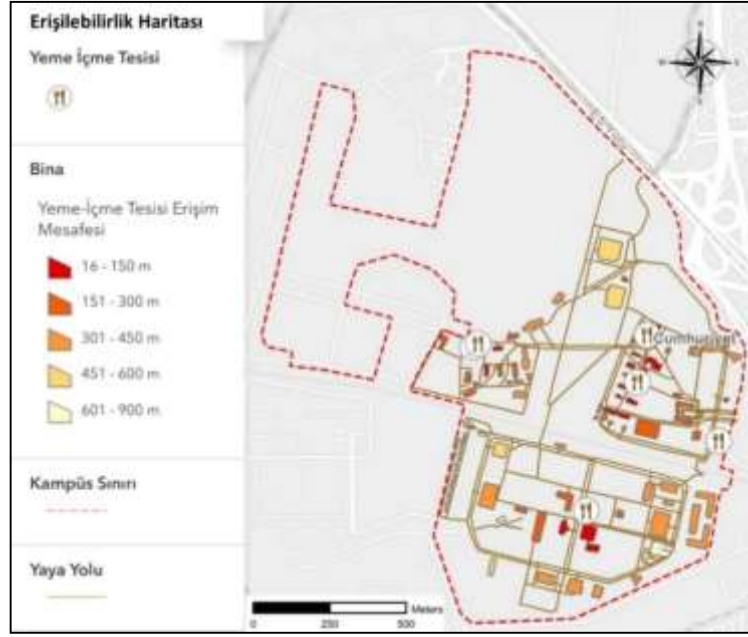
Şekil 3’te, binalara atanmış araç sahipliği verilerine yönelik uygulanan yoğunluk analizi çıktısı bulunmaktadır. Şekil 3 incelendiğinde öğrenci ve akademik personel yoğunluğuyla benzer şekilde araç sahipliğinin de aynı bölgelerde yoğunlaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 3. GTÜ araç sahipliği yoğunluğu haritası

3.2. En Yakın Tesis Analizinin Uygulanması

En Yakın Tesis analizinin uygulanabilmesi amacıyla öncelikle çizgi veri formatındaki yaya yolları, ArcGIS ortamında ağ veri seti oluşturularak yaya ulaşım ağı modeli haline getirilmiştir. Kampüs içerisindeki yemekhane, restoran ve kafelerin tümünü içeren yeme-içme alanları analizde kullanılmak üzere tesis olarak tanımlanmıştır. Diğer tüm binalar ise yayaların yolculuğa başladıkları olay (başlangıç) noktası olarak tanımlanmıştır. Tanımlamaların ardından En Yakın Tesis Analizi çalıştırılmış ve her bir binadan en yakın yeme-içme tesisine olan yürüme mesafeleri hesaplanmıştır. Her bir bina için hesaplanan yürüme mesafesi değerleri bina katmanına öznitelik bilgisi olarak kaydedilmiş ve erişilebilirlik haritası oluşturulmuştur (Şekil 4). Erişilebilirlik haritası, binaları yeme-içme tesislerine olan yaya erişim mesafelerine göre sınıflandırarak kampüs içerisindeki mekânsal erişim farklılıklarını görselleştirmektedir.



Şekil 4. GTÜ yeme-içme tesisleri erişilebilirlik haritası

Analiz sonuçları incelendiğinde, kampüs içerisindeki binaların yeme-içme tesislerine yaya erişim mesafeleri bakımından belirgin farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Binaların yeme-içme tesislerine yaya erişim mesafesi bakımından dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, binaların önemli bir bölümünün 300 metre ve altındaki yürüme mesafelerinde konumlandığı, kayda değer diğer bir kısmının ise 600 metre ve üzerindeki yürüme mesafelerinde yer aldığı görülmektedir.

Tablo 1. Binaların erişim mesafelerine göre dağılımı

Bina Sayısı	Erişim Mesafesi	Yüzde
20	<150 metre	17%
32	151 - 300 metre	27%
24	301 - 450 metre	21%
12	451 - 600 metre	10%
29	601 - 900 metre	25%

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen mekânsal yoğunluk ve En Yakın Tesis analizleri, GTÜ kampüsü içerisindeki öğrenci ve personel dağılımı ve araç sahipliği ile yeme-içme tesislerinin erişilebilirliğinin arasındaki ilişkinin ortaya konmasını sağlamıştır. Bu kapsamda öğrenci, akademik personel ve idari personel yoğunluklarının mekânsal dağılımı, kampüs içerisindeki potansiyel hizmet talebinin hangi bölgelerde yoğunlaştığını göstermektedir.

Kernel Density analizi sonuçlarına göre, kampüsün özellikle doğu ve güney kesimlerinde öğrenci ve akademik personel yoğunluğunun ve merkezi kısımlarda ise idari personel yoğunluğunun yüksek olduğu belirlenmiştir. Araç sahipliği için de benzer bir mekânsal örüntü görülmüştür. Bu durum farklı grupların mekânsal olarak homojen dağılmadığını ve hizmet

talebinin kampüsün belirli alanlarında yoğunlaştığını ortaya koymaktadır. En Yakın Tesis analizi sonuçları incelendiğinde ise kampüs genelinde bazı yüksek yoğunluklu alanların yeme-içme tesislerine genelde daha kısa yürüme mesafelerine sahip olduğu, ancak özellikle kampüsün güneybatı kesiminde hem öğrenci hem de personel yoğunluğunun bulunduğu alanlarda erişim mesafelerinin daha uzun olduğu tespit edilmiştir.

Elde edilen bulgular, mevcut yeme-içme tesislerinin mekânsal dağılımının, kampüs içerisindeki kullanıcı yoğunluklarıyla her bölgede örtüşmediğini ortaya koymaktadır. Güneybatı bölgesinde planlanacak yeni bir yeme-içme tesisinin, bu alandaki yüksek kullanıcı potansiyeline daha iyi hizmet ederek yaya erişim mesafelerini azaltacağı ve kampüs genelinde erişilebilirliği dengeleyeceği öngörülmektedir.

Bu çalışma ile GTÜ kampüsü genelinde kullanıcı yoğunlukları, araç sahipliği dağılımı ve yeme-içme tesislerine yaya erişilebilirliği mekânsal olarak analiz edilmiş, erişim açısından güçlü ve zayıf bölgeler bütüncül yaklaşımla belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, kampüs planlaması ve hizmet alanı yer seçimi gibi süreçlerde karar vericilere mekânsal temelli karar destek altyapısı sunmaktadır. Ayrıca çalışma, üniversite kampüslerinin daha yaşanılabilir, erişilebilir ve kullanıcı odaklı mekanlar haline getirilmesine yönelik planlama çalışmalarına katkı sağlamaktadır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma 2024-A-113-09 numaralı ve “Dijital İkiz Coğrafi Veri Altyapısında Yapay Zekâ Teknikleri ile İklim Değişikliğine Yönelik Akıllı Şehir Uygulamalarının Geliştirilmesi” projesi kapsamında desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- Cracu, G., Schvab, A., Prefac, Z., Popescu, M., Sîrodoev, I. (2024). A GIS-based assessment of pedestrian accessibility to urban parks in the city of Constanța, Romania. *Applied Geography*, 165, 103229. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2024.103229>.
- Esri, Network Analyst solvers. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/networks/network-analyst-solver-types.htm>. [Erişim Tarihi: 15.12.2025].
- Gutting, R., Gerhold, M., Rößler, S. (2021). Spatial accessibility in urban Regeneration Areas: A Population-Weighted Method assessing the social amenity provision. *Urban Planning*, 6(4), 189–201. <https://doi.org/10.17645/up.v6i4.4425>.
- Mora, H., Gilart-Iglesias, V., Pérez-del Hoyo, R., Andújar-Montoya, M. D. (2017). A Comprehensive System for Monitoring Urban Accessibility in Smart Cities. *Sensors*, 17(8), 1834. <https://doi.org/10.3390/s17081834>.
- Petre, A. A., Dumitrache, L., Mareci, A., Cioclu, A. (2025). The Urban–Rural Education Divide: A GIS-Based assessment of the spatial accessibility of high schools in Romania. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 14(5), 183. <https://doi.org/10.3390/ijgi14050183>.
- Wang, S., Wang, M., Liu, Y. (2021). Access to urban parks: Comparing spatial accessibility measures using three GIS-based approaches. *Computers Environment and Urban Systems*, 90, 101713. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2021.101713>.



Yang, D., Goerge, R., Mullner, R. (2006). Comparing GIS-Based methods of measuring spatial accessibility to health services. *Journal of Medical Systems*, 30(1), 23–32.
<https://doi.org/10.1007/s10916-006-7400-5>.

**YONCALI BARAJI (MALATYA) İSALE TÜNELİ GÜZERGÂHINDAKİ
BAZALTİK KAYA KÜTLESİNİN KAZILABİLME ÖZELLİKLERİ****Zülfü GÜROCAK**

Firat University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, 23119 Elazığ

ORCID: 0000-0002-1049-9346**ÖZET**

Tünelcilik projelerinde kaya kütlelerinin kazılabilme özelliklerinin gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesi, güvenilir maliyet tahmini ve etkin tasarım açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, kaya kütlelerinin kazılabilirliğini jeolojik, jeomekanik ve mühendislik parametrelerine dayalı olarak sınıflandırmak amacıyla çok sayıda görgül yaklaşım geliştirilmiştir. Bu yaklaşımların temel amacı, tasarım aşamasında kazı sınıflarını belirleyerek, uygun kazı yöntemlerinin seçilmesine ve inşaat başlanmadan önce kazı maliyetlerinin öngörülmesine olanak sağlamaktır. Bu çalışmanın amacı, Malatya ili Arguvan ilçesinde yapımı devam eden Yoncalı Barajı isale tüneli güzergâhı boyunca yer alan bazaltik kaya kütlelerinin kazılabilme sınıflarını belirlemektir. Tünel güzergâhı; bazalt, aglomera, şeyl, dasit, marn ve kireçtaşı gibi çeşitli litolojik birimleri kesmektedir. Bu birimler arasında bazaltlar, kazının en uzun mesafede gerçekleştirileceği baskın litolojik birimi oluşturduğundan, çalışmanın odak noktası olarak seçilmiştir. Çalışma kapsamında kapsamlı arazi ve laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür. Arazi çalışmalarında, bazaltlar içerisindeki süreksizliklerin mühendislik özellikleri belirlenmiş, jeofizik etütler gerçekleştirilmiş ve laboratuvar deneyleri için karot örnekleri alınmıştır. Laboratuvar çalışmalarında ise kaya malzemesinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. Bu çalışmalardan elde edilen verilere dayanarak bazaltlar için kaya kütlesi sınıflamaları yapılmış ve ardından görgül yaklaşımlar kullanılarak kazılabilme sınıfları değerlendirilmiştir. Bu çalışmada toplam 17 farklı görgül kazılabilirlik sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, tünel güzergâhı boyunca yer alan bazaltların genel olarak Orta Zor ile Zor/Çok Zor kazılabilirlik sınıflarında yer aldığını göstermektedir. Buna bağlı olarak, bazaltik kaya kütlelerinin kazılmasında mekanik kazı yöntemlerinin yeterli olmadığı ve delme-patlatma yönteminin kullanılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bazalt, kaya kütlesi, kazılabilme sınıfı, tünelcilik, Yoncalı barajı**THE EXCAVABILITY CHARACTERISTICS OF BASALTS ALONG THE ROUTE
OF THE YONCALI DAM (MALATYA) WATER TRANSMISSION TUNNEL
ABSTRACT**

In tunneling projects, a realistic assessment of the excavatability of rock masses is essential for reliable cost estimation and efficient design. Consequently, numerous empirical approaches have been developed to classify rock mass excavatability based on geological, geomechanical, and engineering parameters. The primary objective of these approaches is to

identify excavation classes during the design stage, thereby enabling the selection of appropriate excavation methods and the prediction of excavation costs prior to construction. The present study aims to determine the excavatability classes of basaltic rock mass along the alignment of the Yoncalı Dam water conveyance tunnel, which is currently under construction in the Arguvan District of Malatya Province, Türkiye. The tunnel route intersects several lithological units, including basalt, agglomerate, shale, dacite, marl, and limestone. Among these units, basalts constitute the dominant formation over the longest excavation length and were therefore selected as the focus of this investigation. Comprehensive field and laboratory studies were conducted. Field investigations included the determination of the engineering properties of discontinuities within the basalts, geophysical surveys, and the collection of core samples for laboratory testing. Laboratory analyses were performed to determine the physical and mechanical properties of the intact rock material. Based on the data obtained from these investigations, rock mass classification systems were applied to the basalt units, and their excavatability classes were subsequently evaluated using empirical approaches. A total of 17 different empirical excavatability classification methods were employed in this study. The results indicate that the basalts along the tunnel alignment generally fall within the Moderate Hard to Hard/Very Hard excavatability classes. Accordingly, it was concluded that mechanical excavation is not sufficient and that drilling and blasting method is required for the excavation of the basaltic rock mass.

Keywords: Basalt, rock mass, excavability class, tunneling, Yoncalı dam

1. GİRİŞ

Artan enerji, ulaşım ve su ihtiyacı, dünya genelinde olduğu gibi Türkiye’de de son yıllarda tünelticilik uygulamalarında önemli bir artışa neden olmuştur. Proje sayısındaki bu artışa paralel olarak, planlanan tünel projelerinin ölçek ve karmaşıklıklarının da belirgin biçimde büyüdüğü görülmektedir. Bu durum, yeraltı mühendisliği çalışmalarının projelendirilmesinde daha ayrıntılı, güvenilir ve gerçekçi yöntemlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Özellikle tünelticilik projelerinde, tünel güzergâhı boyunca yer alan kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerinin doğru ve kapsamlı bir şekilde belirlenmesi; hem yapısal güvenliğin sağlanması hem de proje maliyetlerinin kontrol altında tutulması açısından kritik öneme sahiptir. Tünel güzergâhında gerçekleştirilecek detaylı jeolojik ve jeoteknik çalışmalar sayesinde, kazı sırasında uygulanacak uygun kazı yöntemi ile gerekli destekleme sistemleri önceden belirlenebilmekte; böylece olası duraysızlıkların önüne geçilerek projelerin uygulanabilirliği ve sürdürülebilirliği artırılmaktadır.

Kazılabilirlik, Ceylanoğlu vd. (2007) tarafından, kayaçların bulundukları ortamdan kazı ekipmanları yardımıyla ne ölçüde koparılabildiğini ifade eden göreceli bir kavram olarak

tanımlanmaktadır. Sökülebilirlik ise, kayaçların ripirli dozer kullanılarak ne ölçüde sökülüp parçalanabildiğini tanımlayan bir diğer göreceli ölçüt olarak değerlendirilmektedir. Yeraltı ve yerüstü kazı çalışmalarında, uygun kazı yönteminin ve kazı ekipmanının seçilmesinde en kritik faktör, kayaçların kazılabilirlik ve sökülebilirlik özelliklerinin doğru bir şekilde belirlenmesidir.

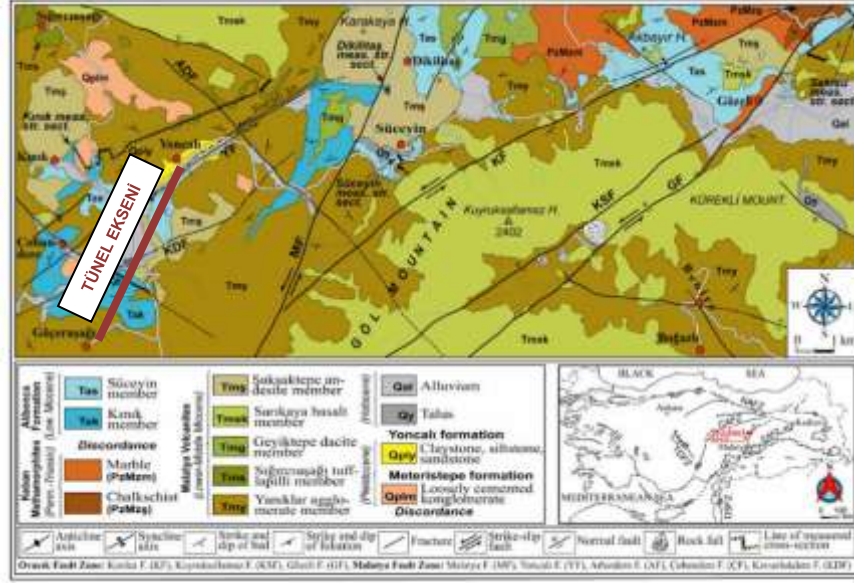
Bu gereksinim doğrultusunda, birçok araştırmacı kayaçların malzeme özellikleri ve kaya kütlesi karakteristiklerinden yararlanarak, ön tasarım aşamasında kullanılmak üzere çeşitli ampirik kazılabilirlik ve sökülebilirlik sınıflama sistemleri geliştirmiştir (Franklin vd., 1971; Atkinson, 1971; Bailey, 1974; Weaver, 1975; Kirsten, 1982; Abdullatif ve Cruden, 1983; Scoble ve Müftüoğlu, 1983; Singh vd., 1986; Smith, 1986; Bozdağ, 1988; Paşamehmetoğlu vd., 1988; Karpuz, 1990; Pettifer ve Fookes, 1994; Hoek ve Karzulovic, 2000; Ceylanoğlu vd., 2007; Tsiambaos ve Saroglou, 2009). Geliştirilen bu kazılabilirlik ve sökülebilirlik sınıflama sistemleri, günümüze kadar pek çok araştırmacı tarafından farklı mühendislik projelerinde başarıyla uygulanmıştır (Bozdağ, 1988; Kentli ve Topal, 2004; Gürocak vd., 2008; Alemdağ vd., 2011; Kaya vd., 2011; Gürocak ve Yalçın, 2016).

Bu çalışmada, Malatya ili Arguvan ilçesi sınırları içerisindeki Yoncalı Barajı isale tüneli güzergâhında yer alan bazaltların kazılabilirlik sınıflarının belirlenmesi amacıyla kapsamlı arazi ve laboratuvar çalışmaları yürütülmüştür. Elde edilen veriler, literatürde yaygın olarak kullanılan 17 farklı ampirik kazılabilirlik sınıflama sistemi kapsamında değerlendirilmiş; bazaltlar için genel kazılabilirlik sınıfları ortaya konulmuştur.

2. TÜNEL GÜZERGAHI VE ÇEVRESİNİN JEOLJİSİ

Tünel güzergâhının yer aldığı Malatya ili Arguvan ilçesi ve yakın çevresinin jeolojisi pek çok araştırmacı tarafından incelenmiş olup yapılan bu çalışmalarda Paleozoyik'ten başlayarak Senozoyik'e kadar değişen yaşlara sahip formasyonların yüzeyletiği ortaya konulmuştur. Tünel güzergâhı ve yakın çevresinde yüzeyleme veren formasyonlar yaşlıdan gence doğru aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür (Şekil 1). Bölgede tabanda Alt Triyas - Alt Permien yaşlı meta-kumtaşı, meta-fillit, kalkfilit, kalkşist, kristalize kireçtaşı ve mermer litolojisinden oluşan Keban Metamorfikleri yer almaktadır. Bu metamorfikler üzerine bölgede yüzeyleme vermeyen ancak araştırma sondajlarında kesilen ve uyumsuz olarak Keban Metamorfikleri üzerine gelen kumtaşı-şeyl-kiltaşı litolojisindeki Üst Kretase yaşlı Hekimhan Formasyonu gelmektedir. Hekimhan Formasyonu üzerine uyumsuz olarak Alt Miyosen yaşlı konglomera, kumtaşı, siltaşı, marn ve kireçtaşı litolojisindeki Alibonca Formasyonu gelmektedir. Bölgede en geniş yüzeylemeye sahip formasyon Orta-Üst Miyosen yaşlı karasal özellikteki Malatya (Yamadağ) Volkanitleri'dir. Bu volkanitler dasit, bazalt, aglomera ve tüfitlerden oluşmaktadır. Bölgede yüzeyleyen birimleri uyumsuz olarak çakıltası ile ara katmanlar

halindeki kumtaşı ve çamurtaşlarından oluşan Pliyo-Kuvaterner yaşlı Meteristepe Formasyonu ve yine aynı yaşlı kumtaşı, silttaşı ve kiltası litolojisindeki Yoncalı Formasyonu örtmektedir. Çalışma alanındaki en genç birimler yamaçlarda yüzeyleme veren köşeli tutturulmamış blok, çakıl, kum ve silt boyutundaki güncel yamaç molozu ve dere yataklarında yüzeyleme veren tutturulmamış, yuvarlaklaşmış blok, çakıl, kum ve silt boyutundaki güncel alüvyonlardır.



Şekil 1. Çalışma alanı ve yakın çevresinin jeoloji haritası (Sönmez ve Aksoy, 2017) Yoncalı Barajı isale tüneli kazısı Hekimhan Formasyonu, Alibonca Formasyonu ve Malatya Volkanitlerine ait kaya kütlelerinde yapılmıştır. Bu çalışmada Malatya Volkanitleri'ne ait olan bazaltların kazılabilme özellikleri incelenmiştir.

3. JEOTEKNİK ÇALIŞMALAR

Sondaj verileri dikkate alınarak yapılan hesaplama göre tünel kazısı Malatya Volkanitleri'ne ait bazalt, dasit, aglomera ve tüfler, Hekimhan Formasyonu'na ait şeyler, Alibonca Formasyonu'na ait marn ve kireçtaşları içerisinde yapılacaktır. Bazaltlar içerisinde yapılacak olan kazı ise toplam 4326 m'dir ve en uzun kazı bazaltlarda yapılmıştır.

Bazaltların kazılabilme özelliklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen jeoteknik çalışmalar; süreksizliklerin mühendislik özelliklerinin belirlenmesi, jeoteknik amaçlı sondajlara ait karotların incelenmesi ve jeofizik çalışmaları kapsayan arazi çalışmaları, laboratuvar çalışmaları ve büro çalışmaları olmak üzere üç aşamada gerçekleştirilmiştir. Süreksizliklerin mühendislik özellikleri hat etüdü yöntemi kullanılarak belirlenmiş, araştırma sondajlarından elde edilen karot örneklerinde RQD (Kaya Kalite Göstergesi) belirlenmiş (Tablo 1), laboratuvar da kaya malzemesinin fiziksel, mekanik ve elastik özelliklerini belirlemek için laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Arazi çalışmaları sırasında tünel güzergahındaki kaya kütlelerinin dinamik özelliklerini belirlemek amacıyla jeofizik

çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm veriler kullanılarak bazaltlar için RMR Bieniawski (1989), Q Barton vd. (1974) ve GSI Marinos vd. (2007) kaya kütle sınıflamaları yapılmıştır. Bu çalışmalara ait sonuçlar Tablo2’de verilmiştir.

Tablo 1. Bazaltların içerdiği süreksizliklerin mühendislik özellikleri (Erdem, 2018)

Süreksizlik Özelliği		Jeomekanik ve Sismik Özellikler	
Tip	Eklem	Birim Hacim Ağırlık kN/m ³	24.30
Ana yönelimler	192/78, 3/71, 287/67	Tek Eksenli Sıkışma Dayanımı MPa	48.63
Aralık	20 cm	Nokta Yüğü Dayanım İndeksi MPa	2.88
Açıklık	1-2 mm	Schmidt Sertliği	22
Devamlılık	3-10m	Elastisite Modülü GPa	40.65
Pürüzlülük	Az pürüzlü	Poison Oranı	0.35
Dolgu	Kil	RQD %	30
Bozunma	Orta	P Dalga Hızı m/sn	3653
Su durumu	Nemli	S Dalga Hızı m/sn	1941

Tablo 2. Bazaltların kaya kütle sınıflamaları (Erdem, 2018)

Aralık (km)	0+000 – 2+488	3+141 – 3+579	4+426 – 5+826
RMR Puanı	37.8 Orta Kaya	31.8 Zayıf Kaya	44.5 Orta Kaya
Q Puanı	1.08 Zayıf Kaya	0.63 Çok Zayıf Kaya	1.83 Zayıf Kaya
GSI	32.5 Bloklu / Örselenmiş	24.0 Parçalanmış	41.5 Çok Bloklu

4. KAZILABİLİRLİK SINIFLAMALARI

Kaya kütlelerinin kazılabilirliğini belirlemek amacıyla günümüze değin birçok araştırmacı, kayaların malzeme ve kütle özelliklerinden yola çıkarak kazılabilirliği belirlemeye yönelik ön tasarım amaçlı birçok ampirik sınıflama sistemi geliştirmiştir (Bailey 1974; Church 1981; Abdullatif ve Cruden 1983; Hoek ve Karzulovic 2000; Tsiambaos ve Saroglou 2009; Weaver 1975; Kirsten 1982; Smith 1986; Paşamehmetoğlu vd. 1988; Karpuz 1990; Hadjigeorgiou ve Poulin 1998; Başarır ve Karpuz 2004; Ceylanoglu vd. 2007).

Gürocak ve Yalçın (2016) yaptıkları çalışmada, farklı araştırmacılar tarafından önerilen ve geniş bir kullanım alanı bulan bu sınıflamalarda kullanılan girdi parametrelerini irdelemişler ve bu parametreleri;

- Süreksizliklerin mühendislik özellikleri,
- Kaya malzemesinin mühendislik özellikleri,
- Kaya kütlelerinin mühendislik özellikleri

olmak üzere 3 ana kategoriye ayırmışlardır.

Franklin vd. (1971), Scoble ve Muftuoglu (1984), Smith (1986), Pettiifer ve Fookes (1994) tarafından önerilen sınıflamalarda A ve B kategorisindeki süreksizliklerin ve kaya

malzemesinin mühendislik özellikleri girdi parametresi olarak kullanılmıştır. Bailey (1974), Church (1981), Abdullatif ve Cruden (1983), Hoek ve Karzulovic (2000), Tsiambaos ve Saroglou (2009) sadece kaya kütesinin mühendislik özelliklerini (Kategori-C) kullanırken; Weaver (1975), Kirsten (1982), Smith (1986), Paşamehmetoğlu vd. (1988), Karpuz (1990), Hadjigeorgiou ve Poulin (1998), Başarır ve Karpuz (2004) ve Ceylanoglu vd. (2007) ise önerdikleri kazılabilirlik sınıflamalarında süreksizliklerin, kaya malzemesinin ve kaya kütesinin mühendislik özelliklerini temsil eden parametreleri (Kategori-A, B, C) tercih etmişlerdir.

Bu çalışmada Franklin vd. (1971), Bailey (1974), Weaver (1975), Church (1981), Kirsten (1982), Abdullatif ve Cruden (1983), Scoble ve Muftuoğlu (1984), Smith (1986), Singh vd. (1987), Paşamehmetoğlu vd. (1988), Karpuz (1990), Pettifer ve Fookes (1994), Hadjigeorgiou ve Poulin (1998), Hoek ve Karzulovic (2000), Başarır ve Karpuz (2004), Ceylanoglu vd. (2007), Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen görgül kazılabilirlik sınıflamaları kullanılmıştır. Bazaltlara ait tüm veriler kullanılarak tünel güzergahındaki bazaltların kazı sınıfları belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Tünel güzergahındaki bazaltların kazılabilirlik sınıfları (Erdem, 2018)

Kazı Sınıflaması	Aralık (km)		
	0+000 – 2+488 km	3+141 – 3+579 km	4+426 – 5+826 km
Franklin vd. (1971)	Gevşetmek için patlatma gerekli	Riperleme	Gevşetmek için patlatma gerekli
Bailey (1974)	Son derece zor	Son derece zor	Son derece zor
Weaver (1975)	Çok Zor Riperleme	Çok Zor Riperleme	Çok Zor Riperleme
Church (1981)	Patlatma	Patlatma	Patlatma
Kirsten (1982)	Zor sökülebilir	Zor sökülebilir	Zor sökülebilir
Abdullatif ve Cruden (1983)	Sökülebilir	Sökülebilir	Sökülebilir
Scoble ve Muftuoğlu (1983)	Kolay kazılabilir	Kolay kazılabilir	Kolay kazılabilir
Smith (1986)	Zor riperleme	Zor riperleme	Zor riperleme
Singh vd. (1987)	Orta riperleme	Zor riperleme	Zor riperleme
Paşamehmetoğlu vd. (1988)	Orta / Zor	Orta / Zor	Orta / Zor
Karpuz (1990)	Orta / Zor	Orta / Zor	Orta / Zor
Pettifer ve Fookes (1994)	Kolay sökülebilir	Kolay sökülebilir	Kolay sökülebilir
Hadjigeorgiou ve Poulin (1998)	Patlatma	Patlatma	Patlatma
Hoek ve Karzulovic (2000)	Kazılabilir	Kazılabilir	Riperlenebilir
Başarır ve Karpuz (2004)	Çok kolay	Çok kolay	Çok kolay
Ceylanoglu vd. (2007)	Orta / Zor	Orta / Zor	Orta / Zor
Tsiambaos and Saroglou (2010)	Kazılabilir	Kazılabilir	Sökülebilir

Tünel güzergahı boyunca üç farklı kesimde bazaltlar içerisinde yapılan kazılarda bazaltların kazılabilirlik sınıflarının genel olarak Orta Zor-Zor/Çok Zor kazılabilirlik sınıfında olduğu ve kazılabilmesi için patlatma yapılması gerektiği görülmektedir.

5. SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRME

Bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen arazi ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen veriler, büro çalışmaları ile bütüncül olarak değerlendirilmiştir. Literatürde yer alan 17 farklı araştırmacı tarafından önerilen görgül kazılabilirlik sınıflama sistemleri kullanılarak yapılan analizler sonucunda, bazaltların kazılabilirlik sınıflarına ilişkin belirgin farklılıklar ortaya çıkmıştır. Bu durum, kazılabilirlik sınıflamalarında kullanılan parametrelerin ve yaklaşımların çeşitliliğini açıkça ortaya koymaktadır.

Değerlendirme sonuçlarına göre Franklin vd. (1971), Church (1981), Bailey (1974) ile Hadjigeorgiou ve Poulin (1998) tarafından önerilen sınıflama sistemlerinde, incelenen bazaltların kazılabilirlik sınıfı son derece zor kazılabilir/patlatma olarak belirlenmiştir. Buna karşılık Weaver (1975), Kirsten (1982), Smith (1986), Singh vd. (1987), Paşamehmetoğlu vd. (1988), Karpuz (1990) ve Ceylanoğlu vd. (2007) sınıflamalarında, kaya kütlesi zor-orta ripirlenebilir sınıfında değerlendirilmiştir. Öte yandan Abdullatif ve Cruden (1983), Scoble ve Müftüoğlu (1983), Pettifer ve Fookes (1994), Hoek ve Karzulovic (2000), Başarır ve Karpuz (2004) ile Tsiambaos ve Saroglou (2010) tarafından önerilen sınıflamalardan elde edilen sonuçlar, kaya kütlesinin kolay kazılabilir/sökülebilir özellikte olduğunu göstermektedir. Ancak gerçekleştirilen ayrıntılı arazi gözlemleri, incelenen bazaltların kolay sökülebilir veya ripirlenebilir özellikte olmadığını açıkça ortaya koymuştur. Bu bağlamda, kazılabilirlik sınıfını patlatma olarak tanımlayan Franklin vd. (1971), Church (1981), Bailey (1974) ve Hadjigeorgiou ve Poulin (1998) sınıflamalarından elde edilen sonuçların, saha koşullarını daha gerçekçi yansıttığı söylenebilir. Diğer bazı görgül sınıflamalarda daha düşük kazı sınıflarının elde edilmiş olmasının ise, bu yöntemlerin yeterli sayıda vakaya dayanmadan geliştirilmiş olmasından veya kaya kütlesinin süreksizlik ve blok boyutu gibi özelliklerini yeterince temsil edememesinden kaynaklanabileceği değerlendirilmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmada Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenen MF.18.02 nolu projeye ait verilerden yararlanılmıştır. Projeye destek veren F.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Abdullatif, O, Cruden DM. (1983). The relationship between rock mass quality and ease of excavation. Bulletin of the international Association of Engineering Geology, 183-187.
- Alemdag S, Kaya A, Gurocak Z, Dag S. (2011). Excavatability properties of rock masses having different weathering degrees: an example of Gumushane Granitoid, Gumushane, NE Turkey. J. Geol. Eng. 35 (2), 133-149.
- Atkinson T. (1971). Selection of open-pit excavating and loading equipment. Trans. Inst. Min. Metall. 80, 101-129.

- Bailey AD. (1975). Rock types and seismic velocities versus rippability. Highway Geology Symposium, Proceedings, 135-142.
- Barton, N, Lien R, Lunde J. (1974). Engineering classification of rock masses for the design of tunnel support. Rock Mech. 6, 189-239.
- Basarir H, Karpuz C. (2004). A rippability classification system for marls in lignite mines. Eng. Geol. 74, 303-318.
- Bieniawski ZT. (1989). Engineering Rock Mass Classifications. Wiley, New York.
- Bozdag T. (1988). Indirect Rippability Assessment of Coal Measure Rocks. MSc Thesis. The Graduate School of Natural and Applied Sciences of Middle East Technical University.
- Ceylanoğlu A, Gül Y, Akın A. (2007). Kazılabilirlik ve riperebilirlik sınıflama sistemlerinin incelenmesi ve yeni bir sınıflama sisteminin önerilmesi. Madencilik Dergisi, 46 (2), 13-27.
- Church HK. (1981). Excavation Handbook. McGraw-Hill Inc., New York, USA.
- Erdem O. (2018). Yoncalı Barajı (Malatya) İsale Tüneli Güzergâhındaki Kaya Kütlelerinin Kazılabilirlik Özellikleri. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Franklin JA, Broch E, Walton G. (1971). Logging the mechanical character of rock. Trans. Inst. Min. Metall. 80, 1-9.
- Gurocak Z, Yalcın E. (2016). Excavatability and the effect of weathering degree on the excavatability of rock masses: An example from eastern Turkey, Journal of African Earth Sciences, 118, 1-11.
- Gurocak Z, Alemdag S, Zaman MM. (2008). Rock slope stability and excavatability assessment of rocks at the Kapıkaya dam site, Turkey. Eng. Geol. 96, 17-27.
- Hadjigeorgiou J, Poulin R. (1998). Assessment of ease of excavation of surface mines. J. Terramech. 35, 137-153.
- Hoek E, Karzulovic A. (2000). Rock Mass Properties for Surface Mines. Slope Stability in Surface Mining. Society for Mining, Metallurgical and Exploration (SME), Colorado, pp. 59-70.
- Karpuz C. (1990). A classification system for excavation of surface coal measures. Mining Science and Technology, 11, 156-163.
- Kaya A, Bulut F, Alemdag S. (2011). Applicability of excavatability classification systems in underground excavations: a case study. Sci. Res. Essays 6 (25), 5331-5341.
- Kentli B, Topal T. (2004). Assessment of rock slope stability for a segment of the Ankara-Pozanti motorway. Turk. Eng. Geol. 74 (1-2), 73-90.
- Kirsten HAD. (1982). A classification system for excavation in natural materials. The Civil Engineering in South Africa, 24, 293-308.
- Marinos P, Marinos V, Hoek E. (2007). Geological Strength Index (GSI). A characterization tool for assessing engineering properties for rock masses. Published in: Underground works under special conditions, eds. Romana, Peruchó & Olalla, 13-21. Lisbon: Taylor and Francis.
- Paşamehmetoğlu, AG, Karpuz C, Müftüoğlu Y, Özgenoğlu A, Bilgin A, Ceylanoğlu A, Bozdağ T, Toper Z, Dinçer T. (1988). TKİ dekapaj ihale panoları için makina parkı seçimi, maliyet analizi ve birim maliyetin (TL/m³) saptanması, Jeoteknik ve performans verilerinin değerlendirilmesi, kazılabilirlik sınıflama sisteminin önerilmesi. Nihai Rapor, ODTÜ, Cilt 1, 150 s (yayımlanmamış).
- Pettifer GS, Fookes PG. (1994). A revision of the graphical method for assessing the excavatability of rock. Quarterly Journal of Engineering Geology, 144-164.
- Scoble MJ, Müftüoğlu YV. (1984). Derivation of a diggability index for surface mine equipment selection. Mining Science and Technology, 1, 305-322.
- Singh RN, Denby B, Eğretli İ, Pathan AG. (1986). Assessment of ground rippability in opencast mining operations. University of Nottingham Mining Department Magazine, 38, 20-35.
- Smith HJ. (1986). Estimating rippability of rock mass classification. The 27th U.S. Symposium on Rock Mechanics Proceedings University of Alabama, 443.
- Sönmez M, Aksoy E. (2017). Stratigraphic Characteristics of the Alibonca Formation in the Southern Arapgir, Malatya, Turkey International Journal of Engineering Research And Management (IJERM) Volume: 4, Issue: 10, 56.
- Tsiambaos G, Saroglou H. (2009). Excavatability assessment of rock masses using the Geological Strength Index (GSI). Bulletin of Engineering Geology and the Environmental, 69 (1), 13-27.
- Weaver JM. (1975). Geological factors significant in the assessment of rippability. The Civil Engineering in South Africa, 17, 313.

SÜREKSİZLİKLERİN MAKASLAMA DAYANIMININ BELİRLENMESİNDE GÖRGÜL YÖNTEMLERİN KULLANIMI

Zülfü GÜROCAK

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Geological Engineering, 23119 Elazığ

ORCID: 0000-0002-1049-9346

ÖZET

Kaya kütlelerinin karakterizasyonu, mühendislik jeolojisi ve kaya mekaniği uygulamalarında temel bir aşama olup, sağlam kaya malzemesi ve süreksizlikler olmak üzere iki ana bileşene dayanmaktadır. Süreksizlikler; tabakalanma düzlemleri, eklemler, faylar ve makaslama çatlakları gibi doğal jeolojik süreçler sonucunda oluşan yapısal unsurlar olup, yönelim, aralık, açıklık, devamlılık, dolgu, pürüzlülük ve bozunma derecesi gibi mühendislik parametreleri ile tanımlanmaktadır. Bu parametreler, tünelcilik, baraj inşası, yeraltı kazıları, kaya şev stabilitesi ve temel tasarımı gibi çok sayıda mühendislik uygulamasında belirleyici rol oynamaktadır. Süreksizliklerin mekanik davranışını tanımlayan en önemli parametrelerden biri makaslama dayanımıdır. Makaslama dayanımı, süreksizlik yüzeylerinin makaslama gerilmelerine karşı gösterdiği direnç olarak tanımlanmakta olup; pürüzlülük, dolgu malzemesi, bozunma derecesi ve su koşulları gibi yüzey özelliklerinin yanı sıra, uygulanan normal gerilmenin büyüklüğü ve süreksizlik sisteminin geometrik özelliklerinden etkilenmektedir. Özellikle kaya şev mühendisliği ve yeraltı yapılarının tasarımında, süreksizlik makaslama dayanımının doğru bir şekilde belirlenmesi güvenlik ve maliyet etkinliği açısından kritik öneme sahiptir. Süreksizliklerin makaslama dayanımı; doğrudan makaslama deneyi, makaslama kutusu deneyi, çift makaslama deneyi ve rampa kayma (tilt) deneyi gibi laboratuvar ve arazi deneyleri kullanılarak yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir. Ancak bu deneysel yöntemlerin uygulanabilirliği; saha koşulları, örnek bütünlüğü, ekipman gereksinimleri ve yüksek maliyetler nedeniyle çoğu zaman sınırlı kalmaktadır. Bu kısıtlar, özellikle ön tasarım aşamalarında deneysel yöntemlerin kullanımını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, süreksizliklerin makaslama dayanımının belirlenmesine yönelik olarak saha gözlemleri, laboratuvar verileri ve mühendislik deneyimlerine dayalı görgül yöntemler geliştirilmiştir. Görgül yöntemler, pratik uygulanabilirlikleri, hızlı sonuç vermeleri ve düşük maliyetli olmaları nedeniyle mühendislik uygulamalarında yaygın olarak tercih edilmektedir. Bununla birlikte, bu yöntemlerin geçerlilik aralıkları, varsayımları ve belirsizlikleri dikkatle değerlendirilmelidir.

Bu çalışmanın amacı, kaya süreksizliklerinin makaslama dayanımının belirlenmesinde kullanılan yaygın görgül yöntemleri; uygulanabilirlik, güvenilirlik, avantajlar ve sınırlamalar açısından karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu kapsamda, literatürde farklı araştırmacılar ve

kuruluşlar tarafından önerilmiş görgül modeller sistematik bir şekilde ele alınmış ve mühendislik uygulamalarındaki kullanım esasları tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Görgül yöntem, makaslama dayanımı, süreksizlik

THE USE OF EMPIRICAL METHODS IN DETERMINING THE SHEAR STRENGTH OF DISCONTINUITIES

ABSTRACT

Rock mass characterization is a fundamental step in engineering geology and rock mechanics applications and is based on two main components: intact rock material and discontinuities. Discontinuities are structural features formed as a result of natural geological processes, such as bedding planes, joints, faults, and shear fractures, and are described by engineering parameters including orientation, spacing, aperture, persistence, infilling, roughness, and degree of weathering. These parameters play a decisive role in a wide range of engineering applications, including tunneling, dam construction, underground excavations, rock slope stability, and foundation design. One of the most important parameters defining the mechanical behavior of discontinuities is shear strength. Shear strength is defined as the resistance of discontinuity surfaces to shear stresses and is influenced not only by surface characteristics such as roughness, infilling material, degree of weathering, and water conditions, but also by the magnitude of the applied normal stress and the geometric characteristics of the discontinuity system. Particularly in rock slope engineering and underground structure design, accurate determination of discontinuity shear strength is of critical importance in terms of safety and cost-effectiveness. The shear strength of discontinuities can be determined with high accuracy using laboratory and in situ experimental methods such as direct shear tests, shear box tests, double-shear tests, and tilt tests. However, the applicability of these experimental methods is often limited due to field conditions, specimen integrity, equipment requirements, and high testing costs. These constraints make the use of experimental methods particularly difficult during the preliminary design stages. For this reason, empirical methods based on field observations, laboratory data, and engineering experience have been developed to estimate the shear strength of discontinuities. Owing to their practical applicability, rapid implementation, and low cost, empirical methods are widely preferred in engineering practice. Nevertheless, the validity ranges, underlying assumptions, and associated uncertainties of these methods should be carefully evaluated. The objective of this study is to comparatively examine widely used empirical methods for determining the shear strength of rock discontinuities in terms of their applicability, reliability, advantages, and limitations. To this end, empirical models proposed by various researchers

and organizations in the literature have been systematically reviewed, and their application principles in engineering practice are discussed.

Keywords: Empirical method, shear strength, discontinuity

1. GİRİŞ

Kaya kütlelerinin mühendislik açısından güvenilir bir şekilde karakterize edilebilmesinde süreksizliklerin mühendislik özellikleri belirleyici bir role sahiptir. Bir kaya kütlesi, kaya malzemesi ile birlikte tabakalanma düzlemleri, eklemler, faylar ve makaslama çatlakları gibi doğal jeolojik süreçler sonucu oluşmuş süreksizliklerden meydana gelmektedir. Bu yapısal süreksizlikler, kaya kütlesinin mekanik bütünlüğünü önemli ölçüde zayıflatmakta ve mühendislik davranışını büyük ölçüde kontrol etmektedir. Bu nedenle tünelticilik, baraj ve yeraltı yapıları, şev stabilitesi ve temel kazıları gibi birçok jeoteknik uygulamada süreksizliklerin yönelimi, aralığı, açıklığı, devamlılığı, dolgu durumu, pürüzlülüğü ve bozunma derecesi gibi mühendislik özellikleri tasarım üzerinde doğrudan etkili olmaktadır.

Süreksizlik düzlemlerine ait en kritik parametrelerden biri, süreksizliklerin makaslama dayanımıdır. Makaslama dayanımı; süreksizlik yüzeylerinin pürüzlülüğü, dolgu malzemesinin özellikleri, bozunma derecesi ve nem içeriği gibi fiziksel faktörlerin yanı sıra, etkin normal gerilme düzeyi ve süreksizlik geometrisi gibi mekanik ve geometrik parametrelerden de etkilenmektedir. Özellikle kaya şevleri ve yeraltı açıklıkları gibi stabilite problemlerinde güvenli ve ekonomik tasarımın sağlanabilmesi açısından, süreksizliklerin makaslama dayanımının doğru bir şekilde belirlenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu bağlamda, literatürde makaslama dayanımının tahminine yönelik olarak çok sayıda görgül dayanım kriteri geliştirilmiş ve doğrudan ya da dolaylı deneysel yöntemler önerilmiştir.

Deneysel yöntemlerde yüzey pürüzlülüğü, dolgu kalınlığı, su içeriği gibi etkileri de dikkate alınabilmektedir. Ancak bu yöntemlerin uygulanabilirliği çoğu zaman saha koşullarına, ekipman altyapısına ve örneklerin bütünlüğüne bağlı olduğu için deneyler zor, pahalı ve zaman alıcıdır. Bu nedenle deneysel yöntemlerin kullanımı önemli zorluklar içermektedir. Görgül yöntemler ise genellikle saha gözlemleri, laboratuvar verileri ve mühendislik deneyimleri temel alınarak geliştirilmiş modellere dayanmaktadır ve pratik, hızlı ve maliyet açısından avantajlı çözümler sunmaktadır. Diğer taraftan, doğrudan makaslama deneyleri, kesme kutusu, çift-dilim ve rampa kayma testleri gibi deneysel yöntemler; süreksizlik düzlemlerinin makaslama özelliklerini daha yüksek doğrulukla belirleyebilmektedir.

Kaya mühendisliğinde, kaya yapılarının güvenli ve ekonomik biçimde tasarlanabilmesi amacıyla potansiyel kaya yenilmelerinin değerlendirilmesine yönelik çeşitli kriter ve yaklaşımlar geliştirilmiştir. Kaya yenilmelerinin büyük bir bölümü; açık ocak madenlerinde şev kaymaları, yeraltı madenleri ve tünellerde ise tavan ve yan duvar bloklarının düşmesi

şeklinde, genellikle zayıf düzlemler boyunca gelişen kayma yenilmesi modunda meydana gelmektedir. Eklemlili kaya kütlelerinin mekanik davranışı, çoğunlukla kesişen süreksizliklerin konumu, sürekliliği ve etkileşimi tarafından kontrol edilmektedir. Bu bağlamda, kaya eklemlerinin mekanik ve hidrolik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin kaya kütlesi davranışı üzerindeki etkilerinin anlaşılmasına yönelik olarak çok sayıda deneysel ve sayısal çalışma gerçekleştirilmiştir. Bir süreksizliğin mekanik davranışının doğru bir şekilde tanımlanması ve tahmin edilmesi, kaya kütleleri içinde veya üzerinde inşa edilecek mühendislik yapılarının güvenli tasarımı açısından hayati öneme sahiptir (Grasselli, 2006).

Bu çalışmada, farklı araştırmacılar tarafından süreksizliklerin makaslama dayanımının görgül olarak belirlenmesine yönelik olarak geliştirilen başlıca modeller ele alınmış ve söz konusu modellerin temel varsayımları ana hatlarıyla açıklanmıştır.

2. SÜREKSİZLİKLERİN MAKASLAMA DAYANIMININ ÖNEMİ

Kaya kütlelerinin mühendislik özelliklerini belirleyen temel unsurlar; kaya malzemesinin jeomekanik özellikleri ile süreksizlikler olarak tanımlanan yapısal unsurların mühendislik özellikleridir. Bu iki parametre, kaya kütlelerinin karakterizasyonunda kritik bir öneme sahip olup jeoteknik tasarımların güvenliği ve ekonomikliği üzerinde doğrudan belirleyici rol oynamaktadır. Süreksizlik yüzeylerinin makaslama dayanımı ise bu yapısal unsurların mühendislik özellikleri arasında özellikle öne çıkmakta ve birçok jeoteknik tasarımda en önemli girdi parametrelerinden biri olarak kabul edilmektedir.

Süreksizliklerin makaslama dayanımı, kaya mühendisliği uygulamalarında güvenli ve ekonomik projelendirme açısından kritik öneme sahiptir. Doğal kaya ortamlarında süreksizlikler; eklem, tabakalanma ve fay gibi yapılar şeklinde gelişerek çoğu zaman kaya kütlesinin davranışını kontrol eden zayıflık düzlemlerini temsil etmektedir. Bu nedenle süreksizliklerin makaslama dayanımlarının doğru bir şekilde belirlenmesi, pek çok jeoteknik mühendislik uygulamasında tasarımın temel girdilerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Özellikle karmaşık jeolojik yapıların hâkim olduğu bölgelerde, bu dayanımların yanlış tahmin edilmesi kazı başarısızlıklarına, ani göçmelere ve önemli ekonomik kayıplara neden olabilmektedir (Goodman, 1989). Tünelcilik faaliyetlerinde süreksizliklerin makaslama dayanımı, kazı stabilitesini belirleyen başlıca faktörlerden biridir. Tünel çevresinde yer alan süreksizliklerin eğim, konum ve dayanım özellikleri; kamalanma, blok düşmesi ve süreksizlik boyunca kayma gibi kinematik duraysızlık mekanizmalarının gelişmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle destek sistemlerinin tasarımı ve kazı planlaması öncesinde, süreksizlik düzlemlerinin makaslama parametrelerinin laboratuvar deneyleri ve saha ölçümleri ile belirlenmesi gerekmektedir (Barton, 1976; Palmstromve Broch, 2006).

Tünel projelerinde kullanılacak kaya destek sistemlerinin seçiminde, süreksizliklerin dayanımına dayalı güvenilir parametrelerin elde edilmesi, güvenlik katsayılarının optimize edilmesini sağlamaktadır. Benzer şekilde açık ocak madenciliği ile karayolu ve demiryolu şevlerinde, süreksizliklerin eğimle olan geometrik ilişkisi kayma mekanizmasını doğrudan etkilemektedir. Özellikle eğimli süreksizlik yüzeylerinin düşük makaslama dayanımına sahip olması, kütsel kaymalara neden olabilmektedir. Bu tür durumlarda yapılan limit denge analizleri ve sayısal modellemeler büyük ölçüde süreksizliklerin makaslama dayanımına dayanmaktadır (Hoek ve Bray, 1981).

Şev tasarımında süreksizliklerin makaslama dayanımlarının doğru şekilde modellenmesi, potansiyel kayma mekanizmalarının tanımlanmasına olanak sağlamaktadır. Bu kapsamda saha gözlemlerine dayalı olarak belirlenen süreksizlik setlerinin geometrik özellikleri ile dayanım parametreleri birlikte analiz edilmelidir. Baraj temellerinde ise süreksizliklerin hem hidrolik iletkenlikleri hem de kayma dirençleri büyük önem taşımaktadır. Süreksizlikler boyunca gelişen su geçişi ve boşluk suyu basıncı, temel kaya davranışını olumsuz yönde etkileyebilmekte; düşük dayanımlı süreksizliklerin varlığı sızıntı ve stabilite problemlerine yol açabilmektedir (Goodman, 1989). Bu nedenle süreksizliklerin dolgu içeriği, açıklığı ve eğimi gibi parametrelerin belirlenerek temel kayacın stabilitesi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi gerekmektedir.

3. GÖRGÜL MODELLER

Kaya mühendisliğinde, kaya yapısı tasarımlarının bir parçası olarak potansiyel kaya yenilmelerini araştırmak için birçok önemli kriter ve kural geçerlidir. Kaya yenilmelerinin çoğu, açık ocak madenlerinde şev kayması, yeraltı madenlerinde ve tünel tavan bloklarının düşmesi gibi zayıf düzlemler boyunca ve kayma modunda meydana gelir. Eklemlı kaya kütlelerinin mekanik davranışı, kesişen süreksizliklerin davranışından her zaman etkilenir. Kaya eklemlerinin mekanik ve hidrolik özellikleri ve bunun sonucunda kaya kütlesi davranışına olan etkileri üzerine birçok deneysel ve sayısal araştırma yapılmıştır. Buna göre, bir süreksizliğin mekanik davranışının anlaşılması ve tahmin edilmesi, kaya kütlelerinde veya üzerinde güvenli yapılar tasarlamak için hayati öneme sahiptir (Grasselli, 2006).

Kaya süreksizliklerinin makaslama dayanımı konusunda günümüze değin birçok araştırma yapılmıştır (Goodman 1976, Patton 1966, Ladanyi ve Archambault 1970, Saeb ve Amadei 1992, Seidel ve Haberfield 2002a,b, Grasselli ve Egger 2003, Plesha 1988 ve Bandis vd. 1983). Bu çalışmada araştırmacıların süreksizliklerin makaslama dayanımını görgül olarak belirlemek amacıyla önerdiği görgül modeller ele alınmış ve bu modeller ana hatları ile açıklanmaya çalışılmıştır.

3.1. Mohr-Coulomb Modeli

Mohr-Coulomb kriteri, mühendislik jeolojisi ve geoteknik mühendisliğinde en yaygın kullanılan kayma dayanımı kriteridir (Coulomb, 1776; Mohr, 1900). Bu model, Patton, Barton ve Goodman gibi diğer tüm modellerin temelini oluşturur ve bir doğru ile ifade edilir (Şekil 1). Süreksizliğin makaslama dayanımı, süreksizliğin içsel sürtünme açısı ve kohezyonu gibi parametreleri kullanılarak hesaplanabilir. Doğrunun eğimi aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan(\varphi) \quad (1)$$

Bu eşitlikte;

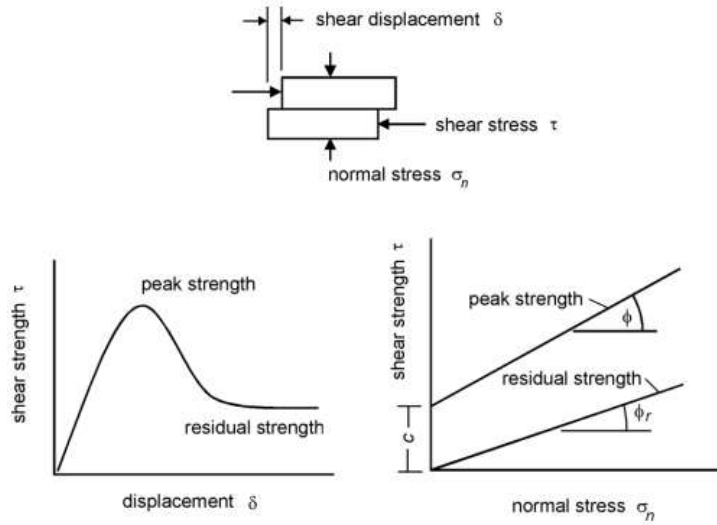
τ : Makaslama gerilmesi,

c : Kohezyon,

σ_n : Süreksizlik düzlemine etki eden normal gerilme,

φ : Süreksizliklerin içsel sürtünme açısıdır.

Kohezyon (c), malzeme veya yüzey pürüzlülüğünden kaynaklanan yapışma kuvvetidir. Killi zeminlerde veya çimentolu kaya yüzeylerinde önemlidir. İçsel sürtünme açısı (φ) ise yüzeyin pürüzlülüğü ve malzeme türüne bağlıdır.



Şekil 1. Mohr–Coulomb modelinde normal gerilme ve maksalama dayanımı ilişkisi

Bu iki bileşen birlikte, yüzeyin kaymaya karşı gösterdiği toplam direnç olan makaslama dayanımını (τ) oluşturur. Düşük σ_n söz konusu olduğunda kohezyon etkisi baskın iken, σ_n yüksek olduğunda sürtünmenin etkisi baskındır. Dolayısıyla kayma dayanımı normal gerilme ile doğrusal olarak artmaktadır.

Hoek ve Bray (1981) bu kriterin özellikle süreksizlik düzlemlerinde meydana gelen kaymaların analizinde pratik ve etkili bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir. Ancak doğal kaya kütlelerinde kohezyonun genellikle sıfıra yakın olduğu da vurgulanmıştır. Jaeger vd. (2011) bu modelin, düzlemsel süreksizliklerdeki stabilite analizleri için yeterli olduğunu ancak

pürüzlü veya dolgulu süreksizliklerde sınırlı kaldığını bildirmiştir. Yaşar ve Erdoğan (2004) ise Türkiye'deki farklı kayaç türleri üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde, Mohr-Coulomb parametrelerinin görgül kestirimiyle elde edilen değerlerin pratik mühendislik analizlerinde kullanılabileceğini göstermiştir.

3.2. Patton (1966) Modeli

Patton modeli, özellikle düzensiz yüzeyli süreksizliklerin kayma dayanımını belirlemek için geliştirilmiştir. Patton (1966) tarafından geliştirilen bu model, pürüzlü ve dalgalı süreksizlik yüzeylerinin makaslama sırasında yenilerek ek bir sürtünme etkisi oluşturduğunu ortaya koymuştur. Bu model süreksizlik yüzeylerinin makaslama davranışını açıklayan ilk teorik modeldir ve Barton (1973) ve Barton ve Coubey (1997) gibi modern yaklaşımların da temelini oluşturur. Patton modeli, ilk kez pürüzlülük etkisini matematiksel olarak tanımlayan model olması açısından önemlidir. Model, pürüzlülük açısı (i) ile birlikte süreksizlik düzlemlerinin makaslamaya karşı gösterdiği direnci tahmin etmektedir. Bu modele göre süreksizliğin makaslama dayanımı aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir.

$$\tau = \sigma_n \cdot \tan(\varphi_b + i) \quad (2)$$

Bu eşitlikte;

τ : Makaslama gerilmesi,

σ_n : Süreksizlik düzlemine etki eden normal gerilme,

i : Pürüzlülük açısı,

φ_b : Süreksizliklerin temel sürtünme açısıdır.

Modelin temel fikri bir süreksizlik yüzeyi pürüzlü (dalgalı) ise, kayma sadece malzeme sürtünmesinden değil, aynı zamanda pürüzlerin şekil ve eğiminden de etkilenir şeklindedir. Yani yüzey dalgalı ve eğimli olduğu için, kayma sırasında hem sürtünme hem de pürüzlerin devrilmesi/kırılması etkili olur. Patton modeline göre süreksizlik boyunca kayma iki farklı mekanizmayla gerçekleşebilir. Bunlar;

- Pürüzlerin Üzerinden Kayma: Düşük normal gerilme durumunda, pürüzler ezilmez veya kırılmaz. Bu durumda kayma yüzeyi pürüzlerin üzerinden geçer ve kayma direnci yüksektir.
- Pürüzlerin Kırılması/Ezilmesi: Dilatasyonun sınırlandığı yüksek normal gerilme değerlerinde, pürüzler üzerinde oluşan gerilmeler, bu pürüzlerin dayanımına ulaştığında, kesilme gerçekleşir.

Pürüzlerin kırılması/ezilmesi durumunda en büyük kesme dayanımı ölçütü;

$$\tau = c + \sigma_n \cdot \tan(\varphi_r) \quad (3)$$

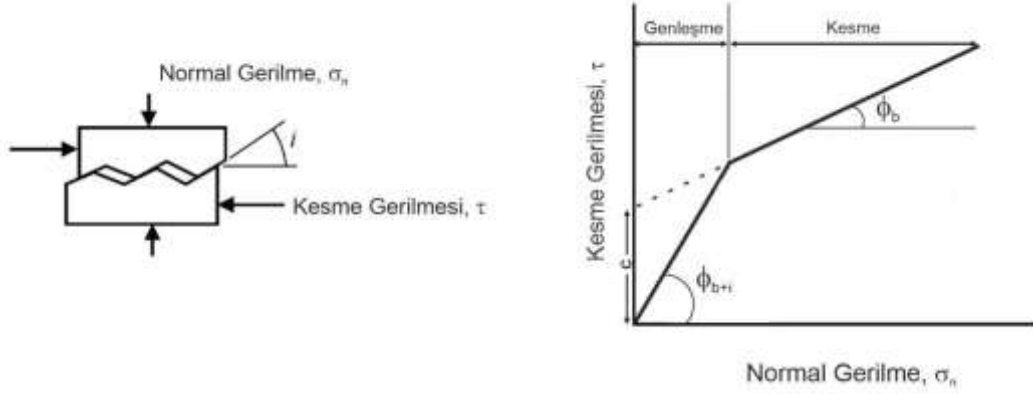
ifadesi ile tanımlanır.

Burada,

φ_r : Rezidüel sürtünme açısı,

c : Görünür kohezyondur.

Patton modelinde bu iki durum bir τ – σ_n diyagramı üzerinde şu şekilde gösterilmektedir (Şekil 2).



Şekil 2. Patton (1966) modelinde çift doğrusal yenilme zarfı

Düşük normal gerilmelerde grafik yüksek eğimli iken, yüksek normal gerilmelerde düşük eğimli ve doğrusaldır. İki bölge arasında bir kritik normal gerilme ($\sigma_{n(crit)}$) vardır ve burada geçiş olur. Kritik normal gerilme, pürüzlerin tam kırıldığı noktayı gösterir.

Barton ve Choubey (1997) bu modelin özellikle düşük normal gerilmelerde gerçeği yansıttığını, fakat yüksek gerilme altında mikro-yüzey deformasyonlarını ihmal ettiğini belirtmişlerdir.

3.3. Ladanyi ve Archambault (1970) Modeli

Ladanyi ve Archambault (1970) süreksizliklerin makaslama dayanımı kriterlerinde değişken genişleme açısı ve kesme alanı oranını dikkate alarak lineer olmayan bir kesme dayanımı zarfı önermişlerdir. Bu modeli tanımlayan eşitliği ise;

$$\tau = \frac{\sigma_n (1 - a_s)(v + \tan\varphi_b) + a_s S_r}{1 - (1 - a_s)v \tan\varphi_b} \quad (4)$$

şeklinde ifade etmişlerdir.

Bu eşitlikte;

τ : Makaslama dayanımı (MPa)

σ_n : Normal gerilme (MPa)

φ_b : Kaya malzemesinin temel sürtünme açısı,

a_s : Kesme alanı oranı,

v : Pik kayma gerilimindeki dilatasyon oranı,

S_r : Kaya malzemesinin makaslama dayanımıdır.

Araştırmacılar S_r , a_s ve v için aşağıda verilen eşitlikleri önermişlerdir.

$$S_r = \sigma_c \frac{(1 + n)^{0.5} - 1}{\left(1 + n \frac{\sigma_n}{\sigma_c}\right)^{0.5}} \quad (5)$$

$$a_s = 1 - \left(1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_T}\right)^{k1} \quad (6)$$

$$v = \left(1 - \frac{\sigma_n}{\sigma_T}\right)^{k2} \tan i_0 \quad (7)$$

Bu eşitliklerde;

$K1 = 1.5$, $k2 = 4$ olarak önerilmektedir.

i_0 : Dilatasyon açısı ($\sigma_n = 0$ için)

σ_t : Doğrusal olmayan yenilme zarfındaki geçiş noktasına karşılık gelen ve dilatasyonu bastıran normal gerilme değeridir ve pratik amaçlar için σ_c 'ye eşit olarak kabul edilebilir (Goodman, 1976).

Dilatasyonun gerçekleşmediği ($v = 0$), yani süreksizlik yüzeyinin düz ve pürüzsüz olduğu durumlarda Ladanyi ve Archambault makaslama dayanımı eşitliği;

$$\tau = \sigma_n (1 - a_s)(\tan \phi_b) + a_s S_r \quad (8)$$

şeklini almaktadır.

3.4. Jaeger (1971) Modeli

Jaeger 1971'de geliştirdiği görgül modelinde, artan normal gerilme ile doğrusal olmayan makaslama davranışını, genleşmenin baskın olduğu bir durumdan pürüzlülük makaslama baskın olduğu bir duruma doğru kademeli bir süreç olarak ele almıştır (Şekil 3). Bu iki doğrusal varyasyon arasında sorunsuz bir geçiş sağlamak için, Jaeger (1971) yeni bir makaslama dayanımı modeli önermiştir. Bu model

$$\tau = c_a(1 - e^{-d\sigma_n}) + \sigma_n \tan \phi_r \quad (9)$$

eşitliği ile ifade etmiştir.

Bu eşitlikte;

c_a : Asimptotik veya maksimum kohezyon

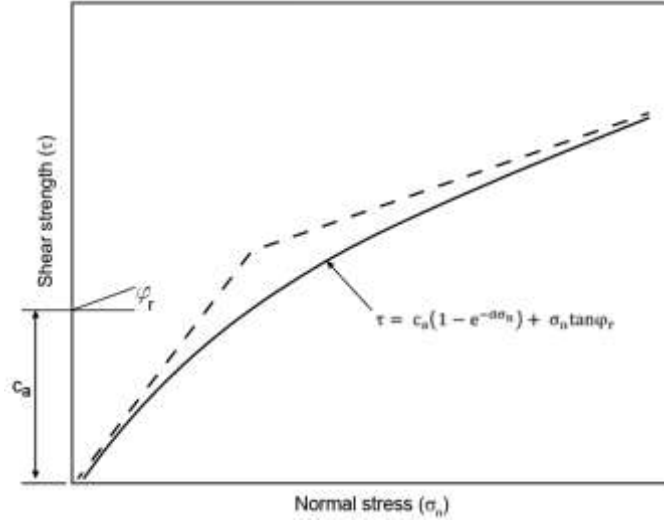
σ_n : Normal gerilme

ϕ_r : Rezidüel sürtünme açısı

d : Kohezyon gelişim katsayısıdır.

c_a normal gerilme arttıkça mobilize olan ve üst sınıra yaklaşan kohezyon bileşeninin maksimum değerini temsil eder. Yani düşük normal gerilmelerde kohezyon etkisi sınırlıyken,

yüksek normal gerilmelerde maksimum değere yaklaşır. d ise kohezyonun normal gerilme ile ne kadar hızlı mobilize olduğunu belirleyen boyutsuz parametredir.



Şekil 3. Jeager (1971) modelinde yenilme zarfı

3. 4. Barton-Bandis Modeli (1973-1982)

Barton-Bandis modeli ilk olarak 1973 yılında Barton (1973) tarafından önerilmiş görgül bir yapısal model olup, sonraki yıllarda yapılan çalışmalar (Barton ve Bandis 1982, Bandis vd. 1983, Barton ve Chouby 1977) ile geliştirilmiştir. Bu model araştırma ve pratikte çok çeşitli kaya mekaniği problemlerinde yaygın olarak kullanılmıştır. Kaya mekaniğinde en gelişmiş ve gerçekçi yaklaşımlardan biri olan kriterin en önemli özelliği, eklemlerin veya eklem setlerinin nicel olarak karakterize edilmesidir. Bunlar, eklem yüzeyi pürüzlülüğü (JRC: eklem pürüzlülük katsayısı), eklem duvarı basınç dayanımı (JCS: eklem basınç dayanımı) ve görgül olarak türetilmiş rezidüel sürtünme açısı (ϕ_b) tahmini ile ilgilidir.

Bu parametrelerin her biri basit, ucuz indeks testlerinden elde edilebilir veya deneyimli kişiler tarafından tahmin edilebilir. Bu üç parametre Barton-Bandis doğrusal olmayan makaslama dayanımı denkleminin temelini oluşturur ve aşağıdaki eşitlik ile ifade edilir:

$$\tau = \sigma_n \cdot \tan \left(JRC \cdot \log_{10} \left(\frac{JCS}{\sigma_n} \right) + \phi_b \right) \quad (10)$$

Bu eşitlikte;

τ : Makaslama gerilmesi,

σ_n : Süreksizlik düzlemine etki eden normal gerilme,

JRC : Süreksizlik pürüzlülük katsayısı,

JCS : Süreksizlik yüzeyinin dayanımı,

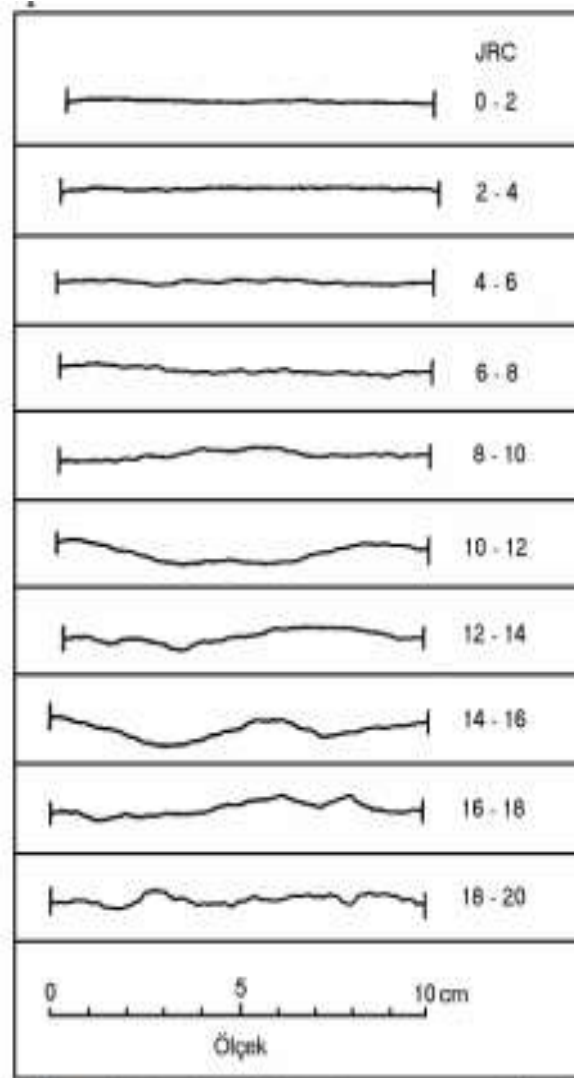
ϕ_b : Temel sürtünme açısıdır.

Bu model, makaslama dayanımını iki bileşene ayırır. İlk terim düz yüzey sürtünmesi, ikinci terim ise yüzey pürüzlülüğünden kaynaklı ilave dayanımdır. Normal gerilme (σ_n) arttıkça,

$\log(JCS/\sigma_n)$ azalır. Böylece pürüzlülüğün etkisi azalır ve kayma dayanımı da düşer. Bu yüzden bu model doğrusal değildir ve Mohr-Coulomb'dan farklı olarak eğrisel bir zarf oluşturur.

ϕ_b , temiz kaya yüzeyinin temel sürtünme açısıdır ve kaya türüne göre değişmektedir. Laboratuvarında doğrudan kesme veya tilt deneyi ile belirlenmektedir. JRC parametresi, süreksizlik pürüzlülüğünü temsil eder ve süreksizlik ne kadar pürüzlü ise, yani ne kadar çok ve dik çıkıntıya sahipse, o kadar fazla kayma dayanımına sahiptir. Üçüncü parametre olan JCS, eklemin basınç dayanımını temsil eder.

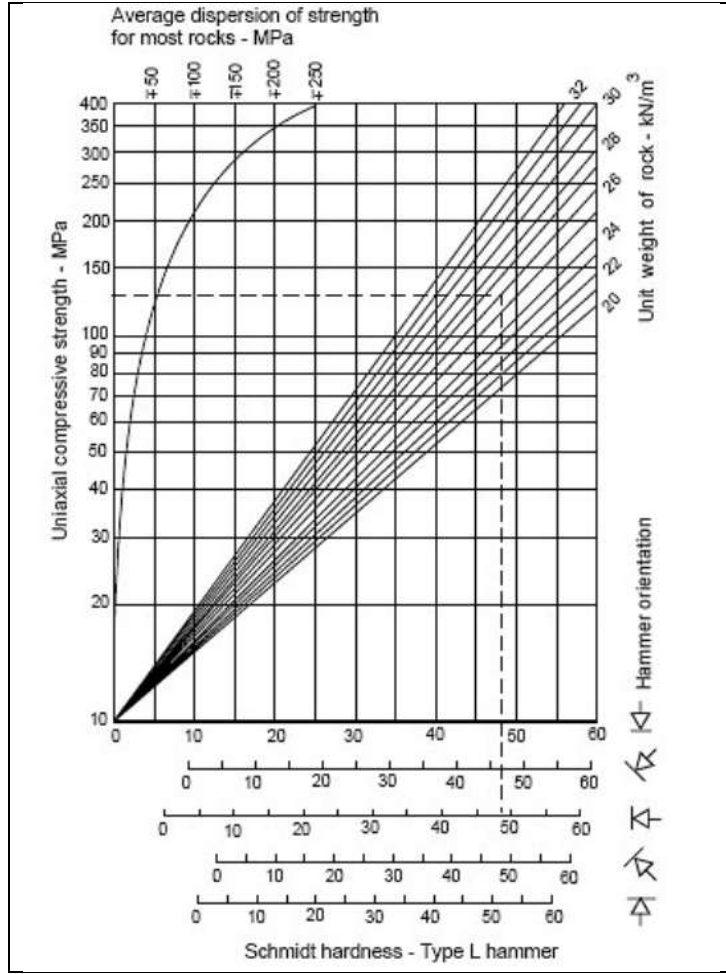
ϕ_b , parametresi kesilmiş ve parlatılmış kaya örneklerinde yapılacak olan doğrudan kesme deneyleri ile belirlenebilir iken, JRC parametresi Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen pürüzlülük profillerinden belirlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilen pürüzlülük profilleri ve karşılık gelen JRC değerleri

Süreksizliğin yüzeyini oluşturan kaya malzemesinin basınç dayanımı olan JCS, genellikle tek eksenli basınç dayanımı (UCS) deneyi ile belirlenir. JRC değerleri ise Barton ve Choubey (1977) tarafından önerilmiş olan pürüzlülük profillerinden belirlenmektedir (Şekil 5).

JCS parametresi ise Deere ve Miller (1966) tarafından önerilen abak (Şekil 5) veya Eşitlik 11 kullanılarak belirlenebilmektedir.



Şekil 5. Schmidt geri sıçrama değeri ve tek eksenli basınç dayanımı arasındaki ilişki (Deere ve Miller 1966).

$$\log_{10}\sigma_c = 0.00088\gamma R + 1.01 \quad (11)$$

Bu eşitlikte;

σ_c : Tek eksenli basınç dayanımı (MN/m²)

γ : Kaya malzemesinin kuru yoğunluğu (kN/m³)

R : Schmidt geri sıçrama değeridir.

3.6. Barton ve Choubey (1977) Modeli

Barton-Bandis modelinin sadeleştirilmiş versiyonu olan bu yöntem, süreksizliklerin makaslama dayanımının pratik şekilde tahmin edilmesi için kullanılan görgül bir yöntemdir. Barton ve Choubey (1977) kaya kütlelerindeki süreksizliklerin (eklem, fay, çatlak vb.) makaslama dayanımını (τ), yüzey pürüzlülüğü ve duvar malzemesinin özelliklerine bağlı olarak tanımlamıştır. Kriteri temsil eden eşitlik aşağıdaki gibidir:

$$\tau = \sigma_n \tan \left(\text{JRC} \cdot \log_{10} \left(\frac{\text{JCS}}{\sigma_n} \right) + \varphi_r \right) \quad (12)$$

Eşitlikte;

τ : Makaslama dayanımı (MPa)

σ_n : Normal gerilme (MPa)

JRC : Eklemin Pürüzlülük Katsayısı (Joint Roughness Coefficient)

JCS : Eklemin Duvar Dayanımı (Joint Wall Compressive Strength, MPa)

φ_r : Eklemin rezidüel sürtünme açısıdır.

Temel sürtünme açısını belirlemek için, blok örnekler 6x6x1cm ebatlarında kesilmiş, yüzeyleri pürüzsüz ve deneye uygun hale getirilmiş örneklerde farklı normal gerilmeler altında üç adet makaslama deneyi gerçekleştirilmiştir. Bu deneylere ait normal gerilme (σ_n) - kesme gerilmesi (τ) grafikleri çizilerek kaya malzemesine ait temel sürtünme açısı (φ_b) belirlenir. Rezidüel sürtünme açısı (φ_r) ise aşağıdaki Eşitlik 13 kullanılarak hesaplanır.

$$\varphi_r = (\varphi_b - 20) + 20(r + R) \quad (13)$$

Bu eşitlikte;

R : Taze yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeri

r : Bozunmuş yüzeyin Schmidt geri sıçrama sertlik değeridir.

3.7. Kulatilake vd. (1995) Modeli

Kulatilake ve arkadaşları tarafından 1995 yılında yapılan bir çalışma sonucunda eklemlerinin anizotropik makaslama dayanımını modellemek amacıyla önerilen pürüzlülük-ölçek-yön bağımlı görgül bir modeldir. Bu modeli ifade eden eşitlik;

$$\tau = \sigma_n \tan \left(\varphi_b + a(\text{SRP}^c) \left[\log_{10} \left(\frac{\sigma_j}{\sigma_n} \right) \right]^d + I \right) \quad (14)$$

şeklindedir. Bu eşitlikte;

τ : Eklemin pik makaslama dayanımı,

σ_n : Etkin normal gerilme,

φ_b : Temel sürtünme açısı,

a, c, d : Pürüzlülük ve ölçek etkisinin makaslama dayanımına katkısını düzenleyen boyutsuz sabitler,

SRP : Eklem yüzeyinin ölçek bağımlı ve istatistiksel pürüzlülük özelliklerini temsil eden durağan pürüzlülük parametresi,

σ_j : Pürüzlerin ezilme/kırılma direncini temsil eden eklem basınç dayanımı (JCS),

I : Makaslama yönüne bağlı durağan olmayan pürüzlülük bileşenini temsil eden ve anizotropik makaslama davranışını modele dâhil eden ortalama eğim açısıdır.

Bu model, sonraki yıllarda Kulatilake vd. (1999) tarafından yapılan çalışma ile geliştirilmiştir.

3.8. Maksimovic (1996) Modeli

Maksimovic (1996), kaya eklemlerinin pik makaslama dayanımını tanımlamak amacıyla, makaslama dayanımının normal gerilmeye bağlı değişimini dikkate alan hiperbolik bir model önermiştir. Bu modele göre, düşük normal gerilmelerde eklem yüzeyinin pürüzlülüğüne bağlı dilatasyon etkisi baskın olup, normal gerilmenin artmasıyla birlikte bu etki giderek azalmaktadır. Söz konusu davranış, eklem yüzeyindeki pürüzlülüğün artan normal gerilme altında ezilmesi ve makaslama sırasında dilatansın sınırlandırılması ile açıklanmaktadır. Model aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$\tau = \sigma_n \tan \left(\varphi_b + \frac{\Delta\varphi}{1 + \sigma_n/p_n} \right) \quad (15)$$

Bu eşitlikte;

τ : Eklemin pik makaslama dayanımını

σ_n : Etkin normal gerilme

φ_b : Temel sürtünme açısı

$\Delta\varphi$: Maksimum dilatasyon açısını temsil eden eklem pürüzlülük açısı

p_n : Medyan normal gerilmedir.

p_n parametresi pürüzlülüğün makaslama dayanımına olan katkısının maksimum değerinin yarısına düştüğü normal gerilme seviyesini temsil etmektedir ve eklem yüzeyinin mekanik davranışını karakterize eden önemli bir parametre olarak tanımlanmaktadır.

Model, eklem yüzeyinin pürüzlülük etkisinin normal gerilme ile birlikte sürekli ve doğrusal olmayan bir şekilde azaldığını ortaya koyması bakımından, Patton (1966) ve Jaeger (1971) gibi doğrusal modellerin sınırlılıklarını aşan bir yaklaşım sunmaktadır.

3.9. Kulatilake vd. (1999) Modeli

Bu model Doğal kaya ekleminin alçı esaslı bir model malzeme ile kopyalarının oluşturulması ile elde edilen örneklerde yapılan deneysel çalışmalar sonucunda Kulatilake vd. (1999) tarafından önerilmiştir. Araştırmacılar dolgusuz model eklemler üzerinde, pürüzlülük ölçümlerinin yapıldığı yönlerin her biri için, beş farklı normal gerilme seviyesinde doğrudan makaslama deneyleri gerçekleştirilerek anizotropik pik makaslama dayanımı belirlemişlerdir. Modeli tanımlayan eşitlik aşağıdaki gibidir.

$$\frac{\tau}{\sigma_j} = \frac{\sigma_n}{\sigma_j} (1 - a_s) \tan \left[\sigma_b + (160D^{5.63} A^{0.88} \pm 1.8I_{cff}) \log \left(\frac{\sigma_j}{10\sigma_n} \right) \right] + a_s \frac{\tau_r}{\sigma_j} \quad (16)$$

Eşitlikte;

τ : Eklem boyunca oluşan maksimum makaslama gerilmesi

σ_n : Makaslama düzlemine dik yönde etkiyen normal gerilme

σ_j : Pürüzlerin ezilme ve kırılmaya karşı direncini temsil eden basınç dayanımı (JCS)

a_s : Makaslama sırasında doğrudan kesilen pürüzlerin alanının, toplam eklem yüzey alanına oranı ($a_s = 0$ ise yalnızca sürtünme + dilatasyon, $a_s = 1$ ise tamamen pürüzlerin kesilmesi)

φ_b : Temel sürtünme açısı,

D : Eklem yüzeyinin durağan (stationary) pürüzlülüğünü temsil eden fraktal tabanlı parametre (fraktal boyut)

A : Fraktal boyut ile birlikte kullanılan, durağan pürüzlülüğün büyüklüğünü ifade eden ölçek bağımlı özgül uzunluk (specific length) parametresi,

I_{eff} : Makaslama yönüne bağlı olarak değişen, yönsel (anizotropik) pürüzlülük bileşenini temsil eden etkili durağan olmayan eğilim açısı,

τ_r : Pürüzlerin kırılmasından sonra kalan sürtünmeye dayalı rezidüel makaslama dayanımıdır.

Eşitlikteki $\pm$ işareti ise ileri ve geri makaslama yönleri arasındaki farkı ifade etmektedir.

3.10. Grasselli (2001, 2006) Modeli

Grasselli modeli, kaya eklemlerinin pik makaslama dayanımını belirlemede eklem yüzeyi pürüzlülüğünü üç boyutlu (3B) olarak ele alan, geometrik temelli ve yöne bağımlı (anizotropik) bir yaklaşımdır. Model, klasik 2B pürüzlülük tanımlarının (JRC vb.) yetersizliklerini gidermek amacıyla Grasselli (2001, 2006) tarafından geliştirilmiştir. Model aşağıdaki eşitlik ile ifade edilmektedir.

$$\tau = \sigma_n \tan \varphi_r (1 + g) \quad (17)$$

Bu eşitlikte φ_r rezidüel sürtünme açısıdır ve

$$\varphi_r = \varphi_b + \beta \quad (18)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır.

β : Etkili dilatasyon açısı veya pürüzlülüğün makaslama dayanımına yaptığı geometrik katkı açısıdır. Bu parametre aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\beta = \left(C \cdot A_o^{1.5} \cdot \theta_{\max} \cdot \left(1 - A_o^{\frac{1}{C}} \right) \right) \cos \alpha \quad (19)$$

C : Boyutsuz uyum parametresi

Bu parametre eklemin yüzey morfolojisinin istatistiksel dağılımını tanımlar ve eklem yüzey geometrisinin karmaşıklığını yansıtır.

A_0 : Boyutsuz potansiyel temas alanı oranıdır. Belirli bir makaslama yönünde, eklem yüzeyinde kaymaya karşı direnç oluşturabilecek pürüzlerin alanının, toplam yüzey alanına oranını ifade eder. 0–1 aralığındadır.

$\theta_{\max}$: Maksimum görünür eğim açısı

Makaslama yönünde ölçülen pürüzlerin kaymaya karşı oluşturduğu en büyük geometrik engeli temsil eder.

α : Makaslama yönü ile asperite yönelimi arasındaki açıdır. Pürüzlülük anizotropisini dikkate alır; makaslama yönü asperite doğrultusuna paralel olmadığında etkin katkı azalır.

Modeli ifade eden eşitlikteki g parametresi, yüzey morfolojisinin tepe kayma dayanımı üzerindeki etkisini hesaba katan bir terimdir. Aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır.

$$g = e^{-\frac{\theta_{\max} \sigma_n}{9 A_0 C \sigma_t}} \quad (20)$$

Eşitlikteki;

σ_t : kaya malzemesinin çekme dayanımıdır.

Modele ait denklem (Eşitlik 18) makaslama dayanımının iki ana bileşenden oluştuğunu ifade etmektedir. Bunlar temel sürtünme bileşeni ($\sigma_n \tan \phi_r$) ve pürüzlülüğünden kaynaklanan ek dirençtir ($1 + g$).

Grasselli modelini diğer modellerden farklılaştıran yönü ise modelde, makaslama sırasında eklem yüzeyinde makaslama karşı direnç oluşturan pürüzlerin geometrik engelleyici etkisinin esas alınmasıdır. Bu durum eklem pürüzlülüğü görünür eğim açısı (apparent dip angle) kavramı ile tanımlanır ve pürüzlülük yalnızca bir profil boyunca değil, tüm yüzey üzerinde ve makaslama yönüne bağlı olarak değerlendirilir. Böylece eklemlerin anizotropik makaslama davranışı modele dahil edilir. Grasselli modeli sonraki yıllarda yapılan çalışmalar (Tang et al. 2012, 2016, Xia et al. 2014, Zhang et al. 2016, Tian et al. 2018, Ban et al. 2023) ile geliştirilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Kaya kütlelerinin mühendislik davranışını belirleyen en önemli faktörlerden biri, süreksizliklerin makaslama dayanımıdır. Doğal kaya ortamlarında tabakalanma, eklem, fay ve makaslama çatlakları gibi süreksizlikler, kaya kütlelerinin dayanım ve deformasyon özelliklerini büyük ölçüde kontrol etmekte, dolayısıyla şev stabilitesi, tünel tasarımı, baraj temelleri ve yeraltı kazıları gibi mühendislik uygulamalarında kritik rol oynamaktadır. Bu nedenle süreksizliklerin makaslama dayanımının doğru ve güvenilir biçimde belirlenmesi, güvenli ve ekonomik mühendislik tasarımları açısından büyük önem taşımaktadır. Deneysel yöntemler bu dayanımın belirlenmesinde yüksek doğruluk sağlamakla birlikte, saha koşullarının zorluğu, numune teminindeki güçlükler ve yüksek maliyetler nedeniyle sıklıkla

sınırlı olarak kullanılabilir. Bu durum, özellikle ön tasarım ve kestirim aşamalarında görgül yöntemlerin daha pratik ve yaygın biçimde kullanılmasını gerekli kılmıştır. Görgül yaklaşımlar; deneysel sonuçlar, saha gözlemleri ve mühendislik deneyimlerine dayanarak geliştirilmiş olup, farklı süreksizlik tipleri ve jeolojik koşullar için uygulanabilir tahmin modelleri sunmaktadır. Bu çalışmada ele alınan Mohr–Coulomb, Patton, Ladanyi–Archambault, Jaeger, Barton–Bandis, Barton–Choubey, Maksimovic, Kulatilake ve Grasselli gibi modeller, süreksizliklerin makaslama dayanımını farklı yaklaşımlarla tanımlamaktadır. Mohr–Coulomb modeli, basitliği ve mühendislikteki yaygın kullanımı sayesinde halen temel bir referans oluşturmaktadır; ancak süreksizlik yüzeylerinin geometrik pürüzlülük etkilerini doğrudan temsil etmemektedir.

Patton (1966) modeli, pürüzlü yüzeylerin etkisini ilk kez matematiksel olarak tanımlayarak önemli bir katkı sunmuştur; ancak yüksek normal gerilmelerde pürüz deformasyonlarını göz ardı etmesi bu model için bir sınırlılıktır.

Ladanyi–Archambault (1970) modeli, dilatasyon etkisini ve kesme alanı oranını dikkate alması nedeniyle, bu model diğerlerine göre daha gerçekçi bir eşitlik ile tanımlamıştır.

Jaeger (1971) modelinin kohezyonun normal gerilme ile artan bir fonksiyon olduğunu varsayarak, geçişli (non-lineer) bir davranışı başarıyla temsil etmesi, bu modelin en önemli başarısıdır.

Barton–Bandis (1973–1982) görgül kriteri, JRC, JCS ve ϕ_b gibi parametrelerinin tanımlanmasıyla kaya mekaniğinde en yaygın kullanılan ve pratiklik–gerçekçilik dengesini sağlayan model olmuştur.

Maksimovic (1996) modeli hiperbolik yapısıyla pürüzlülüğün normal gerilme altındaki değişken etkisini iyi açıklamakta, süreksizlik davranışını daha doğru şekilde tahmin edebilmektedir.

Kulatilake (1995, 1999) ve Grasselli (2001) modelleri ise modern dönem çalışmaları olarak süreksizliklerin üç boyutlu geometrisini, anizotropisini ve fraktal pürüzlülük özelliklerini hesaba katarak kaya kütlesi davranışına daha fiziksel ve anizotropik bir yaklaşım kazandırmıştır.

Bu modellerin karşılaştırmalı incelenmesi, her birinin farklı mühendislik koşulları ve süreksizlik özellikleri için avantaj ve sınırlamalara sahip olduğunu göstermiştir. Örneğin, Barton–Bandis modeli pratik mühendislik uygulamaları için güvenilir ve kolay uygulanabilir bir tahmin yöntemi sunarken, Grasselli modeli (2001) ileri düzey laboratuvar veya dijital yüzey analizleri gerektiren karmaşık sistemler için uygun bir alternatif oluşturmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde;

1. Görgül yaklaşımlar, sınırlı deneysel veri bulunan koşullarda ön tasarım ve mühendislik karar süreçlerinde etkin bir tahmin aracı olarak kullanılabilir.
2. Model seçiminde süreksizliğin geometrik özellikleri (pürüzlülük, dolgu durumu, yönelim), normal gerilme aralığı ve analiz ölçeği göz önünde bulundurulmalıdır.
3. Doğrudan deneysel yöntemlerle kalibre edilen görgül modeller, gerçek saha koşullarıyla uyumlu halde kullanıldığında yüksek güvenilirlik sağlar.
4. Yeni nesil 3B geometrik modeller, süreksizliklerin anizotropik ve ölçek bağımlı davranışlarını anlamada geleceğin yönünü işaret etmektedir.

Sonuç olarak, süreksizliklerin makaslama dayanımının güvenilir tahminine yönelik görgül yöntemlerin doğru seçimi ve kalibrasyonu, jeoteknik mühendisliği uygulamalarında güvenli, ekonomik ve sürdürülebilir tasarımların temelini oluşturmaktadır. Görgül modellerin ilerleyen yıllarda gelişen sayısal analiz teknikleri ve 3B yüzey karakterizasyon teknolojileri ile birlikte entegre edilmesi, daha gerçekçi tahminler ve mühendislikte daha yüksek öngörü gücü sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Ban L, Tao Z, Du W, Hou Y. (2023). A consecutive joint shear strength model considering the 3D roughness of real contact joint surface. *International Journal of Mining Science and Technology*, 33 (5), 617-624.
- Bandis SC, Lumsden AC, Barton NR. (1983). Fundamentals of Rock Joint Deformation. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 20(6), 249-268.
- Barton N, Bandis S. (1982). Effects of block size on the shear behaviour of jointed rock. In: Goodman RE, Heuze FE editors. *Proceedings of the 23rd U.S. symposium on rock mechanics*, Berkeley, CA; 739-760.
- Barton N, Choubey V. (1977). The shear strength of rock joints in theory and practice. *Rock Mech Rock Eng*, 10(1-2):1-54.
- Barton NR. (1973). Review of a new shear strength criterion for rock joints. *Eng. Geol.* 7, 287-332.
- Barton N. (1976). The Shear Strength of Rock and Rock Joints. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.*, 13(9), 255-279.
- Coulomb CA. (1776). *Essai sur une application des regles de maximis et minimis quelques problemes de statique, relatifs a l'architecture*. Memoires de Mathematique de l'Academie Royale de Science 7, Paris.
- Deere DU, Miller RP. (1966). Engineering classification and index properties for intact rock. (Technical report no. AFNL-TR-65-116). New Mexico: Air Force Weapons Laboratory.
- Goodman RE. (1976). *Methods of Geological Engineering in Discontinuous Rocks*. West Publishing Co., St. Paul.
- Goodman RE. (1989). *Introduction to Rock Mechanics*, Wiley, New York.
- Grasselli G. (2001). Shear strength of rock joints based on quantified surface description. Ph.D. thesis, Dept. of Civil Engineering, EPFL.
- Grasselli G. (2006). Manuel Rocha medal recipient shear strength of rock joints based on quantified surface description. *Rock Mech. Rock Eng.* 39 (4): 295-314.
- Grasselli G, Egger P. (2003). Constitutive law for the shear strength of rock joints based on three-dimensional surface parameters. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci.* 40 (1): 25-40.
- Hoek E, Bray JW. (1981). *Rock Slope Engineering* (3rd Edition). Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Jaeger JC (1971). Friction of rocks and the stability of rock slopes, Rankine Lecture. *Geotechnique*, 21: 97 - 134.
- Jaeger JC, Cook NGW, Sussex W. (2011). *Fundamentals of Rock Mechanics*. 4. Edition. Wiley.

- Kulatilake P, Shou G, Huang T, Morgan R. (1995). New peak shear strength criteria for anisotropic rock joints. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomech. Abstr.* 32 (7): 673–697.
- Kulatilake P, Um J, Panda B, Nghiem N. (1999). Development of new peak shear-strength criterion for anisotropic rock joints. *J. Eng. Mech.* 125 (9): 1010–1017.
- Ladanyi B, Archambault G. (1970). Simulation of the shear behaviour of a jointed rock mass. In *Proc 11th US Symposium on Rock Mechanics*, Berkeley, 105–125.
- Maksimovic M. (1996). A family of nonlinear failure envelopes for non-cemented soils and rock discontinuities. *Electron J Geotech Eng.*
- Mohr O. (1900). Welche Umstände Bedingen die Elastizitätsgrenze und den Bruch eines Materials? *Zeitschrift des Vereines Deutscher Ingenieure*, 44, pp. 1-12.
- Palmstrom A, Broch E. (2006). Use and Misuse of Rock Mass Classification Systems with Particular Reference to the Q-system. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 21(6), 575–593.
- Patton FD. (1966). Multiple modes of shear failure in rock. In: *Proceedings of the first congress of ISRM*. Lisbon, 509–513.
- Saeb S, Amadei B. (1992). Modelling rock joints under shear and normal loading. *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech.*, 29, 267-278.
- Seidel JP., Haberfield CM. (2002). Laboratory testing of concrete-rock joints in constant normal stiffness direct shear. *Geotechnical Testing Journal*, 25, 1-14.
- Tang H, Ge Y, Wang L, Yuan Y, Huang L, Sun M. (2012). Study on estimation method of rock mass discontinuity shear strength based on three-dimensional laser scanning and image technique. *J. Earth Sci.* 23, 908–913.
- Tang ZC, Jiao YY, Wong LNY, Wang XC. (2016). Choosing appropriate parameters for developing empirical shear strength criterion of rock joint: Review and new insights. *Rock Mech. Rock Eng.* 49:4479–4490.
- Tian Y, Liu Q, Liu D, Kang Y, Deng P, He F. (2018). Updates to Grasselli's peak shear strength model. *Rock Mech Rock Eng.* 51:2115–2133.
- Xia CC, Tang ZC, Xiao WM, Song YL. (2014). New peak shear strength criterion of rock joints based on quantified surface description. *Rock Mech Rock Eng.* 47 (2):387–400.
- Yaşar E, Erdoğan Y. (2004). Estimation of Rock Physicomechanical Properties Using Hardness Methods. *Engineering Geology*, 71(3–4), 281–288.
- Zhang X, Jiang Q, Chen N, Wei W, Feng X. (2016). Laboratory investigation on shear behavior of rock joints and a new peak shear strength criterion. *Rock Mech Rock Eng* 49:3495–3512.

ENHANCING RT-DETR FOR SMALL OBJECT DETECTION IN AERIAL IMAGERY VIA ADAPTIVE FEATURE FUSION

Ahmet ARAPOĞLU

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering

ORCID: 0000-0001-5303-3680

Doç.Dr. Fatih ÖZYURT

Fırat University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineer

ORCID: 0000-0002-8154-6691

ÖZET

Küçük nesne tespiti, modern bilgisayarlı görü alanındaki en zorlu problemlerden biri olmaya devam etmektedir. Bu zorluk, çok küçük nesnelerin temsil ettiği son derece sınırlı görsel bilgiye, gürültüye, örtülmeye ve ölçek değişimine karşı yüksek hassasiyetlerine ve genellikle yalnızca birkaç piksel kaplamalarına bağlıdır. Bu zorluklar, yüksek irtifadan elde edilen hava görüntülerinde daha da belirgin hâle gelmektedir; bu tür görüntülerde nesneler son derece küçük, yoğun şekilde kümelenmiş ve görsel olarak üst üste binmiş durumda olup, bu da tespiti geleneksel sahnelerle kıyasla çok daha zor hâle getirmektedir. RT-DETR güçlü gerçek zamanlı nesne tespit performansı sunsa da, mevcut mimarisi hava görüntülerindeki küçük nesnelerin tespitinde belirgin sınırlamalar göstermektedir. Bu problemi ele almak için, dört temel bileşenden oluşan bütünleşik bir iyileştirme çerçevesi önerilmektedir. İlk olarak, görüntü yeniden boyutlandırma sırasında küçük nesnelerin kaybolmasını önlemek amacıyla, standart yeniden boyutlandırma işlemleri yerine yüksek çözünürlüklü hava görüntülerini örtüşen alt parçalara bölen bir Dilimleme Stratejisi kullanılmaktadır; bu sayede küçük hedeflerin ince görsel yapısı korunmaktadır. İkinci olarak, derin katmanlardaki özellik kaybını azaltmak için, omurga ağı (backbone) Uyarlanabilir Özellik Birleştirme (Adaptive Feature Fusion – AFF) modülleri entegre edilmektedir. Bu modüller, düşük seviyeli ayrıntılı özellikleri yüksek seviyeli anlamsal özelliklerle uyarlanabilir biçimde birleştiren dikkat mekanizmaları olarak çalışmaktadır. Üçüncü olarak, hava görüntülerinde yaygın olarak görülen ölçek değişimi, yoğunluk ve örtülme sorunlarını ele almak amacıyla, eğitim süreci Mosaic ve Mixup gibi gelişmiş veri artırma teknikleri kullanılarak güçlendirilmektedir; bu da modelin karmaşık ve yoğun sahnelerle karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Dördüncü olarak, geleneksel IoU tabanlı kayıp fonksiyonlarının küçük sınır kutusu kaymalarına karşı aşırı hassasiyetini gidermek için, sınır kutularını olasılıksal dağılımlar olarak modelleyen Normalize Edilmiş Wasserstein Mesafesi (Normalized Wasserstein Distance – NWD) Kayıp Fonksiyonu benimsenmektedir; bu yaklaşım, çok küçük nesneler için daha kararlı ve etkili bir eğitim sinyali sağlamaktadır. DeneySEL sonuçlar, önerilen çerçevenin RT-DETR modelinin performansını, özellikle küçük nesnelerin tespit doğruluğu açısından, önemli ölçüde artırdığını ve buna karşın neredeyse gerçek zamanlı çıkarım hızını koruduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Küçük Nesne Tespiti; RT-DETR; Özellik Birleştirme; Gerçek Zamanlı Tespit.

ABSTRACT

Small object detection remains one of the most challenging problems in modern computer vision. This difficulty arises from the extremely limited visual information represented by tiny objects, their high sensitivity to noise, occlusion, and scale variation, and the fact that they often occupy only a few pixels. These challenges become even more severe in high-altitude aerial imagery, where objects appear extremely small, densely packed, and visually overlapping, making detection significantly more difficult than in conventional scenes. Although RT-DETR delivers strong real-time detection performance, its current architecture exhibits clear limitations when applied to small objects in aerial imagery. To address this problem, we propose an integrated enhancement framework built upon four core components. First, to prevent the disappearance of small objects during image resizing, we replace standard Resize operations with a Slicing Strategy that divides high-resolution aerial images into overlapping tiles, preserving the fine visual structure of small targets. Second, to mitigate feature loss in deeper layers, we incorporate Adaptive Feature Fusion (AFF) modules into the backbone. These modules act as attention mechanisms that adaptively combine low-level detailed features with high-level semantic features. Third, to handle scale variation, congestion, and occlusion commonly observed in aerial imagery, we strengthen the training process using advanced augmentation techniques such as Mosaic and Mixup, improving the model's robustness to complex and densely populated scenes. Fourth, to overcome the extreme sensitivity of traditional IoU-based loss functions to slight bounding-box shifts, we adopt the Normalized Wasserstein Distance (NWD) Loss, which models bounding boxes as probabilistic distributions, providing a more stable and effective training signal for very small objects. Experimental results demonstrate that the proposed framework significantly enhances the performance of RT-DETR, particularly in the detection accuracy of small objects, while maintaining near real-time inference speed.

Keywords: Small Object Detection; RT-DETR; Feature Fusion; Real-Time Detection.

INTRODUCTION

The rapid evolution of computer vision technologies has driven remarkable progress in the domain of object detection (Liu et al., 2020). Concurrently, the deployment of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) has proliferated across a broad spectrum of civilian and military sectors, becoming indispensable for tasks such as security surveillance, intelligent traffic management, and search-and-rescue operations (Mittal et al., 2020). However, the automated detection of objects within UAV-captured imagery presents a paradigm distinct from

conventional ground-level photography, introducing unique and complex computational challenges (X. Zhu, Lyu, et al., 2021). The primary scientific challenge addressed in this research is the persistent difficulty of detecting small objects in high-resolution aerial data. UAV datasets are characterized by the prevalence of minute targets often occupying less than 32×32 pixels alongside high object density, abrupt illumination variations, and diverse viewing angles (P. Zhu et al., 2022). These environmental constraints significantly degrade the performance of traditional detection algorithms, primarily because fine-grained feature cues are often weakened or lost during the down-sampling operations inherent in deep neural network backbones, leading to missed detections and unstable localization (Tong et al., 2020). As illustrated in Figure 1, UAV-captured aerial images exhibit substantial diversity and complexity across different real-world scenarios. Specifically, (a) shows a crowded public area with numerous pedestrians appearing at extremely small scales, (b) depicts a harbor scene containing densely packed boats with complex background structures, (c) presents a nighttime residential environment characterized by low illumination and reduced visual contrast, and (d) illustrates a congested urban street scene with dense traffic and severe object occlusion. These examples highlight the inherent challenges of aerial object detection, including small object sizes relative to image resolution, high object density, scale variation, occlusion, and illumination changes, which collectively make accurate detection and localization significantly more difficult than in conventional ground-level imagery. Recent advancements in end-to-end transformer detectors offer a promising alternative to conventional pipelines, enabling robust real-time performance. A representative state-of-the-art model is the Real-Time Detection Transformer (RT-DETR), which redesigns multi-scale feature processing to balance inference speed with accuracy (Zhao et al., 2024). Nevertheless, applying such models directly to aerial imagery remains suboptimal unless the architecture is specifically adapted to preserve the semantic details of tiny targets and strengthen multi-level feature representations. Consequently, this study aims to design and implement an enhanced object detection framework based on the RT-DETR architecture to overcome these limitations. The research is grounded in three core hypotheses: first, that integrating Slicing Aided Hyper-Inference (SAHI) will mitigate the issue of small objects vanishing during resizing by utilizing tile-based processing (Akyon et al., 2022); second, that replacing standard concatenation with an Adaptive Feature Fusion (AFF) mechanism will better aggregate context across network stages to strengthen small-object representations in crowded scenes (Dai et al., 2021); and third, that replacing purely IoU-driven localization learning with a Normalized Wasserstein Distance (NWD) formulation will provide a more stable gradient flow for optimizing the localization of tiny bounding boxes, which are highly sensitive to minor positional shifts

(Wang et al., 2022). The proposed model will be evaluated using standard metrics such as mean Average Precision (mAP) and compared against recent state-of-the-art approaches to validate these hypotheses.



(a)



(b)



(c)



(d)

Figure 1. Sample images taken from a drone: (a) a crowded public sports area with numerous small pedestrians, (b) a harbor scene with densely packed boats and complex backgrounds, (c) a nighttime residential area with low illumination and reduced contrast, and (d) a congested urban street with dense traffic and severe occlusions.

RELATED WORK

Small Object Detection in Aerial Imagery

Detecting small objects in aerial imagery remains a persistent challenge in the field of computer vision. The primary difficulty stems from the minute spatial resolution of targets, which are often densely clustered and subject to partial occlusion. Furthermore, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) imagery frequently exhibits significant scale variations due to fluctuating flight altitudes and camera angles. Consequently, even state-of-the-art detectors often fail to recall small targets or produce unstable bounding boxes, particularly when objects occupy only a few pixels (Xu et al., 2022).

Transformer-Based Detectors and Real-Time Detection

In recent years, transformer-based detectors became popular because they provide an end-to-end detection approach. Compared to classic pipelines, they try to reduce extra steps and learn

object queries with global context. RT-DETR is one of the important real-time transformer detectors, and it is designed to be efficient and practical for real-time use (**Q. Zhang et al., 2022**). However, in aerial imagery, real-time performance alone is not enough. The model also needs to keep fine details for small objects, and this is where additional improvements are usually required.

Feature Fusion for Small Objects

A significant body of literature focuses on improving multi-scale feature representation. Small objects rely heavily on low-level visual cues, such as edges and local textures, whereas deep network layers predominantly encode high-level semantic information. To bridge this gap, various studies have proposed effective mechanisms to aggregate features from different network depths. Feature fusion strategies aim to recover detailed spatial information and integrate it with semantic features. Notably, adaptive fusion techniques have been introduced to dynamically assign weights to features based on scene complexity or object scale, proving particularly effective for small object detection (**Q. Zhang et al., 2022**).

Slicing and Tiling for High-Resolution Aerial Images

Aerial images typically possess high resolutions, and standard resizing to fixed input dimensions often results in the loss of small objects. A practical and widely adopted solution to this issue is slicing or tiling, where the original image is partitioned into smaller, overlapping patches for independent inference. The Slicing Aided Hyper-Inference (SAHI) framework is a prominent approach that facilitates this slicing-aided inference and supports fine-tuning specifically for small object detection (**Akyon et al., 2022**). This methodology is particularly advantageous for UAV datasets as it significantly preserves tiny objects compared to global resizing strategies.

Loss Functions and Localization Stability for Tiny Objects

For tiny objects, standard Intersection over Union (IoU)-based loss functions often exhibit instability. A shift of merely a few pixels in a predicted bounding box can result in a drastic drop in IoU, complicating the training process and degrading localization quality. To mitigate this, the Normalized Wasserstein Distance (NWD) has been proposed as a robust alternative. By modeling bounding boxes as 2D Gaussian distributions, NWD provides a smoother and more stable regression signal for tiny targets. In the domain of aerial small-object detection, NWD is widely recognized as a robust method for improving localization accuracy (**Xu et al., 2022**).

METHODOLOGY

Overview of RT-DETR

To address the limitations of standard detectors on aerial imagery, this study proposes an enhanced architecture based on RT-DETR (Real-Time Detection Transformer), which represents a significant milestone as the first transformer-based model to achieve true real-time performance while maintaining high accuracy.

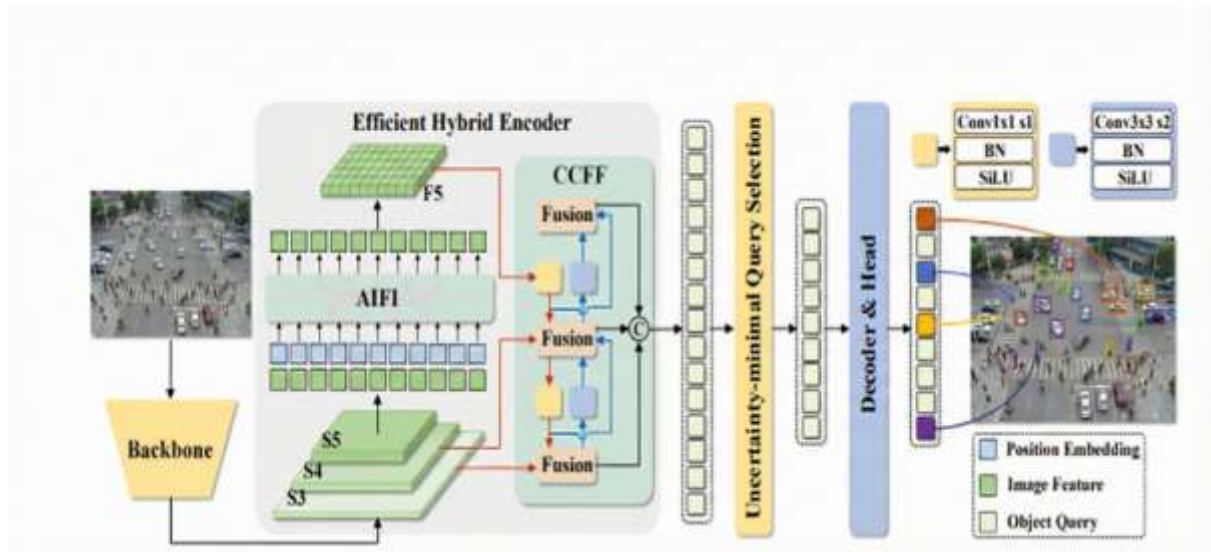


Figure 2. Overview of the standard RT-DETR architecture.

RT-DETR is a real-time end-to-end object detector that leverages Vision Transformers (ViT) for efficient processing. Its architecture proceeds in three key stages, starting with a CNN backbone (typically Baidu's in-house developed HGNetv2) that extracts multi-scale features from the input image, specifically utilizing the last three stages denoted as $\{S3, S4, S5\}$ to capture feature maps at different resolutions. Following the backbone, the model employs a unique Efficient Hybrid Encoder to process these multi-scale features efficiently by decoupling feature interaction into two components: the Attention-based Intra-scale Feature Interaction (AIFI) module, which performs self-attention on high-level features (S5) to capture rich semantic concepts, and the Cross-scale Common Feature Fusion (CCFF) module, which fuses features from different layers (S3, S4, S5) to blend semantic depth with high-resolution spatial details. The architecture concludes with a multi-layer Transformer decoder equipped with an Uncertainty-Minimal Query Selection mechanism that dynamically selects a fixed number of image features to serve as initial object queries instead of using static anchors. This unique design significantly reduces computational costs, enabling real-time detection, yet standard RT-DETR still encounters challenges with the extreme scale variations typical of drone imagery; therefore, the proposed method integrates core technical

improvements specifically designed to enhance small object detection within this frameworks (Zhao et al., 2024).

Class-Aware Slicing (Preprocessing)

Standard resizing of high-resolution images destroys the details of small objects. To address this, we implemented a Class-Aware Slicing (CAS) strategy where original images are sliced into fixed patches of 640×640 pixels, a method proven effective for high-resolution aerial imagery (Akyon et al., 2022). To mitigate class imbalance, we applied a dynamic stride mechanism; a standard stride of 512 pixels was used for common classes, while a denser stride of 400 pixels was applied to regions containing rare classes such as bicycles and tricycles. This approach effectively increases the sampling frequency of underrepresented objects during training.

Adaptive Feature Fusion (AFF) Module

Standard RT-DETR uses a feature fusion approach where feature maps from different levels are directly stitched together (concatenation). Although intuitive, this approach is difficult for the model to distinguish which parts of the features are more important. It uses fixed weights to stitch features, which is not flexible enough to deal with multi-scale information and ignores the modeling of local information—crucial for the accuracy of small object detection. To address this, we propose an Adaptive Feature Fusion (AFF) approach, inspired by. This method introduces a learned attentional weight matrix to dynamically adjust the weights of the feature maps based on the input data, rather than using fixed concatenation. Mathematically, let the input feature be $X \in \mathbb{R}^{C \times H \times W}$, where C is the number of channels, and H and W are the height and width. We introduce a learned attentional weight matrix A , where the weight of each position indicates the contribution of the corresponding position in the feature fusion. The attention map A is computed as:

$$A = \sigma(W_a * X) \quad (1)$$

Where:

- $*$ denotes the convolution operation.
- W_a denotes the learnable parameter (convolution kernel of size $k \times k$).
- σ is the Sigmoid activation function.

The final fused feature map Y is obtained by element-by-element multiplication of the input features and the generated attention weights. This allows the network to suppress background noise and enhance the representation of small objects:

$$Y = A \otimes X \quad (2)$$

Where $\otimes$ denotes element-wise multiplication. By updating the learnable weights W_a through the training process, the model flexibly adapts to complex scenes and improves its generalization ability for small targets.

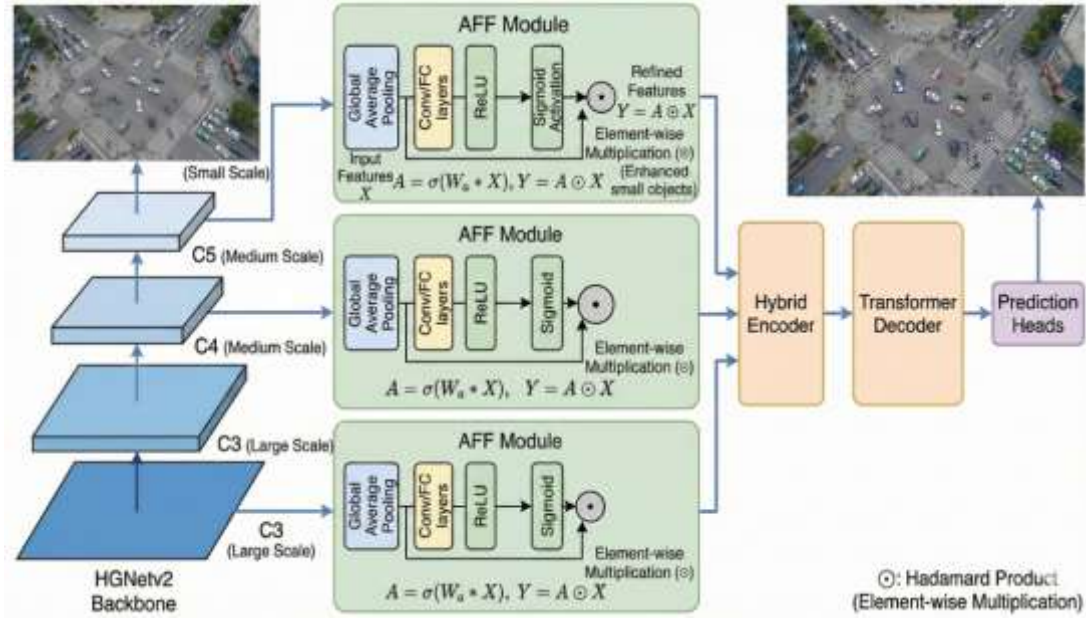


Figure 3. Schematic Diagram of the Proposed Improved RT-DETR Architecture.

The diagram illustrates the integration of the Adaptive Feature Fusion (AFF) module between the HGNetv2 Backbone and the Hybrid Encoder. The AFF module refines multi-scale features (C3, C4, C5) by computing attention weights via a Sigmoid activation function and applying them through element-wise multiplication ($\otimes$), thereby enhancing the semantic representation of small objects before they enter the Transformer Decoder.

Normalized Wasserstein Distance (NWD) Loss

Standard Intersection over Union (IoU) loss is sensitive to slight positional deviations, which is fatal for tiny objects where a shift of a few pixels can drop IoU to zero. To address this, we replaced the standard CIoU loss with NWD Loss. This approach models bounding boxes as 2D Gaussian distributions and measures the similarity between them, providing a stable gradient flow even when the predicted box and ground truth do not strictly overlap, thereby ensuring faster and more accurate convergence for small objects.

Slicing Aided Hyper-Inference (SAHI)

For the inference phase, we employed Slicing Aided Hyper-Inference (SAHI). Instead of resizing the full inference image, SAHI performs sliced prediction on overlapping patches and merges the results using Non-Maximum Suppression (NMS). This ensures that the detection capabilities learned during the sliced training phase are fully utilized during testing.

EXPERIMENTS AND RESULTS

Dataset Description

The dataset used for the experiments in this paper is the VisDrone2019-DET public dataset (Du et al., n.d.). This dataset was collected and annotated by the AISKEYEYE team at the Laboratory of Machine Learning and Data Mining, Tianjin University, China, for the *Vision Meets Drone* object detection challenge. It is widely regarded as one of the most challenging benchmarks for object detection in aerial imagery. The VisDrone2019-DET dataset consists of 10,209 static images, which are divided into 6,471 images for training, 548 images for validation, and 1,610 images for testing. The images were captured using various UAV platforms across diverse urban and suburban environments under different weather conditions, lighting variations, viewpoints, and flight altitudes. The image resolutions are high, reaching up to 2000×1500 pixels, which further increases the difficulty of the detection task. The dataset includes ten object categories, namely *Pedestrian*, *People*, *Bicycle*, *Car*, *Van*, *Truck*, *Tricycle*, *Awning-tricycle*, *Bus*, and *Motor*. The detailed description of this dataset is shown in Figure 4. As illustrated in (a), the distribution of object instances is highly imbalanced, with *pedestrians* and *cars* accounting for the majority of annotations, reflecting real-world traffic and crowd distributions in aerial scenes. Furthermore, as shown (b), most annotated objects occupy less than 0.01 of the image area, indicating the presence of a large number of small and tiny objects in the dataset. This characteristic makes VisDrone2019 particularly suitable for evaluating and benchmarking methods aimed at improving small object detection in complex aerial environments.

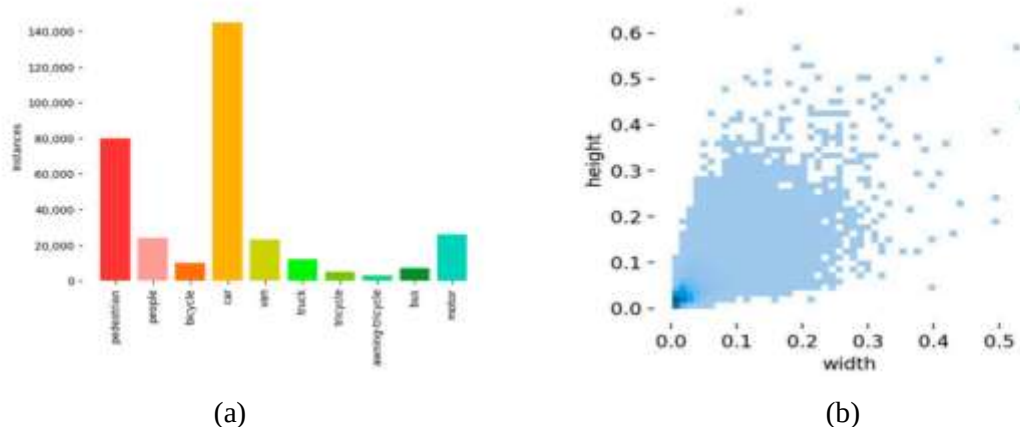


Figure 4. VisDrone2019 dataset overview:

(a) Instance distribution of the ten object categories in VisDrone2019;

Experimental Setup

All experiments were implemented using the PyTorch framework and the Ultralytics library on a high-performance workstation equipped with an NVIDIA A100 GPU. The

hyperparameter configuration included the AdamW optimizer with an initial learning rate of 5×10^{-5} , managed by a Cosine Annealing Learning Rate scheduler to ensure stable convergence. Strong data augmentations were heavily utilized to enforce robustness against complex backgrounds, specifically Mosaic with a probability of 1.0 and Mixup with a probability of 0.15. The training duration was set to 100 Epochs. The experimental environment is illustrated in Table 1.

Table 1. Experimental system environment.

Feature	Parameter
Operating System	Linux (Ubuntu 22.04)
Programming Language	Python 3.12.12
CPU	Intel(R) Xeon(R) CPU @ 2.20GHz
GPU	NVIDIA A100-SXM4
GPU Memory	80 GB
Algorithm Framework	PyTorch 2.9.0+cu126

Experiment Metrics

To comprehensively assess the effectiveness and efficiency of the proposed method, multiple evaluation metrics are employed, including mean Average Precision (mAP), model complexity, and runtime performance. Specifically, we report the number of model parameters (Params), floating-point operations (GFLOPs), and frames per second (FPS) to analyze the trade-off between detection accuracy and computational cost.

Precision P measures the reliability of positive predictions by quantifying the ratio of correctly detected objects to all predicted positives. It is defined as:

$$P = \frac{TP}{TP + FP} \quad (3)$$

where TP and FP denote the numbers of true positive and false positive detections, respectively.

Recall R reflects the ability of the model to identify relevant objects and is calculated as the ratio of correctly detected objects to all ground-truth objects:

$$R = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4)$$

where FN represents false negatives corresponding to missed detections.

To jointly evaluate precision and recall across different confidence thresholds, Average Precision (AP) is computed as the area under the Precision–Recall (PR) curve:

$$AP = \int_0^1 p(r) dr \quad (5)$$

The mean Average Precision (mAP) is then obtained by averaging AP values over all object categories:

$$mAP = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K AP_i \quad (6)$$

where K denotes the total number of classes.

To further analyze detection performance with respect to object scale, we adopt a set of size-aware metrics. mAP@50 evaluates detection accuracy at an Intersection-over-Union (IoU) threshold of 0.5, while mAP@50–95 reports the average mAP over multiple IoU thresholds ranging from 0.5 to 0.95 with a step of 0.05, providing a stricter and more comprehensive assessment.

Additionally, object-scale-specific performance is measured using mAP_S, mAP_M, and mAP_L. Objects with bounding box areas smaller than 32×32 pixels are considered small and evaluated using mAP_S. Medium-sized objects with areas between 32×32 and 96×96 pixels are assessed using mAP_M, while objects larger than 96×96 pixels are evaluated using mAP_L. These metrics enable a detailed analysis of the model's effectiveness across different object sizes, which is particularly important for aerial imagery dominated by small targets.

Comparative Experimental Results and Analysis

Comparative Experimental Results and Analysis of RT-DETR and Other SOTA

Algorithms

As shown in Table 2, we compare the proposed method with several state-of-the-art object detection algorithms on the VisDrone2019 validation set, including both one-stage and transformer-based detectors. The compared methods include YOLO-DCTI (Min et al., 2023), Drone-YOLO-L (Z. Zhang, 2023), Deformable-DETR (X. Zhu, Su, et al., 2021), RT-DETR-R18 (Zhao et al., 2024), and Drone-DETR (Kong et al., 2024). It should be noted that some methods report lower inference speed due to increased model complexity, while others prioritize real-time performance. Compared with the one-stage baseline YOLO-DCTI, the proposed method achieves an improvement of 4.4% in mAP@50 and 6.7% in mAP@50–95, demonstrating its superior detection accuracy, particularly under challenging aerial scenarios. Among all compared approaches, our method attains the highest mAP@50–95 score of 34.1%, indicating strong overall detection performance under strict localization criteria. In comparison with Drone-DETR, our approach further improves mAP@50–95 and mAP@50 by 0.2% and 0.3%, respectively, while maintaining a significantly higher inference speed. In terms of efficiency, the proposed method achieves 63 FPS, which is substantially faster than

most transformer-based detectors and remains suitable for real-time UAV applications. Although RT-DETR-R18 exhibits higher FPS, its detection accuracy is notably lower than that of the proposed model. These results demonstrate that the proposed approach achieves a favorable balance between detection accuracy and inference speed, making it well suited for real-time small object detection in complex UAV aerial environments.

Table 2. Performance comparison results of different models on VisDrone2019-Val.

Method	Reference	mAP^{50-95} (%)	mAP^{50} (%)	FPS
YOLO-DCTI	(Min et al., 2023)	27.4	49.8	15
Drone-YOLO-L	(Z. Zhang, 2023)	31.9	51.3	
Deformable-DETR	(X. Zhu, Su, et al., 2021)	27.1	43.1	19
RT-DETR-R18	(Zhao et al., 2024)	27.7	45.8	76
Drone-DETR	(Kong et al., 2024)	33.9	53.9	30
Ours		34.1	54.2	63

Qualitative Comparison of Baseline RT-DETR and the Proposed Model

As shown in Table 3, the proposed model achieves the most notable improvement in small object detection, where AP_s increases from 18.5% to 20.1%, confirming the effectiveness of the proposed design in enhancing fine-grained feature representation. In addition, the proposed approach also delivers clear performance gains for medium- and large-scale objects, with AP_m improving from 34.3% to 38.6% and AP_l increasing from 46.8% to 51.2%. These results demonstrate that the proposed method not only strengthens small object detection but also maintains robust performance across different object scales.

Table 3. Comparative results before and after model improvement on VisDrone2019-test.

Method	mAP^{50-95} (%)	mAP^{50} (%)	mAP^S (%)	mAP^M (%)	mAP^L (%)
RT-DETR-l	32.6	49.3	18.5	34.3	46.8
Ours	34.1	54.2	20.1	38.6	51.2

As shown in Figure 5, the proposed method demonstrates superior performance compared to the baseline RT-DETR, especially in small object detection. The baseline model misses several small and densely distributed targets and exhibits less precise bounding box localization, whereas the proposed approach produces denser detections with tighter bounding boxes. These qualitative results are consistent with the quantitative improvements in AP_s , confirming the effectiveness of the proposed method for UAV-based aerial imagery.

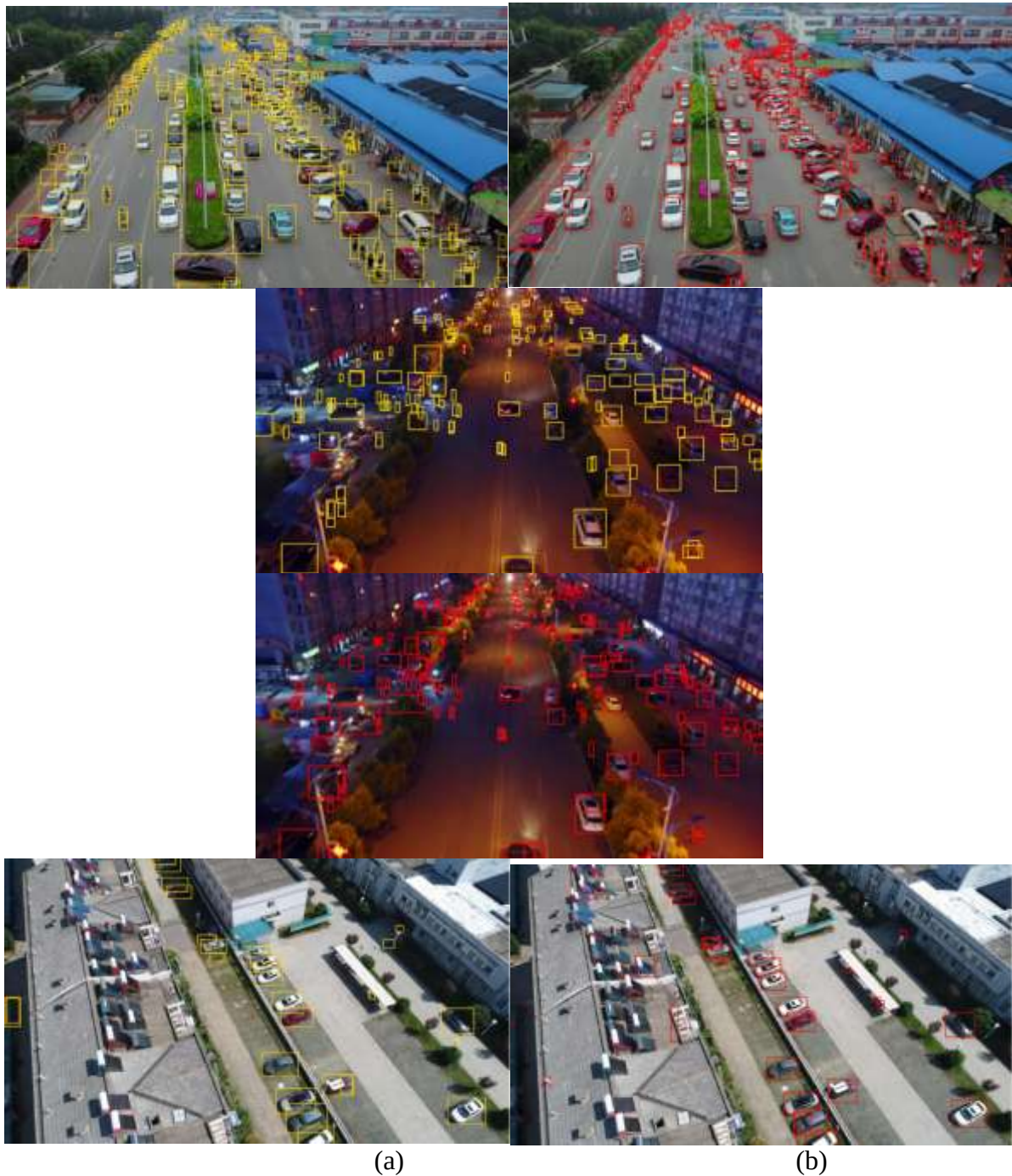


Figure 5. Qualitative detection results on the VisDrone2019 test set:

(a) Detection results of the baseline RT-DETR model;

(b) Detection results of the proposed method.

The proposed model detects a larger number of small and distant objects with more accurate localization, particularly in dense traffic scenes and low-illumination environments.

CONCLUSION

In this study, we addressed the significant challenges of detecting small objects in high-resolution aerial imagery, specifically focusing on the trade-off between detection accuracy and computational efficiency. We proposed a comprehensive framework based on the RT-DETR architecture that integrates four key technical innovations: Class-Aware Slicing to handle extreme scale variations and class imbalance, an Adaptive Feature Fusion (AFF)

module to dynamically preserve the semantic details of tiny targets, Normalized Wasserstein Distance (NWD) Loss to improve localization stability for small bounding boxes, and Slicing Aided Hyper-Inference (SAHI) to maximize detection performance during testing. Experimental results on the challenging VisDrone2019-DET dataset demonstrate that our proposed method significantly outperforms the baseline RT-DETR model, proving its effectiveness in detecting minute and occluded targets in complex environments. These improvements provide a robust and practical solution for real-world applications such as aerial surveillance and traffic monitoring, offering strong support for the deployment of advanced object detection models in drone-based systems.

REFERENCES

- Akyon, F. C., Altinuc, S. O., & Temizel, A. (2022). Slicing Aided Hyper Inference and Fine-Tuning for Small Object Detection. *Proceedings - International Conference on Image Processing, ICIP*, 966–970. <https://doi.org/10.1109/ICIP46576.2022.9897990>
- Dai, Y., Gieseke, F., Oehmcke, S., Wu, Y., & Barnard, K. (2021). Attentional feature fusion. *Proceedings - 2021 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, WACV 2021*, 3559–3568. <https://doi.org/10.1109/WACV48630.2021.00360>
- Du, D., Zhu, P., Wen, L., Bian, X., Ling, H., & Hu, Q. (n.d.). *VisDrone-DET2019: The Vision Meets Drone Object Detection in Image Challenge Results*.
- Kong, Y., Shang, X., & Jia, S. (2024). Drone-DETR: Efficient Small Object Detection for Remote Sensing Image Using Enhanced RT-DETR Model. *Sensors*, 24(17). <https://doi.org/10.3390/s24175496>
- Liu, L., Ouyang, W., Wang, X., Fieguth, P., Chen, J., Liu, X., & Pietikäinen, M. (2020). Deep Learning for Generic Object Detection: A Survey. *International Journal of Computer Vision*, 128(2), 261–318. <https://doi.org/10.1007/s11263-019-01247-4>
- Min, L., Fan, Z., Lv, Q., Reda, M., Shen, L., & Wang, B. (2023). YOLO-DCTI: Small Object Detection in Remote Sensing Base on Contextual Transformer Enhancement. *Remote Sensing*, 15(16), 1–18. <https://doi.org/10.3390/rs15163970>
- Mittal, P., Singh, R., & Sharma, A. (2020). Deep learning-based object detection in low-altitude UAV datasets: A survey. *Image and Vision Computing*, 104, 104046. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2020.104046>
- Tong, K., Wu, Y., & Zhou, F. (2020). Recent advances in small object detection based on deep learning: A review. *Image and Vision Computing*, 97, 103910. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2020.103910>
- Wang, J., Xu, C., Yang, W., & Yu, L. (2022). A Normalized Gaussian Wasserstein Distance for Tiny Object Detection. 1–12. <http://arxiv.org/abs/2110.13389>
- Xu, C., Wang, J., Yang, W., Yu, H., Yu, L., & Xia, G. S. (2022). Detecting tiny objects in aerial images: A normalized Wasserstein distance and a new benchmark. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 190, 79–93. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2022.06.002>
- Zhang, Q., Zhang, H., & Lu, X. (2022). Adaptive Feature Fusion for Small Object Detection. *Applied Sciences (Switzerland)*, 12(22), 1–20. <https://doi.org/10.3390/app122211854>
- Zhang, Z. (2023). Drone-YOLO: An Efficient Neural Network Method for Target Detection in Drone Images. *Drones*, 7(8). <https://doi.org/10.3390/drones7080526>
- Zhao, Y., Lv, W., Xu, S., Wei, J., Wang, G., Dang, Q., Liu, Y., & Chen, J. (2024). DETRs Beat YOLOs on Real-time Object Detection. *Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 16965–16974. <https://doi.org/10.1109/CVPR52733.2024.01605>
- Zhu, P., Wen, L., Du, D., Bian, X., Fan, H., Hu, Q., & Ling, H. (2022). Detection and Tracking Meet Drones Challenge. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 44(11), 7380–7399. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2021.3119563>



- Zhu, X., Lyu, S., Wang, X., & Zhao, Q. (2021). TPH-YOLOv5: Improved YOLOv5 Based on Transformer Prediction Head for Object Detection on Drone-captured Scenarios. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, 2021-Octob*, 2778–2788. <https://doi.org/10.1109/ICCVW54120.2021.00312>
- Zhu, X., Su, W., Lu, L., Li, B., Wang, X., & Dai, J. (2021). Deformable Detr: Deformable Transformers for End-To-End Object Detection. *ICLR 2021 - 9th International Conference on Learning Representations*, 1–16.

HASSAS BÖLGELERDE GELİŞMİŞ GÜVENLİK GÖZETİMİ İÇİN İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ (DRONLARIN) KULLANILMASI

Abdurrahman El NECCAR

Gaziantep University, Aerospace and Aeronautical Department, 27410 Şahinbey, Gaziantep, Turkey

ORCID: 0009-0003-2371-5383

Sohayb Abdulkerim

Gaziantep University, Aerospace and Aeronautical Department, 27410 Şahinbey, Gaziantep, Turkey

ORCID: 0000-0002-3448-9129

ÖZET

Sınırlar, askeri tesisler ve kritik altyapılar gibi hassas bölgelerde güvenlik gözetimi, günümüzün artan güvenlik tehditleri karşısında büyük önem taşımaktadır. İnsansız hava aracı (İHA) teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde, geniş ve erişimi zor alanların izlenmesi daha esnek, hızlı ve güvenli hale gelmiştir. İHA'lar, gerçek zamanlı veri sağlayarak insan operatörlerin karşılaştığı riskleri önemli ölçüde azaltmaktadır.

Bu çalışmada, bir koadkopter drone üzerine entegre edilmiş, tamamen otonom çalışan akıllı bir güvenlik gözetim sistemi sunulmaktadır. Sistem, drone üzerinde taşınan Raspberry Pi kartı ve Hailo yapay zekâ hızlandırıcısı kullanılarak geliştirilmiştir. Böylece hedef tespiti ve takibi, herhangi bir insan müdahalesine veya sürekli yer istasyonu bağlantısına ihtiyaç duymadan, doğrudan drone üzerinde gerçek zamanlı olarak gerçekleştirilmektedir. Şüpheli bir durum algılandığında ise gözlemciye anında uyarı gönderilmektedir.

Sistem, drone kamerasından elde edilen iki boyutlu görüntüler üzerinde çalışan yapay zekâ tabanlı nesne tespit algoritmalarını kullanmaktadır. Mesafe hesaplaması ihmal edilerek, drone'un sabit bir irtifada ve belirlenen bir gözetim alanı içinde çalışması sağlanmıştır. Bu yaklaşım, hesaplama yükünü azaltarak sistemin gerçek zamanlı ve kararlı bir şekilde çalışmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, tespit edilen hedefin sürekli izlenmesini sağlamak amacıyla bir takip algoritması uygulanmıştır.

Kullanılan yapay zekâ modeli, gözetim görevlerinde gerekli doğruluğu sağlamak için uygun bir veri kümesi üzerinde eğitilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen sistemin güvenlik, savunma ve kritik altyapı koruma uygulamaları için etkili, ölçeklenebilir ve pratik bir çözüm sunduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava aracı, drone, güvenlik gözetimi, hassas bölgeler, nesne tespiti, otomatik takip, gerçek zamanlı izleme, sınır güvenliği.

UTILIZING UNMANNED AERIAL VEHICLES (DRONES) FOR ENHANCED SECURITY SURVEILLANCE IN SENSITIVE AREAS

ABSTRACT

Security surveillance in sensitive areas such as borders, military installations, and critical infrastructure is crucial for addressing modern security challenges. With recent advancements in drone technology, unmanned aerial vehicles (UAVs) have become powerful tools for monitoring vast and hard-to-reach environments, providing real-time data while significantly reducing risks to human operators.

This study presents an intelligent UAV-based surveillance system implemented on a quadcopter drone, designed to operate autonomously without direct human intervention or continuous dependence on a ground control station. The system integrates a Raspberry Pi onboard computer combined with a Hailo AI accelerator, which enables real-time execution of artificial intelligence algorithms directly on the drone. This architecture allows automatic target detection and tracking, while sending alert notifications to the monitoring operator when suspicious activity is detected.

The proposed system utilizes AI-based object detection techniques applied to image data captured by an onboard camera. Distance estimation is deliberately omitted, and the drone operates at a predefined fixed altitude within a designated surveillance area. This design choice reduces computational complexity and ensures high-speed, real-time performance. A dedicated tracking algorithm is employed to maintain continuous focus on the same target after initial detection, ensuring reliable and continuous monitoring.

The artificial intelligence model was trained using a specialized dataset to achieve the required detection accuracy for surveillance tasks. Experimental results demonstrate that the proposed solution offers a robust, efficient, and fully autonomous surveillance platform. The system enhances situational awareness, minimizes communication dependency, and provides a scalable approach for securing sensitive areas. These results highlight the potential of edge-based AI drone systems for future applications in security, defense, and critical infrastructure protection.

Keywords: Unmanned aerial vehicles, drone, security surveillance, sensitive areas, object detection, automated tracking, real-time monitoring, border security.

1. INTRODUCTION

Security surveillance in sensitive areas such as borders, military installations, and critical infrastructure remains a critical requirement for managing modern threats while ensuring rapid situational awareness. Conventional monitoring approaches—fixed camera networks, ground patrols, and static sensor deployments—often face limitations in coverage, flexibility,

and cost-efficiency, particularly in large, remote, or hard-to-reach environments. In response, unmanned aerial vehicles (UAVs) have increasingly been adopted as mobile surveillance platforms due to their rapid deployment, wide-area visibility, and operational adaptability.

From an autonomy perspective, UAV systems require robust control and guidance methods to operate reliably under changing environmental conditions and mission constraints. Surveys of autonomous UAV control and guidance highlight that real-world deployment demands stable navigation, decision-making, and trajectory planning capabilities, particularly when UAVs must operate with limited human intervention (Chen et al., 2009; Goerzen et al., 2010; Oleynikova et al., 2016). In addition to guidance and planning, environmental perception and obstacle avoidance represent essential prerequisites for safe autonomy, and recent research increasingly combines learning-based perception with onboard sensing to improve robustness in complex operating environments (Łuczak & Granosik, 2025; Merei et al., 2025; D. Wang et al., 2020).

In parallel, computer vision and deep learning have significantly transformed UAV surveillance by enabling automatic detection of objects of interest and continuous tracking over time. Real-time object detection has been advanced through single-stage detectors such as YOLO, which introduced a unified formulation for fast detection suitable for real-time applications (Redmon & Farhadi, 2016), and subsequent optimizations that further improved speed–accuracy trade-offs (Bochkovski et al., 2020; C.-Y. Wang et al., 2022). In UAV imagery specifically, lightweight and UAV-tailored detector variants have been explored to address aerial viewpoint complexity and small-object challenges (Zhang et al., 2024). These detection pipelines typically require tracking to maintain target continuity after the initial detection step; in this context, online multi-object tracking approaches (e.g., SORT and its successors) provide practical foundations for real-time association, and more recent tracking architectures emphasize robust association under occlusions and dynamic motion (Bewley et al., 2017; Wojke et al., 2017).

Despite these advances, a major operational challenge persists: many UAV surveillance systems remain dependent on ground stations or external computing resources, which introduces latency and connectivity constraints. Edge-based AI architectures address this limitation by enabling onboard inference and control, reducing bandwidth usage and allowing the UAV to function even under degraded communication conditions. Recent work has emphasized UAV-enabled edge computing and its value in tracking and surveillance tasks through better task distribution and autonomy under constrained links (Goudarzi et al., 2022; TN, 2025). However, performing real-time detection and tracking onboard requires hardware capable of efficient inference under strict power and thermal budgets. Embedded platforms

such as Raspberry Pi 5, combined with dedicated accelerators, have been increasingly adopted to achieve practical performance while maintaining low cost and deployability (Hailo, 2025; Hailo Team, 2025; Raspberry Pi Ltd, 2024). Evidence from recent studies indicates that Raspberry Pi 5-based standalone deployments can support YOLO-style detection in edge scenarios, motivating further system-level integration for UAV use cases (Kryvenchuk et al., 2025).

Accordingly, this study presents an intelligent UAV-based surveillance system implemented on a quadcopter platform designed to operate autonomously with onboard AI. The system integrates an embedded computing unit (Raspberry Pi) with an AI accelerator to execute real-time vision inference directly on the UAV, and it employs AI-based object detection and a dedicated tracking algorithm to maintain target continuity. For robustness and feasibility, the UAV is operated at a predefined fixed altitude and distance estimation is intentionally excluded from the core pipeline to reduce computational complexity and ensure stable real-time operation. The primary focus is the design and validation of a scalable onboard architecture capable of supporting real-time surveillance functions under practical edge constraints.

The remainder of this paper is organized as follows: Section 2 reviews UAV autonomy, perception, and AI-based detection/tracking foundations; Section 3 describes the proposed system architecture and implementation details; Section 4 presents experimental evaluation and results; Section 5 discusses findings and limitations; and Section 6 concludes the paper and outlines future directions.

2. MATERIAL AND METHODS

This section describes the materials, hardware components, and methodological framework used in the development of the proposed UAV-based autonomous surveillance system. The focus is on system architecture, onboard hardware integration, and the software pipeline enabling real-time object detection and tracking.

2.1 UAV Platform and Hardware Configuration

The proposed surveillance system is implemented on a quadcopter-type unmanned aerial vehicle (UAV) platform. The UAV serves as a mobile sensing and processing unit capable of autonomous operation within a predefined surveillance area. A modular hardware design was adopted to allow flexibility, scalability, and ease of integration.

The onboard processing unit is based on a Raspberry Pi 5, which acts as the main control and computation module. To enable efficient execution of deep learning-based vision algorithms under limited power and thermal constraints, a Hailo-8 AI accelerator is integrated via the M.2 interface. This accelerator offloads computationally intensive inference tasks from the

CPU, enabling real-time performance suitable for aerial deployment. The system is powered using a stabilized 5 V supply, ensuring reliable operation during continuous flight.

A **monocular RGB camera** (raspberry pi 5 ai camera module) is mounted on the UAV to capture visual data for surveillance. The camera is installed on a vibration-damping mechanical mount to reduce motion-induced artifacts and improve image stability during flight Figure 2.1.



Figure 2.1 illustrates the UAV platform with all integrated hardware components in the fully assembled configuration.

2.2 Flight Controller and Communication Interface

The UAV is controlled using a Pixhawk-based flight controller, which manages low-level flight stabilization, navigation, and actuator control. Communication between the Raspberry Pi and the flight controller is established using the MAVLink protocol, enabling bidirectional exchange of telemetry data and control commands Figure 2.2.

The onboard system operates in GUIDED mode, allowing external velocity commands generated by the vision-based guidance module to be transmitted directly to the flight controller. This configuration enables closed-loop interaction between perception and control while maintaining flight stability through the onboard autopilot.

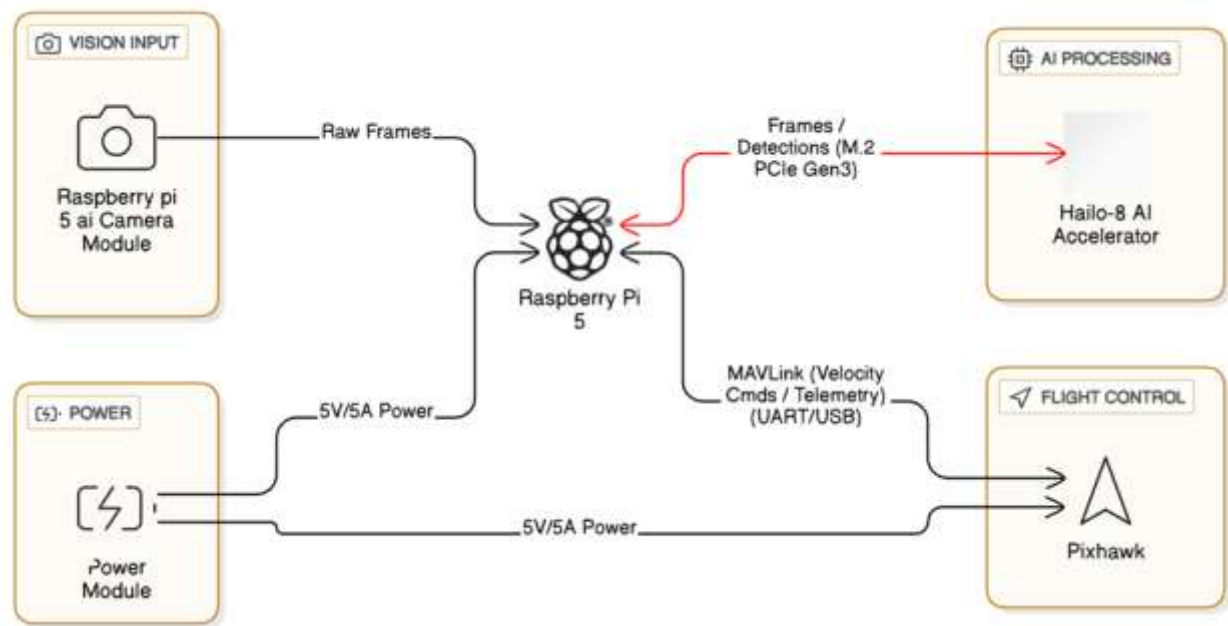


Figure 2.2 presents the logical communication architecture between the onboard computer, AI accelerator, camera, and flight controller.

2.3 Software Architecture and Processing Pipeline

The software architecture follows a modular pipeline design consisting of image acquisition, object detection, target tracking, and control command generation. Camera frames are captured in real time and forwarded to the detection module, where AI-based inference is performed entirely onboard.

Object detection is carried out using a YOLO-based deep learning model, selected for its balance between detection accuracy and computational efficiency. The model is executed on the Hailo-8 accelerator, allowing high-throughput inference while minimizing CPU load. The output of the detection module consists of bounding boxes, class labels, and confidence scores for detected objects.

To ensure continuous monitoring after initial detection, a multi-object tracking algorithm is employed. The tracking module associates detections across consecutive frames, preserving target identity and enabling stable tracking even under camera motion and partial occlusions. This approach allows the system to maintain focus on detected targets without reinitializing detection at each frame.

Software Environment (Raspberry Pi):

- Operating System: Raspberry Pi OS (Legacy 64-bit Lite, no GUI)
- Emphasize Programming Language: Python 3.11

AI Inference Framework:

- Hailo Detection Package implemented in C++, exposed via Python bindings
- Object Detection Model: YOLOv6-Nano (pretrained on MS COCO)
- Multi-Object Tracking: BoT-SORT
- Communication Protocol: MAVLink (GUIDED mode, velocity control)

2.4 Control Strategy and Operational Constraints

Based on the tracking results, the system computes velocity commands that can be sent to the flight controller to adjust UAV motion if required. In this study, the UAV operates at a fixed predefined altitude within a designated surveillance zone. Distance estimation and depth-based navigation are intentionally excluded to reduce computational complexity and ensure real-time stability.

This design choice allows the system to prioritize reliable perception and tracking performance while maintaining predictable and safe flight behavior. By limiting the control strategy to velocity-based guidance and omitting complex trajectory planning, the system achieves robust autonomous operation suitable for extended surveillance missions.

2.5 Experimental Procedure

Experimental validation was conducted through a combination of ground-based tests and controlled flight experiments. Initial tests verified hardware integration, camera stability, and communication reliability between system components. Subsequently, real-time object detection and tracking performance were evaluated during flight, focusing on system responsiveness, stability, and operational continuity rather than model training or accuracy optimization.

All experiments were performed using a pretrained detection model, and no additional model training or fine-tuning was conducted within the scope of this study.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Experimental Results Overview

This section presents the experimental results obtained during the evaluation of the proposed UAV-based intelligent surveillance system. The results aim to validate the successful integration of hardware and software components, real-time onboard perception capability, and stable autonomous flight behavior. No model training or accuracy optimization was performed at this stage. Instead, system functionality was assessed using a pretrained YOLO-based object detection model to verify real-time operability and system robustness under flight conditions.

3.2 Hardware Integration and System Setup Results

A quadrotor UAV platform was successfully equipped with a Raspberry Pi 5 single-board computer and a Hailo-8L AI accelerator. All onboard components operated reliably throughout ground and flight tests. Power distribution and communication interfaces remained stable, and no hardware interruptions were observed during operation.



Figure 3.1 Final integrated system



Figure 3.2 the used Raspberry pi camera



Figure 3.3 Raspberry pi version 5 used in this project



Figure 3.4. The Hailo 8 that used as an AI accelerator



Figure 3.5. Pixhawk Ver 3

3.3 Real-Time Image Processing and Object Detection Performance

The pretrained YOLO-based object detection model was executed onboard using the Hailo-8L accelerator to enable real-time image processing. Experimental observations confirmed that the system could detect objects from the live camera stream and maintaining stable bounding boxes during flight.

The evaluation focused on inference continuity, processing latency, and real-time responsiveness rather than detection accuracy metrics. Model training and comparative accuracy evaluation were intentionally excluded from the scope of this study.

3.4 Multi-Object Tracking and Visual Continuity

YOLO-based detection outputs were integrated with the BoT-SORT tracking algorithm to ensure persistent object identity across consecutive frames. Even under UAV motion, camera-induced disturbances did not degrade tracking stability. These results demonstrate that the camera motion compensation mechanism of BoT-SORT is well suited for UAV-based surveillance scenarios.

3.5 Autopilot Integration and Flight Behavior

The proposed system was integrated with a Pixhawk-based flight controller using the MAVLink communication protocol. Target position information generated by the onboard

vision module was successfully transmitted to the flight controller, enabling stable autonomous guidance.

Analysis of autopilot flight logs confirmed that the UAV operated within expected control limits, and no flight instability or control divergence was observed during autonomous operation.

3.6 System Performance and Operational Stability

Experimental evaluations showed that the Raspberry Pi 5 and Hailo-8L combination enabled continuous real-time operation with low power consumption. The system maintained acceptable end-to-end latency throughout the flight without requiring continuous reliance on a ground control station.

Quantitative performance indicators related to computational load, power consumption, thermal behavior, and operational stability are summarized in **Table 3.1**.

Table 3.1 summarizes measured system performance, resource utilization, power consumption, and thermal characteristics.

Kategori	Metrik	Ölçülen Değer	Açıklama / Notlar
Donanım Yapılandırması	İşlem Birimi	Raspberry Pi 5	Dört çekirdekli ARM Cortex-A76
	Yapay Zekâ Hızlandırıcısı	Hailo-8 (M.2)	26 TOPS tepe performans
	Sistem Belleği	8 GB LPDDR4	CPU/AI paylaşımlı bellek
	Güç Kaynağı	5 V / 4 A	Tam yük altında stabil
	Soğutma Çözümü	Aktif Soğutma (Fan + Soğutucu)	Sürekli çalışma için
Görsel Model	Nesne Tespit Modeli	YOLOv6-Nano	Hafif, gerçek zamanlı optimize
	Takip Algoritması	BoT-SORT	Dayanıklı çoklu nesne takibi
	Girdi Çözünürlüğü	640 × 640	RGB video kareleri
Performans Ölçütleri	Tespit FPS (Ham Çıkarım)	~300–350 FPS	Yalnızca hızlandırıcı (benchmark)
	Uçtan Uca FPS (Tespit + Takip)	~17 FPS	Gerçek zamanlı tam boru hattı
	Ortalama İşleme Gecikmesi	~58 ms / kare	Uçtan uca ölçüm
	Kare Düşürme Oranı	%0	Kare kaybı gözlenmedi
	Kare Kararlılığı	Yüksek	ID değişimi gözlenmedi
Takip Kalitesi	Takip Kararlılığı	Yüksek	ID değişimi gözlenmedi
	Takip Sürekliliği	>%95	Kararlı nesne kimlikleri
	Yeniden Tanımlama Dayanıklılığı	Yüksek	Örtülmelere dayanıklı
Tespit Doğruluğu	Ortalama Tespit Güveni	~0.85 – 0.90	Senaryoya bağlı
	Yanlış Pozitif Oranı	Düşük	Nitel gözlem
	Yanlış Negatif Oranı	Düşük–Orta	Küçük/uzak nesneler
Sistem Kaynak Kullanımı	CPU Kullanımı	%55–70	BoT-SORT baskın
	AI Hızlandırıcı Kullanımı	Yüksek	Tespit tamamen offload
	Bellek Tüketimi	~2.1 GB	Arabellekler dâhil
Güç ve Enerji	Toplam Güç Tüketimi	10–15 W	Sistem genelinde tahmini
	Akım Çekişi	2–3 A @ 5 V	Yük altında ölçüm
	Enerji Verimliliği	Yüksek	Edge AI için optimize
Termal Performans	Boşta Sıcaklık	~42–45 °C	Aktif soğutma ile

Sistem Kararlılığı	Çalışma Sıcaklığı (Tam Yük)	60–65 °C	Çıkarım sırasında stabil
	Termal Kısıtlama	Gözlenmedi	Sürekli çalışma
	Çalışma Kararlılığı	Zamanı Kararlı	Uzun süreli testler
	Çökme / Donma Olayları	Yok	Stres testlerinden geçti
Uygulama Uygunluğu	Haberleşme Kararlılığı	Kararlı	MAVLink (UDP)
	Gerçek Zamanlılık	Evet	Gecikme gereksinimleri karşılandı
	İHA Uygunluğu	Uygun	Düşük güç ve ağırlık
	Gömülü AI Hazırlığı	Yüksek	Edge çıkarımına uygun

The results indicate that no thermal throttling occurred during sustained operation. The complete offloading of object detection to the Hailo-8L accelerator significantly reduced CPU load, enabling stable execution of multi-object tracking and control tasks.

3.7 Detailed Temporal Analysis of Velocity Commands and Attitude Response

This subsection presents a detailed temporal analysis of the UAV's response to externally generated velocity commands transmitted via MAVLink in GUIDED mode. The objective is to validate the correctness, stability, and responsiveness of the velocity-to-attitude control architecture by analyzing:

- The relationship between longitudinal velocity commands (v_x) and desired pitch angle (ATT.DesPitch)
- The relationship between lateral velocity commands (v_y) and desired roll angle (ATT.DesRoll)

The analysis was conducted over a representative flight segment during which multiple step changes in velocity commands were applied to evaluate both transient and steady-state control behavior.

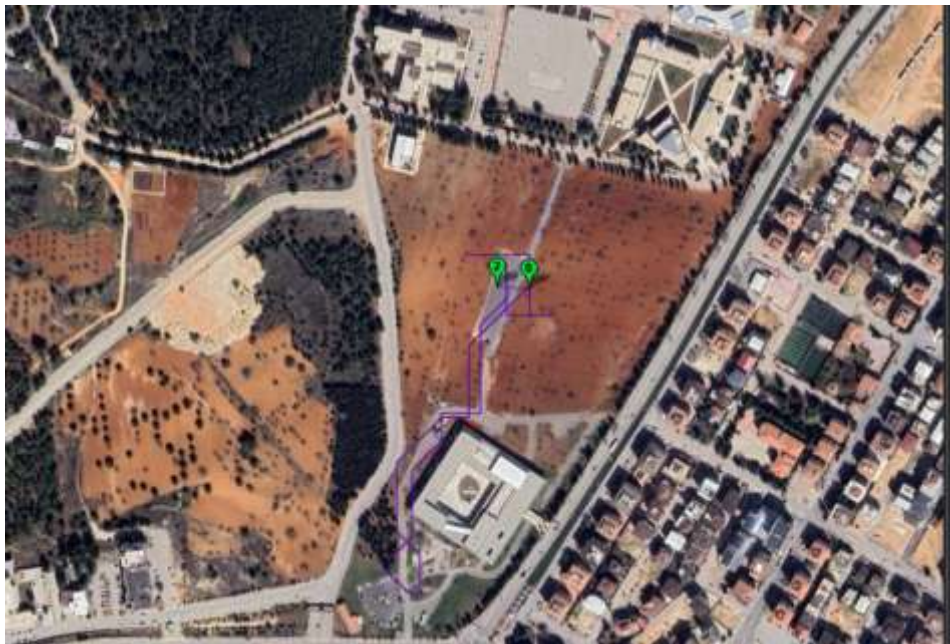


Figure 3.6 illustrates the actual UAV flight trajectory over the surveillance area.

3.7.1 Data Synchronization and Analysis Window

Velocity commands generated by the onboard computing unit were logged separately from the autopilot flight data. Due to differing time references, a time-alignment procedure using a constant offset was applied to synchronize both datasets.

The analyzed time window spans approximately **00:50:30 to 00:54:10**, corresponding to an active GUIDED flight phase with autonomous velocity control enabled.

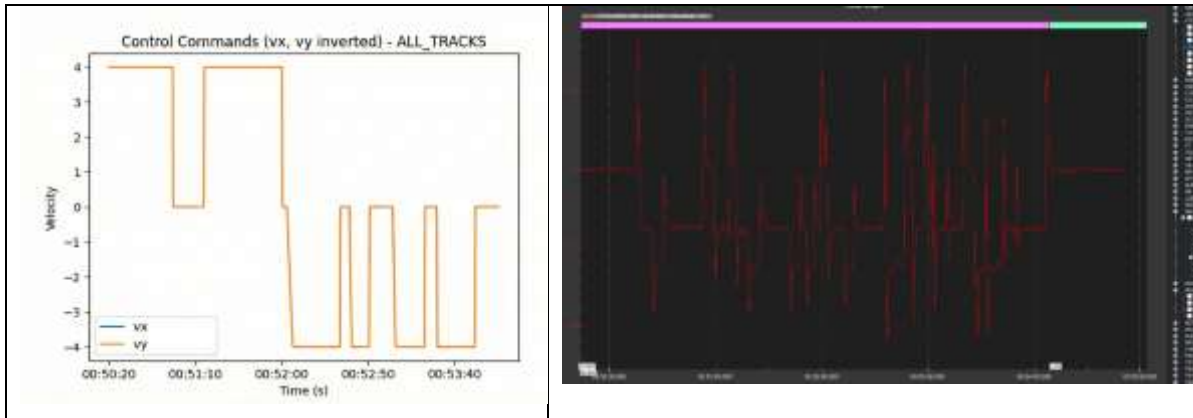


Figure 3.7. Vx commands comparing with DesPitch

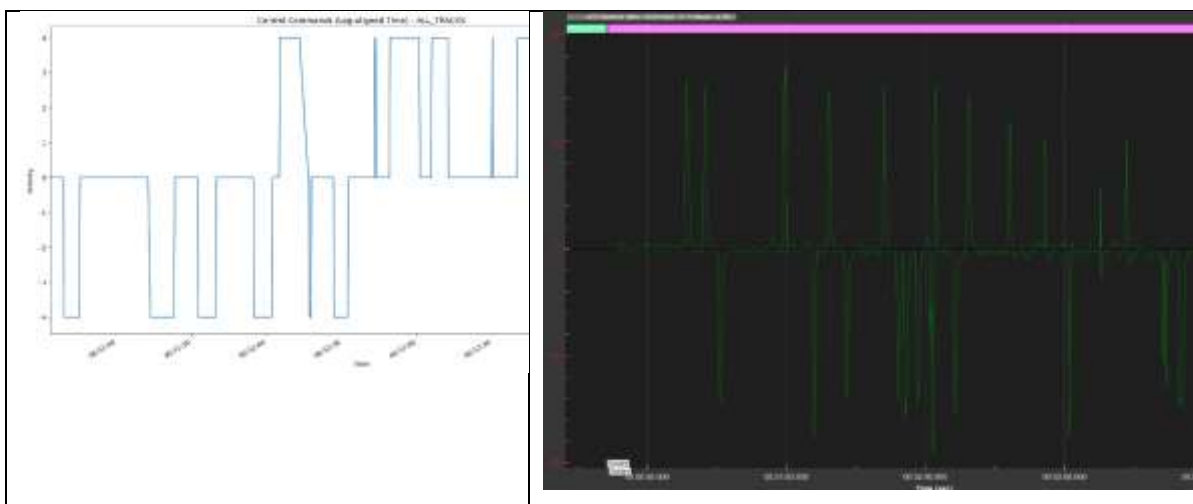


Figure 3.8 Vy commands VS DesRoll

3.7.2 Longitudinal Velocity (vx) and Desired Pitch Response (ATT.DesPitch)

As shown in the figure Figure 3.7, **Initial Command and Response (00:50:30–00:51:10)**: During this interval, vx remains near zero, indicating hover or minimal forward motion. Correspondingly, ATT.DesPitch remains close to zero with minor fluctuations, confirming stable attitude without unnecessary pitch adjustments.

Negative Velocity Command (00:51:10–00:51:30): A negative step change in vx results in a pronounced negative excursion in ATT.DesPitch, indicating backward tilt to generate reverse motion. Subsequent damping confirms effective control stabilization.

Positive Velocity Command (00:51:55–00:52:10): A sharp transition to positive v_x produces a strong positive pitch demand, reflecting acceleration requirements. The larger transient magnitude is consistent with overcoming inertia.

Dynamic Transitions (00:52:10–00:52:40): Repeated transitions between zero and positive v_x values produce synchronized pitch responses with minimal delay, demonstrating responsive control behavior.

Steady-State Forward Motion (00:53:00–00:53:30): Sustained positive v_x results in reduced pitch amplitude, indicating quasi-steady forward motion.

Final Deceleration (00:53:45–00:54:10): As v_x returns to zero, an opposite-sign pitch demand appears followed by rapid damping, confirming effective deceleration control.

3.7.3 Lateral Velocity (v_y) and Desired Roll Response (ATT.DesRoll)

As shown in the figure Figure 3.8

Initial Lateral Command (00:50:30–00:51:10):

Negative v_y commands produce immediate negative roll demand spikes, generating lateral acceleration.

Command Neutralization (00:51:10–00:51:30): As v_y approaches zero, roll demand converges to zero with minor oscillations typical of closed-loop stabilization.

Positive Lateral Command (00:51:55–00:52:10): Positive v_y commands produce strong positive roll demand peaks, enabling rightward motion.

Repeated Transitions (00:52:10–00:52:40): Consistent roll responses without phase inversion confirm correct axis mapping and controller stability.

Steady-State Lateral Motion (00:53:00–00:53:30): Roll demand amplitude decreases as the UAV reaches steady lateral velocity.

Final Lateral Deceleration (00:53:45–00:54:10): Opposite-sign roll transients followed by rapid convergence demonstrate effective deceleration and stabilization.

3.8 Control Latency and Performance Assessment

The temporal delay between velocity command transitions and corresponding attitude demands is estimated to be below **100–200 ms**, consistent with expected MAVLink communication and control loop execution delays. No excessive lag, instability, or saturation was observed.

3.9 Overall Discussion and Scientific Conclusion

The experimental results confirm that:

- Externally generated velocity commands are correctly interpreted by the autopilot.
- v_x commands are coherently mapped to pitch demands.
- v_y commands are coherently mapped to roll demands.

- Both transient and steady-state behaviors align with expected PID-based velocity-to-attitude control dynamics.

These findings validate the successful integration of the onboard autonomous guidance system with the UAV flight control architecture and demonstrate reliable execution of vision-based velocity control.

4. CONCLUSION

This paper presented the design, implementation, and experimental evaluation of an autonomous UAV-based surveillance system intended for security monitoring in sensitive areas. The proposed solution integrates onboard artificial intelligence with edge computing principles, enabling real-time object detection and tracking without continuous dependence on a ground control station.

The system architecture, based on a Raspberry Pi 5 single-board computer combined with a Hailo-8L AI accelerator, demonstrated reliable real-time performance under flight conditions. Experimental results confirmed that object detection and multi-object tracking could be executed continuously with acceptable latency, stable resource utilization, and without thermal or operational degradation. The use of a pretrained YOLO-based detection model, coupled with the BoT-SORT tracking algorithm, ensured persistent target identity and visual continuity even during UAV motion.

A detailed temporal analysis of the velocity commands generated by the onboard perception module and the corresponding autopilot responses validated the correctness and stability of the closed-loop control behavior. Longitudinal and lateral velocity commands transmitted via MAVLink were consistently converted into appropriate pitch and roll demands by the flight controller, exhibiting low latency, effective damping, and stable transient and steady-state responses. These findings confirm the successful integration of perception, decision-making, and flight control subsystems within a unified autonomous framework.

The deliberate design choice to operate at a fixed altitude and omit distance estimation reduced computational complexity while maintaining high responsiveness and system robustness. This approach proved effective for real-time surveillance tasks where continuous monitoring and rapid reaction are prioritized over full three-dimensional scene reconstruction.

Overall, the experimental results demonstrate that the proposed UAV platform constitutes a low-cost, scalable, and fully autonomous surveillance solution suitable for practical deployment in security, defense, and critical infrastructure protection scenarios. The presented system provides a solid foundation for future research, including the integration of adaptive mission planning, advanced target prioritization strategies, and the training of task-specific detection models to further enhance system performance and operational intelligence.

ACKNOWLEDGMENT

The authors gratefully acknowledge the financial and institutional support provided by **Gaziantep University – Scientific Research Projects Coordination Unit BİLİMSEL ARAŞTIRMA PROJELERİ KOORDİNASYON BİRİMİ (BAPYB)** for this study under **Project No. HUBF.YLT.25.04**. This support was essential for the successful execution and completion of the research.

REFERENCES

- Bewley, A., Ge, Z., Ott, L., Ramos, F., & Upcroft, B. (2017). *Simple Online and Realtime Tracking*. <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533003>
- Bochkovskiy, A., Wang, C.-Y., & Liao, H.-Y. M. (2020). *YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection*.
- Chen, H., Wang, X., & Li, Y. (2009). A Survey of Autonomous Control for UAV. *2009 International Conference on Artificial Intelligence and Computational Intelligence*, 267–271. <https://doi.org/10.1109/AICI.2009.147>
- Goerzen, C., Kong, Z., & Mettler, B. (2010). A Survey of Motion Planning Algorithms from the Perspective of Autonomous UAV Guidance. *Journal of Intelligent and Robotic Systems*, 57(1–4), 65–100. <https://doi.org/10.1007/s10846-009-9383-1>
- Goudarzi, S., Wang, W., Xiao, P., Mihaylova, L., & Godsill, S. (2022). UAV-enabled Edge Computing for Optimal Task Distribution in Target Tracking. *2022 25th International Conference on Information Fusion (FUSION)*, 1–7. <https://doi.org/10.23919/FUSION49751.2022.9841357>
- Hailo. (2025). *Hailo-8 AI Accelerator: Features and Specifications*. <https://hailo.ai/products/ai-accelerators/hailo-8-ai-accelerator/#hailo-8-features>
- Hailo Team. (2025). *hailo Raspberry Pi*. GitHub. <https://github.com/hailo-ai/hailo-rpi5-examples>
- Kryvenchuk, Y., Stupnytskyi, R., Shevchuk, A., Kushka, B., & Shevchuk, I. (2025). UAV detection with YOLO on a standalone Raspberry Pi 5 system. *Proceedings of the 2nd International Conference on Smart Automation & Robotics for Future Industry (SMARTINDUSTRY 2025)*, 3970, 1–10. <https://ceur-ws.org/Vol-3970/PAPER1.pdf>
- Łuczak, P., & Granosik, G. (2025). Autonomous UAV Landing and Collision Avoidance System for Unknown Terrain Utilizing Depth Camera with Actively Actuated Gimbal. *Sensors*, 25(19), 6165. <https://doi.org/10.3390/s25196165>
- Merei, A., Mcheick, H., Ghaddar, A., & Rebaine, D. (2025). A Survey on Obstacle Detection and Avoidance Methods for UAVs. *Drones*, 9(3), 203. <https://doi.org/10.3390/drones9030203>
- Oleynikova, H., Burri, M., Taylor, Z., Nieto, J., Siegwart, R., & Galceran, E. (2016). Continuous-time trajectory optimization for online UAV replanning. *2016 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 5332–5339. <https://doi.org/10.1109/IROS.2016.7759784>
- Raspberry Pi Ltd. (2024). *Raspberry Pi 5 Product Brief (RP-008348-DS-4)*. <https://pip-assets.raspberrypi.com/categories/892-raspberry-pi-5/documents/RP-008348-DS-4-raspberry-pi-5-product-brief.pdf?disposition=inline>
- Redmon, J., & Farhadi, A. (2016). *YOLO9000: Better, Faster, Stronger*.
- TN, S. (2025). *UAV-Enabled Edge Computing (UEC): Opportunities and Use Cases*. <https://www.cyient.com/blog/unmanned-aerial-vehicles-uavs-and-edge-computing-a-game-changer-for-real-time-data-processing>
- Wang, C.-Y., Bochkovskiy, A., & Liao, H.-Y. M. (2022). YOLOv7: Trainable bag-of-freebies sets new state-of-the-art for real-time object detectors.
- Wang, D., Li, W., Liu, X., Li, N., & Zhang, C. (2020). UAV environmental perception and autonomous obstacle avoidance: A deep learning and depth camera combined solution. *Computers and Electronics in Agriculture*, 175, 105523. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105523>
- Wojke, N., Bewley, A., & Paulus, D. (2017). Simple Online and Realtime Tracking with a Deep Association Metric.
- Zhang, Z., Xie, X., Guo, Q., & Xu, J. (2024). Improved YOLOv7-Tiny for Object Detection Based on UAV Aerial Images. *Electronics*, 13(15), 2969. <https://doi.org/10.3390/electronics13152969>

PERFORMANCE ANALYSIS OF RECURRENT NEURAL NETWORK ARCHITECTURES IN CLASSIFYING TENNIS STROKES

İbrahim Cem BALCI

Department of Mechatronics Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul

ORCID: 0000 0003-0577-4278

Rana GÜRSOY

Department of Mechatronics Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul

ORCID: 0009-0007-1823-7582

İrem SAYIN

Department of Mechatronics Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul

ORCID: 0000-0002-0627-8308

Serkan SALTÜRK

Department of Informatics, Yildiz Technical University, İstanbul

ORCID: 0000-0003-3555-3687

Hüseyin ÜVET

Department of Mechatronics Engineering, Yildiz Technical University, İstanbul

ORCID: 0000-0003-0392-982X

ABSTRACT

Performance analysis in sports plays a critical role in monitoring athletes' technical development and improving training efficiency. This study aims to classify the basic stroke movements of tennis players, such as forehand, backhand, volley, smash, and serve, without the need for wearable sensors that restrict the athlete's natural movement. The study is based on 3D skeletal data with depth information, obtained using stereo image processing. 24 licensed tennis players participated in the study, and data were collected under real-court conditions. Time series tensors extracted from the raw data were comparatively analyzed using Long Short Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Unit (GRU) architectures are widely used in time series analysis in the deep learning literature. Experimental findings show that the GRU model achieved an overall test-set accuracy of 96%, outperforming the LSTM model, which achieved 95% accuracy. Furthermore, the GRU architecture offered advantages in terms of computational cost, thanks to its faster convergence and lower model complexity. This study demonstrates that stereo-camera-based optical tracking methods and RNN-based models are highly accurate for performance monitoring in tennis training.

Keywords: Tennis, Deep Learning, Motion Capture, LSTM, GRU

TENİS VURUŞLARININ SINIFLANDIRILMASINDA TEKRARLAYAN SİNİR AĞLARI MİMARİLERİNİN PERFORMANS ANALİZİ

ÖZET

Sporda performans analizi, sporcuların teknik gelişimini izlemek ve antrenman verimliliğini artırmak adına kritik bir rol oynamaktadır. Bu çalışma, tenis oyuncularının Forehand, Backhand, Vole, Smaç ve Servis gibi temel vuruş hareketlerini, sporcunun doğal hareketini kısıtlayan giyilebilir sensörlere ihtiyaç duymadan sınıflandırmayı amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında, stereo görüntü işleme teknikleri kullanılarak elde edilen ve derinlik bilgisi içeren 3 boyutlu iskelet verileri temel alınmıştır. Araştırmaya 24 lisanslı tenis oyuncusu katılım

sağlamış ve veriler gerçek saha koşullarında toplanmıştır. Elde edilen ham verilerden çıkarılan zaman serisi tensörleri üzerinde, derin öğrenme literatüründe zaman serisi analizinde yaygın olarak kullanılan Uzun Kısa Süreli Bellek (Long Short Term Memory - LSTM) ve Kapılı Tekrarlayan Birim (GRU - Gated Recurrent Unit) mimarileri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Deneysel bulgulara göre, GRU modeli test setinde %96 genel doğruluk oranına ulaşarak, %95 doğruluk elde eden LSTM modeline kıyasla daha yüksek bir başarı sergilemiştir. Ayrıca GRU mimarisi, daha hızlı yakınsama yeteneği ve daha düşük model karmaşıklığı ile hesaplama maliyeti açısından avantaj sağlamıştır. Bu çalışma, stereo kamera tabanlı optik izleme yöntemlerinin ve RNN tabanlı modellerin, tenis antrenmanlarında performans takibi için yüksek doğrulukla uygulanabilir olduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tenis, Derin Öğrenme, Hareket Yakalama, LSTM, GRU

1. INTRODUCTION

Performance analysis in sports is an important research area for improving athletes' technical skills, optimizing training processes, and reducing injury risks (Elliott, 2006). Accurate analysis of stroke techniques is particularly crucial in sports like tennis, which involve high-speed, short-duration, and complex movement sequences. While traditional performance evaluation methods are largely based on coach observations, they can include subjective assessments and may be insufficient for capturing high-frequency movement details.

Advances in computer vision have enabled automatic analysis of human movement. Camera-based motion capture systems can model human movements in detail and offer significant potential in sports applications (Moeslund ve Granum, 2001; Cust et al., 2019). Although wearable sensors provide high accuracy for motion analysis, they are not always preferred due to reduced athlete comfort and difficulties in use in field conditions (Camomilla et al., 2018). Therefore, camera-based, contactless systems are increasingly being used in sports performance analysis.

Deep learning methods suitable for time series analysis stand out in modeling the temporal structure of human movements. Recurrent Neural Networks (RNNs) are widely used for analyzing sequential data due to their ability to leverage past information. However, classical RNN structures struggle to learn long-term dependencies. While the Long Short-Term Memory (LSTM) architecture proposed by Hochreiter and Schmidhuber (1997) largely overcomes this problem, the Gated Recurrent Unit (GRU) architecture developed by Cho et al. (2014) can offer similar performance with a simpler structure.

Most studies in the literature on tennis stroke classification focus on sensor-based data or two-dimensional images (Whiteside et al., 2017; Emmerson et al., 2025). The limited number of studies directly comparing different RNN architectures using stereo-camera-based three-dimensional skeleton data underscores the importance of new research in this field. This study aims to contribute to the literature by comparing the performance of LSTM and GRU architectures in the classification of tennis strokes.

2. MATERIAL AND METHODS

This study included 24 licensed tennis players actively participating in training. Demographic characteristics of the participants revealed an average age of 17.85 ± 4.06 years, an average body weight of 64.92 ± 11.62 kg, an average height of 174.54 ± 8.26 cm, and an average tennis experience of 10.35 ± 4.91 years. These values indicate that the participating athletes represent both a young age group and possess many years of tennis experience.

Data collection was carried out in the athletes' natural training environments and under real tennis court conditions. A Stereolabs ZED 2i Stereo Camera (Stereolabs, 2025) was used as the motion capture system. The camera was configured to record 720p resolution and 60 frames per second. This configuration was chosen to capture the dynamic nature of high-speed tennis strokes. With the help of stereo cameras, the athletes' movements were recorded without wearable sensors or markers, preserving their natural movement patterns. Three-dimensional skeletal data were extracted from the images using the manufacturer's software development kit (ZED SDK). The study included eight different tennis stroke classes given in Table 1.

Table 1. Data counts for strike classes

Shot Type	Count
Forehand Drill	1362
Backhand Drill	1255
Forehand Volley	1512
Backhand Volley	1273
Forehand Smash	1811
Backhand Smash	675
Serve (Forehand Flat)	972

Three-dimensional skeletal data obtained from stereo camera images were divided into 2-second time windows to encompass the movement immediately preceding ball contact for each tennis stroke. Thus, each stroke movement provided input to deep learning models as a series of successive time steps. Two different Recurrent Neural Network (RNN) architectures were used on the resulting time series data: Long Short-Term Memory (LSTM) and Gated Recurrent Unit (GRU). Both models were evaluated under the same data splitting and training conditions. The dataset was split into 60% for training, 20% for validation, and 20% for

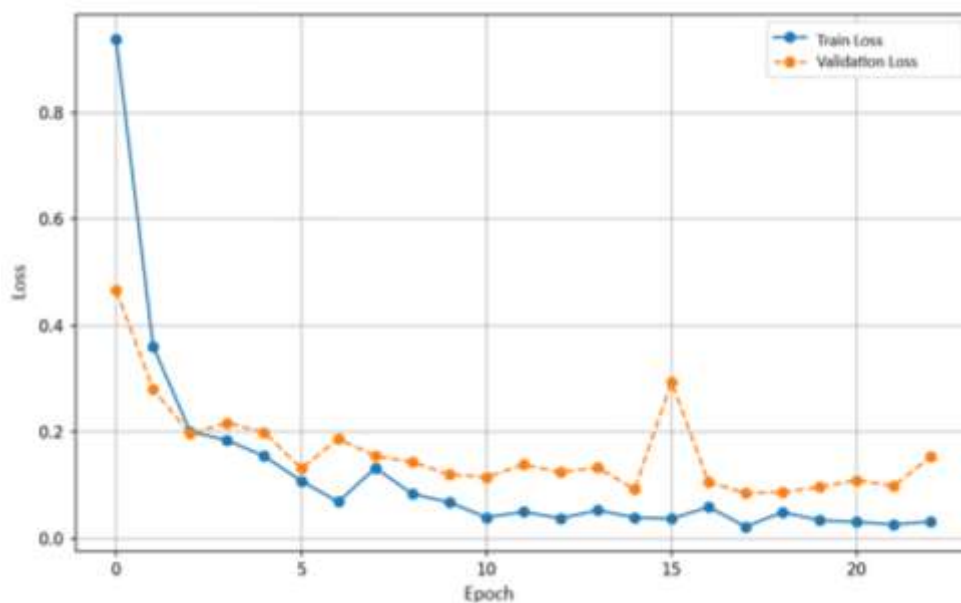
testing, while maintaining class distribution. The models were trained using the Adam optimization algorithm (Kingma and Ba, 2014). The categorical cross-entropy loss function was used during training, and model performance was evaluated using accuracy, class-based F1-Scores, and confusion matrices.

3. RESULTS AND DISCUSSION

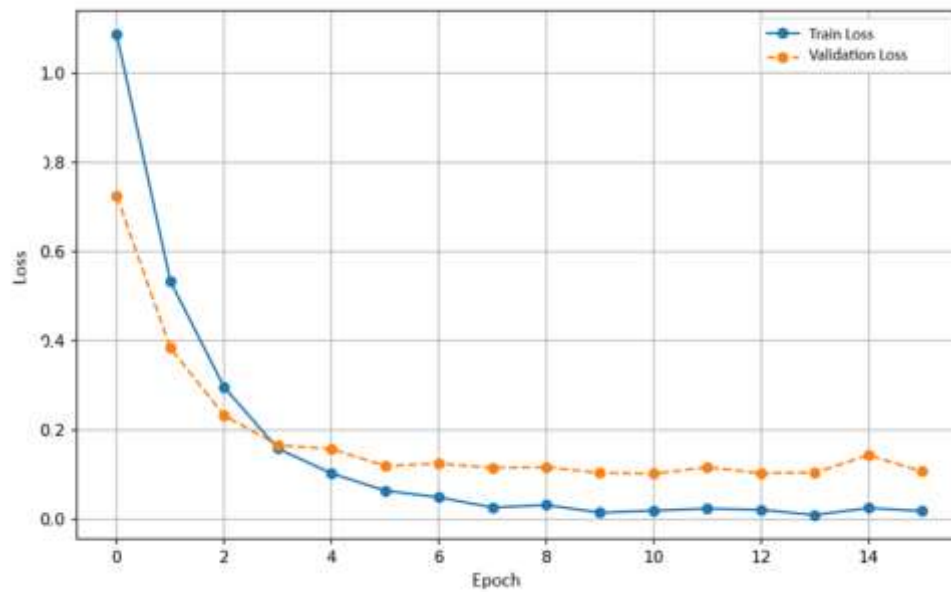
This section presents a comparative study of the training process and test performance of LSTM and GRU models trained on stereo-camera-based three-dimensional skeleton data. The learning behavior of the models was evaluated through training and validation loss curves; classification success was analyzed using confusion matrices and performance metrics.

The epoch-based variation in loss values during the training of the LSTM and GRU models is shown in Figures 1 and 2. Figure 1(a) shows the training and validation loss curves for the LSTM model, while Figure 1(b) shows the loss curves for the GRU model. Both models exhibited rapid convergence behavior throughout the training process.

In the LSTM model, the training loss decreased significantly in the first few epochs and followed a similar trend to the validation loss. This indicates that the model achieved a balanced learning process without entering overlearning. In the GRU model, the loss values stabilized earlier, and the validation loss was lower than in the LSTM model. This finding indicates that the GRU architecture achieves faster and more stable learning thanks to its simpler structure.



(a)



(b)

Fig. 1. Training and validation loss curves: (a) LSTM model (b) GRU model

The classification performance of the LSTM and GRU models on validation/test data was analyzed through confusion matrices (reported in percentage form). Fig. 2(a) shows the validation confusion matrix for the LSTM model, Fig. 2(b) shows the validation confusion matrix for the GRU model, Fig. 3(a) shows the test confusion matrix for the LSTM model, and Fig. 3(b) shows the test confusion matrix for the GRU model. Both models achieved high correct classification rates in the Forehand and Backhand Drill classes, which have large sample sizes. In contrast, both models showed an increase in incorrect classification rates in the Backhand Straight Serve class, which has a relatively small sample size.

Actual Label	Forehand Drill	97,28	0,00	1,02	1,36	0,00	0,34	0,00
	Backhand Drill	0,72	97,83	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00
	Forehand Volley	0,00	0,00	88,63	9,33	1,75	0,29	0,00
	Backhand Volley	1,02	0,00	0,00	98,63	0,34	0,00	0,00
	Forehand Smash	0,23	0,00	0,23	0,90	96,61	1,83	0,23
	Backhand Smash	0,62	0,00	0,00	0,62	1,86	96,89	0,00
	Serve	0,00	0,00	0,00	0,00	1,01	0,00	98,99
Predicted Label		Forehand Drill	Backhand Drill	Forehand Volley	Backhand Volley	Forehand Smas	Backhand Sma	Serve

(a)

Actual Label	Forehand Drill	97,62	1,36	0,00	0,68	0,34	0,00	0,00
	Backhand Drill	1,09	98,55	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
	Forehand Volley	0,00	0,29	97,08	0,00	2,33	0,29	0,00
	Backhand Volley	0,34	0,34	0,34	98,29	0,34	0,34	0,00
	Forehand Smash	0,45	0,00	0,90	1,13	96,83	0,68	0,00
	Backhand Smash	1,24	0,00	0,00	0,00	8,07	86,96	3,73
	Serve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
Predicted Label		Forehand Drill	Backhand Drill	Forehand Volley	Backhand Voll	Forehand Smas	Backhand Sma	Serve

(b)

Fig. 2. (a) LSTM model validation data confusion matrix (b) GRU model validation data confusion matrix

Actual Label	Forehand Drill	97,10	0,00	0,00	2,90	0,00	0,00	0,00	Actual Label	Forehand Drill	98,55	0,00	0,00	1,45	0,00	0,00	0,00
	Backhand Drill	5,88	94,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		Backhand Drill	0,00	98,53	0,00	1,47	0,00	0,00	0,00
	Forehand Volley	1,04	0,00	89,58	8,33	1,04	0,00	0,00		Forehand Volley	0,00	1,04	93,75	1,04	4,17	0,00	0,00
	Backhand Volley	2,86	0,00	0,00	97,14	0,00	0,00	0,00		Backhand Volley	0,00	2,86	0,00	97,14	0,00	0,00	0,00
	Forehand Smash	0,00	0,00	0,00	0,00	97,85	1,08	1,08		Forehand Smash	0,00	0,00	0,00	1,08	97,85	1,08	0,00
	Backhand Smash	0,00	0,00	0,00	0,00	8,70	86,96	4,35		Backhand Smash	0,00	0,00	0,00	0,00	13,04	80,43	6,52
	Serve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00		Serve	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00
		Forehand Drill	Backhand Drill	Forehand Volley	Backhand Volley	Forehand Smash	Backhand Smash	Serve			Forehand Drill	Backhand Drill	Forehand Volley	Backhand Volley	Forehand Smash	Backhand Smash	Serve
(a)									(b)								

Fig. 3. (a) LSTM model test data confusion matrix, (b) GRU model test data confusion matrix

Classification reports obtained from validation data are presented in Table 2, and classification reports obtained from test data are presented in Table 3. When class-based precision, recall, and F1-scores are examined, it is seen that the GRU model generally produces more balanced and consistent results compared to the LSTM model. It is particularly noteworthy that the GRU model achieves higher discrimination in the Forehand Smash and Forehand Volley classes.

Table 2. Validation classification reports: (a) LSTM model (b) GRU model

	Precision	Recall	F1-Score
Forehand Drill	0,98	0,97	0,97
Backhand Drill	1	0,98	0,99
Forehand Volley	0,99	0,89	0,93
Backhand Volley	0,87	0,99	0,92
Forehand Smash	0,97	0,97	0,97
Backhand Smash	0,94	0,97	0,95
Serve	0,99	0,99	0,99
Accuracy			0,96
Macro Average	0,96	0,96	0,96
Weighted Average	0,96	0,96	0,96

(a)

(b)

When overall accuracy was evaluated, the LSTM model achieved 95% on the test data, while the GRU model reached 96%. These results show that the GRU model, with its simpler

architecture, is at least as effective as the LSTM at classifying tennis strokes and, in some cases, even more successful.

Table 3. Test classification reports: (a) LSTM model (b) GRU model

	Precision	Recall	F1-Score
Forehand Drill	0,91	0,97	0,94
Backhand Drill	1	0,94	0,97
Forehand Volley	1	0,9	0,95
Backhand Volley	0,87	0,97	0,92
Forehand Smash	0,95	0,98	0,96
Backhand Smash	0,98	0,87	0,92
Serve	0,95	1	0,98
Accuracy			0,95
Macro Average	0,95	0,95	0,95
Weighted Average	0,95	0,95	0,95

(a)

	Precision	Recall	F1-Score
Forehand Drill	1	0,99	0,99
Backhand Drill	0,96	0,99	0,97
Forehand Volley	1	0,94	0,97
Backhand Volley	0,94	0,97	0,96
Forehand Smash	0,9	0,98	0,94
Backhand Smash	0,97	0,8	0,88
Serve	0,95	1	0,98
Accuracy			0,96
Macro Average	0,96	0,95	0,95
Weighted Average	0,96	0,96	0,96

(b)

CONCLUSIONS

This study aims to classify tennis strokes using stereo camera-based three-dimensional skeletal data without the need for wearable sensors. In this context, the performance of two different Recurrent Neural Network architectures, LSTM and GRU, was compared on skeletal data with a time-series structure.

The experimental results showed that both models achieved high accuracy in classifying tennis strokes. On the test data, the LSTM model achieved an overall accuracy rate of 95%, while the GRU model achieved 96%. Examination of the confusion matrices and classification reports revealed that both models produced consistent and successful results for stroke types with many samples; however, performance decreased in classes with a limited number of data points. This highlights the effect of class imbalance on a model's performance.

Despite its simpler structure, the GRU architecture exhibited more balanced and stable performance on the test data. This finding suggests that choosing models with high applicability, especially in field conditions, and relatively low computational costs, may be advantageous. In conclusion, it was assessed that stereo camera-based skeletal data is an effective tool in tennis performance analysis, and GRU-based models offer a strong alternative for such applications. Future studies are recommended to further balance the dataset, including athletes from different age and performance levels, and develop systems that can provide real-time feedback.

REFERENCES

Camomilla, V., Bergamini, E., Fantozzi, S., & Vannozzi, G. (2018). Trends supporting the in-field use of wearable inertial sensors for sport performance evaluation: A systematic review. *Sensors*, 18(3), 873.



- Cho, K., Van Merriënboer, B., Gulcehre, C., Bahdanau, D., Bougares, F., Schwenk, H., & Bengio, Y. (2014). Learning phrase representations using RNN encoder-decoder for statistical machine translation. arXiv preprint arXiv:1406.1078.
- Cust, E. E., Sweeting, A. J., Ball, K., & Robertson, S. (2019). Machine and deep learning for sport-specific movement recognition: A systematic review of model development and performance. *Journal of sports sciences*, 37(5), 568-600.
- Elliott, B. (2006). Biomechanics and tennis. *British journal of sports medicine*, 40(5), 392-396.
- Emmerson, J., Needham, L., Williams, S., & Colyer, S. (2025). Evaluation of a markerless motion capture system for measuring mechanical work during tennis strokes. *Journal of Sports Sciences*, 1-13.
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.
- Kingma, D. P. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. arXiv preprint arXiv:1412.6980.
- Moeslund, T. B., & Granum, E. (2001). A survey of computer vision-based human motion capture. *Computer vision and image understanding*, 81(3), 231-268.
- Stereolabs. Zed 2 - AI stereo camera. Retrieved December 16, 2025, from <https://www.stereolabs.com/en-tr/products/zed-2>
- Whiteside, D., Cant, O., Connolly, M., & Reid, M. (2017). Monitoring hitting load in tennis using inertial sensors and machine learning. *International journal of sports physiology and performance*, 12(9), 1212-1217.

KESTANE KABUĞU VE HİBRİT İNORGANİK DOLGULARIN POLİPROPİLEN BİYOKOMPOZİTLERİN MEKANİK DAVRANIŞINA ETKİSİ

Osman GÜNER

Yalova University, Institute of Science, Department of Polymer Materials Engineering, 77200 Yalova.

ORCID: 0009-0008-2858-0963

Tuana ORHUN

Yalova University, Institute of Science, Department of Polymer Materials Engineering, 77200 Yalova.

ORCID: 0009-0007-9454-033X

Harun SEPETÇİOĞLU

Konya Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering, 42075 Konya.

ORCID: 0000-0001-5746-4234

İdris KARAGÖZ

Yalova University, Faculty of Science, Department of Polymer Materials Engineering, 77200 Yalova.

ORCID: 0000-0002-2644-8511

ÖZET

Perlit volkanik kökenli bir kayadır. Soğuyan lavların hidrasyonu ile doğal olarak oluştuğu için Bu çalışmada, polipropilen (PP) esaslı kestane kabuğu takviyeli biyokompozitlerin mekanik davranışları incelenmiştir. Kompozitler, farklı oranlarda kestane kabuğu ve uyumlulaştırıcı (PP-g-MA) içerecek şekilde hazırlanmış; ayrıca bazı numunelerde toplam dolgu oranı sabit tutulurken MgO ve ZnO katkıları ile hibrit dolgu sistemleri oluşturulmuştur. Elde edilen numuneler üzerinde çekme, eğilme ve Charpy darbe testleri gerçekleştirilmiştir. Saf PP numunesi yüksek süneklik sergilemiş, özellikle kopma uzaması ve çentiksiz darbe dayanımı açısından en yüksek değerlere ulaşmıştır. Kestane kabuğu ilavesiyle birlikte elastik modülde artış gözlenmiş, buna karşın çekme dayanımı sınırlı oranda azalmıştır. Bu durum, lignoselülozik dolgunun rijit yapısı ve polimer zincir hareketliliğini kısıtlaması ile ilişkilendirilmiştir. Dolgu oranının artmasıyla kopma uzaması ve çentiksiz darbe dayanımı belirgin şekilde düşmüş, malzeme davranışı daha gevrek bir karakter kazanmıştır. MgO ve ZnO içeren hibrit dolgu sistemleri, kompozitlerin elastik modülünü önemli ölçüde artırmış ve çekme dayanımını saf PP'ye yakın seviyelerde tutmuştur. Uyumlulaştırıcı kullanımı, matris–dolgu ara yüzey etkileşimini iyileştirerek gerilme transferini artırmıştır. Darbe testleri sonuçları, hibrit katkılı kompozitlerin çentikli darbe dayanımında kestane kabuğu içeren tekli sistemlere kıyasla daha dengeli bir performans sunduğunu göstermiştir. Kestane kabuğu ve hibrit inorganik katkılarla güçlendirilmiş PP biyokompozitlerin, rijitlik–dayanım–darbe dengesi açısından yarı yapısal uygulamalar ve otomotiv iç trim parçaları için umut verici bir alternatif sunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokompozitler, Kestane kabuğu, Hibrit dolgular, Mekanik özellikler

EFFECT OF CHESTNUT SHELL AND HYBRID INORGANIC FILLERS ON THE MECHANICAL BEHAVIOR OF POLYPROPYLENE BIOCOMPOSITES

ABSTRACT

In this study, the mechanical behavior of polypropylene (PP)–based chestnut shell reinforced biocomposites was investigated. The composites were prepared with varying contents of chestnut shell and a compatibilizer (PP-g-MA). In addition, hybrid filler systems incorporating MgO and ZnO were developed while maintaining a constant total filler content. Tensile, flexural, and Charpy impact tests were conducted to evaluate the mechanical performance of the composites. Neat PP exhibited high ductility, characterized by extremely high elongation at break and superior unnotched impact strength. The incorporation of chestnut shell particles led to an increase in elastic modulus, indicating enhanced stiffness, while a slight reduction in tensile strength was observed. This behavior is attributed to the rigid nature of the lignocellulosic filler and the restricted mobility of the polymer chains. Increasing filler content resulted in a pronounced decrease in elongation at break and unnotched impact strength, reflecting a transition toward more brittle behavior. The introduction of MgO and ZnO as hybrid inorganic fillers significantly improved the elastic modulus of the composites, reaching values well above those of chestnut shell–only systems. Tensile strength was largely maintained at levels comparable to neat PP, suggesting effective stress transfer due to improved interfacial adhesion promoted by PP-g-MA. Impact test results indicated that hybrid-filled composites exhibited a more balanced notched impact performance compared to single-filler systems. The results demonstrate that PP biocomposites reinforced with chestnut shell and hybrid inorganic fillers provide an attractive combination of stiffness, strength, and impact resistance, making them suitable candidates for semi-structural applications and automotive interior components.

Keywords: Polypropylene biocomposites, Chestnut shell filler, Hybrid inorganic fillers, Mechanical properties

3D YAZICIDA PA FİLAMENTİNİN ÜRETİM OPTİMİZASYONU**Yılmaz ALBUNAR**

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0009-0008-1625-4482**Doç. Dr. Alp Eren ŞAHİN**

Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Umuttepe Campus

ORCID: 0000-0001-7313-2467**ÖZET**

Bu çalışmada, 3D yazıcılarda kullanılan PA filamentinin üretim optimizasyonu için nozul sıcaklıkları incelenmiştir. Farklı nozul sıcaklıklarında (240-250-260°C) üç adet numune üretimi gerçekleştirilmiştir. Her bir numune için üç nokta eğme testleri uygulanmıştır. Uygulanan test sonucunda çıktı olarak eğme modülü ve eğme dayanımları referans alınmıştır. Numunelerin gösterdiği mekanik özelliklere göre nozul sıcaklığının katman bağlanmasını ve çıkan ürünün dayanımını hangi doğrultuda etkilediği grafikler ile anlatılmıştır. Sonuçlara göre nozul sıcaklığının artması eğme modülünü ve eğme mukavemetini olumsuz yönde etkilemiştir. Sıcaklığın artması katman bağlanmasını azaltmıştır. 240 derecelik sıcaklıktan 250 derecelik nozul sıcaklığına çıkarılan artışta eğme modülünde 85 MPa düşüş gözlenmiştir. 250 dereceden 260 derece nozul sıcaklığına çıkıldığında ise 13 MPa düşüş görülmüştür. Eğme mukavemetinde ise 240 dereceden 250 derece nozul sıcaklığına geçiş yapıldığında 1,39 MPa düşüş görülmüştür. Yine bu sıcaklıktan 10 derece artış yapılarak 260 dereceye çıkıldığında ise 0,2 MPa dayanım düşüşü görülmüştür. Yani kıyas yapılan sıcaklıklar arasında numunenin en iyi dayanım gösterdiği sıcaklık 240 derece nozul sıcaklığı olmuştur.

Anahtar Kelimeler: PA Filament, 3D Yazıcı, Üç Nokta Eğme Testi, Eğme Mukavemeti, Mekanik Dayanım, Nozul Sıcaklığı

**PRODUCTION OPTIMIZATION of PA FILAMENT IN 3D PRINTERS
ABSTRACT**

In this study, nozzle temperatures were investigated for the production optimization of PA filament used in 3D printers. Three samples were produced at different nozzle temperatures (240-250-260°C). Three-point bending tests were performed for each sample. The bending modulus and bending strength were taken as reference values based on the test results. Graphs illustrate how nozzle temperature affects layer bonding and the strength of the final product based on the mechanical properties exhibited by the samples. The results show that increasing the nozzle temperature negatively affects the flexural modulus and flexural strength. The increase in temperature reduced layer bonding. An increase from a nozzle temperature of 240 degrees to 250 degrees resulted in an 85 MPa decrease in the flexural modulus. When the nozzle temperature was increased from 250 degrees to 260 degrees, a 13 MPa decrease was



observed. In terms of flexural strength, a decrease of 1.39 MPa was observed when transitioning from 240 degrees to a nozzle temperature of 250 degrees. Again, when the temperature was increased by 10 degrees to 260 degrees, a 0.2 MPa decrease in strength was observed. In other words, among the temperatures compared, the temperature at which the sample showed the best strength was a nozzle temperature of 240 degrees.

Keywords: PA Filament, 3D Printer, Three-Point Bending Test, Bending Strength, Mechanical Strength, Nozzle Temperature

YALIN ÜRETİM TEKNİKLERİNİN KARBON AYAK İZİNİN AZALTILMASINA ETKİLERİ

Şahika GÜVENÇLİ

Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 01250 Sarıçam, Adana, Türkiye
ORCID: 0009-0009-2508-8647

Nuşin UNCU

Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 01250 Sarıçam, Adana, Türkiye
ORCID: 0000-0003-3030-3363

Neşe YALÇIN

Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, 01250 Sarıçam, Adana, Türkiye
ORCID: 0000-0002-9489-5401

ÖZET

Günümüzde sürdürülebilir üretim yaklaşımları, işletmelerin yalnızca maliyet ve verimlilik odaklı sistemler geliştirmesini yeterli kılmamakta; aynı zamanda çevresel etkilerin de üretim karar süreçlerine entegre edilmesini zorunlu hâle getirmektedir. Artan çevresel baskılar ve karbon emisyonlarının sınırlandırılmasına yönelik uluslararası hedefler, üretim süreçlerinin yeniden ele alınmasını gerekli kılmıştır. Bu bağlamda yalın üretim teknikleri, esasen israfın azaltılması ve süreçlerin iyileştirilmesini hedeflemekle birlikte, kaynak kullanımının daha etkin hâle getirilmesi yoluyla karbon ayak izi üzerinde dolaylı etkilere sahiptir.

Literatürde yalın üretim ile çevresel performans arasındaki ilişki genellikle genel değerlendirmeler üzerinden ele alınmakta; yalın uygulamaların karbon emisyonlarını hangi operasyonel alanlar aracılığıyla etkilediği sınırlı düzeyde açıklanmaktadır. Bu durum, yalın üretimin çevresel sürdürülebilirlik bağlamındaki rolünün daha net kavramsal çerçevelerle ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

Bu çalışmada, yalın üretim tekniklerinin karbon ayak izinin azaltılmasına olan etkileri kavramsal düzeyde incelenmiştir. Çalışma kapsamında enerji kullanımı, malzeme tüketimi, lojistik faaliyetler ve süreç yapısı gibi temel operasyonel unsurlar ele alınarak bu unsurların karbon emisyonları ile olan ilişkileri değerlendirilmiştir. Analiz sürecinde, yalın üretim tekniklerinin çevresel etkilerini değerlendirmeye yönelik nicel ve çok kriterli bir karar çerçevesi kullanılmış; yöntemin ayrıntılarına girilmeksizin yalın üretimin çevresel sürdürülebilirlik bağlamındaki rolü açıklayıcı bir çerçeve içerisinde tartışılmıştır.

Sonuç olarak, yalın üretim tekniklerinin doğrudan çevresel teknoloji yatırımı gerektirmeksizin, operasyonel uygulamaların iyileştirilmesi yoluyla karbon ayak izinin azaltılmasına katkı sağlayabileceği değerlendirilmektedir. Çalışma, sürdürülebilir üretim literatürüne kavramsal bir bakış açısı sunmakta ve gelecekte yapılacak ampirik çalışmalar için teorik bir zemin oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: yalın üretim, karbon ayak izi, sürdürülebilir üretim, çevresel performans, operasyonel verimlilik

THE EFFECTS OF LEAN PRODUCTION TECHNIQUES ON REDUCING CARBON FOOTPRINT

ABSTRACT

Today, sustainable manufacturing approaches require organizations to move beyond systems focused solely on cost and efficiency and to integrate environmental considerations into production-related decision processes. Increasing environmental pressures and international targets aimed at limiting carbon emissions have made it necessary to reassess production systems. In this context, lean production techniques, while primarily aiming to reduce waste and improve processes, may generate indirect effects on carbon footprint by enabling more efficient use of resources.

In the literature, the relationship between lean production and environmental performance is generally addressed through broad evaluations, whereas limited attention is given to the specific operational areas through which lean practices influence carbon emissions. This highlights the need to examine the role of lean production within environmental sustainability through clearer conceptual frameworks.

In this study, the effects of lean production techniques on reducing carbon footprint are examined at a conceptual level. Key operational elements such as energy consumption, material usage, logistics activities, and process structure are considered, and their relationships with carbon emissions are evaluated. A quantitative and multi-criteria decision perspective is adopted to frame the assessment, while methodological details are intentionally kept at a high level and discussed within an explanatory framework.

Overall, lean production techniques may contribute to carbon footprint reduction by improving operational practices without requiring direct investments in environmental technologies. This study provides a conceptual perspective for the sustainable manufacturing literature and offers a theoretical basis for future empirical research.

Keywords: lean production, carbon footprint, sustainable manufacturing, environmental performance, operational efficiency

1. INTRODUCTION

Industrial production systems constitute a major source of global carbon emissions due to intensive energy consumption, material usage, and logistics-related activities. In response to increasing environmental concerns, international policy frameworks have placed growing emphasis on greenhouse gas mitigation across industrial sectors (WRI & WBCSD, 2004;

IPCC, 2021). Consequently, production systems are increasingly evaluated not only in terms of economic efficiency but also through their environmental performance.

Sustainable manufacturing has emerged as an integrated approach that embeds environmental considerations into operational and strategic decision-making. Within this context, carbon footprint reduction has become a critical performance indicator, particularly for manufacturing systems characterized by high energy and material intensity (ISO, 2018). While conventional sustainability strategies often prioritize technological solutions such as energy-efficient machinery or renewable energy integration, these approaches typically involve high investment costs and long payback periods.

Lean production offers an alternative pathway by targeting inefficiencies embedded within operational processes. Originally developed to eliminate waste and enhance flow efficiency, lean principles address non-value-adding activities such as overproduction, excess inventory, unnecessary transportation, waiting times, and defects (Ohno, 1988; Womack & Jones, 1996). Through these mechanisms, lean practices indirectly influence resource consumption patterns and, consequently, carbon emissions.

Although prior studies acknowledge the alignment between lean production and environmental sustainability, the relationship is often discussed at a descriptive level. The specific operational pathways through which individual lean techniques affect carbon emissions remain insufficiently structured in the literature (Monden, 2011; Piercy & Rich, 2015). This limitation becomes more pronounced when multiple lean practices coexist within a production system, creating challenges in prioritizing techniques from an environmental perspective.

Accordingly, there is a need for structured analytical frameworks capable of linking lean production mechanisms to carbon footprint formation. This study addresses this gap by proposing a conceptual and multi-criteria decision-oriented framework that evaluates lean production techniques through their operational impact dimensions rather than direct emission measurements.

2. CONCEPTUAL FRAMEWORK AND ANALYTICAL PERSPECTIVE

2.1 Conceptual Foundation

The environmental impact of lean production emerges primarily through changes in how resources are consumed, managed, and synchronized within production systems. Improvements in flow continuity, process stability, and defect prevention reduce energy losses, material waste, and logistics intensity, which collectively influence carbon emission outcomes (Ohno, 1988; Monden, 2011).

In this study, carbon footprint reduction is conceptualized as a multi-dimensional outcome shaped by operational mechanisms rather than as a single measurable output. Based on a structured literature review, four primary environmental impact dimensions were identified:

- energy-related operational efficiency,
- material and resource utilization,
- logistics and transportation intensity,
- process stability and throughput-related emissions.

These dimensions are consistent with established carbon accounting perspectives such as the Greenhouse Gas Protocol (WRI & WBCSD, 2004).

2.2 Lean Production Techniques Considered

The framework encompasses commonly implemented lean production techniques reported across manufacturing sectors, including Just-in-Time (JIT), Total Productive Maintenance (TPM), Jidoka, Andon, Heijunka, Standardized Work, and Value Stream Mapping. Each technique influences operational processes through distinct mechanisms, implying differentiated environmental effects. Evaluating these techniques individually enables a more nuanced understanding of their relative contributions to carbon footprint reduction.

2.3 Multi-Criteria Decision Perspective

Given the multi-dimensional nature of environmental performance, a multi-criteria perspective is commonly discussed in the literature as a useful way to conceptually structure complex sustainability-related decision problems. In this context, the Analytical Hierarchy Process (AHP), which is widely referenced as a multi-criteria structuring approach, is mentioned to conceptually organize the relationships between environmental impact dimensions and lean production techniques (Saaty, 1980).

Within the scope of this conference study, AHP is considered only at a conceptual level as a commonly adopted structuring logic in sustainability-oriented discussions, without presenting numerical computations, weighting procedures, or empirical outputs. The emphasis remains on illustrating the logical relationships among environmental dimensions and lean production practices rather than on quantitative evaluation results.

3. DISCUSSION OF OPERATIONAL AND ENVIRONMENTAL INTERACTIONS

The conceptual framework discussed in this study suggests that the environmental implications of lean production techniques may not be uniformly distributed across all practices. From a literature-based perspective, techniques that directly influence material flow and equipment reliability are often associated with relatively stronger environmental relevance due to their potential impact on energy consumption and logistics-related emissions.

From a conceptual and literature-informed standpoint, flow-oriented techniques such as JIT and Heijunka are frequently associated with potential emission reduction mechanisms by minimizing excess inventory and unnecessary transportation, which may reduce energy use related to storage and handling activities (Womack & Jones, 1996).

Similarly, the literature indicates that practices such as TPM and Jidoka are conceptually linked to improved process stability and defect prevention, which may be associated with lower energy intensity per unit of output and reduced material losses (Monden, 2011).

In contrast, visual management tools such as Andon are generally discussed as having more indirect environmental implications, primarily by enabling faster problem detection and supporting the effective functioning of other lean practices.

Overall, the conceptual discussion indicates that potential carbon footprint reduction within lean production systems is more likely to emerge through cumulative operational improvements rather than isolated interventions.

4. CONCLUSIONS

This study discusses a conceptual perspective that links lean production techniques with carbon footprint reduction through operational mechanisms. By emphasizing operational mechanisms rather than direct emission measurements, the discussion offers a structured way of thinking about how lean practices may be interpreted within an environmental sustainability context.

The discussion indicates that lean production techniques may contribute to carbon footprint reduction without requiring direct investments in environmental technologies. From a conceptual standpoint, techniques that enhance flow efficiency, equipment reliability, and process stability are often associated in the literature with a higher potential to reduce emission intensity through indirect pathways.

From a practical standpoint, the conceptual perspective outlined in this paper may support more informed discussions on the prioritization of lean initiatives when environmental considerations are taken into account.

While the scope of this conference paper is intentionally limited, the conceptual structure discussed here provides a theoretical reference point for future empirical studies that may incorporate detailed quantitative analysis and sector-specific data within an SCI-indexed publication context.

REFERENCES

- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production*. Productivity Press.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (1996). *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. Simon & Schuster.



- Monden, Y. (2011). *Toyota Production System: An Integrated Approach to Just-In-Time*. CRC Press.
- Piercy, N., & Rich, N. (2015). The relationship between lean operations and sustainable operations. *International Journal of Operations & Production Management*, 35(2), 282–315.
- WRI & WBCSD. (2004). *The Greenhouse Gas Protocol: Corporate Accounting and Reporting Standard*. World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development.
- IPCC. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge University Press.
- ISO. (2018). *ISO 14067: Greenhouse gases — Carbon footprint of products*. International Organization for Standardization.

DOĞAYI KORUMA AMAÇLI KARBON AYAK İZİNİ AZALTMAYA YÖNELİK İKLİM UYGULAMASI

Uğurhan ÇOLAK

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
Bilişim Sistemleri Teknolojileri, 58402 Şarkışla, Sivas

Ali ERDEM

Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Bilgisayar Mühendisliği, 78050 Merkez, Karabük

Arif Kaan BOLEL

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
Bilişim Sistemleri Teknolojileri, 58402 Şarkışla, Sivas

Efe GENÇ

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Şarkışla Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,
Bilişim Sistemleri Teknolojileri, 58402 Şarkışla, Sivas

ÖZET

Karbon ayak izi, bireylerin günlük yaşam faaliyetleri sonucunda atmosfere salınan sera gazı miktarını ifade eden önemli bir çevresel göstergedir. Enerji tüketimi, ulaşım alışkanlıkları, atık yönetimi ve tüketim davranışları karbon ayak izinin oluşumunda belirleyici rol oynamaktadır. Günümüzde karbon salınımlarının azaltılması ve çevresel farkındalığın artırılması, iklim değişikliği ile mücadelede öncelikli hedefler arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, dijital ve yapay zekâ destekli çözümler bireylerin çevre dostu davranışlarını teşvik etme ve sürdürülebilir yaşam alışkanlıklarını yaygınlaştırma açısından önemli bir potansiyel sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında geliştirilen Karbonify, bireylerin karbon ayak izini azaltmayı hedefleyen, web ve mobil tabanlı, yapay zekâ destekli bir dijital platformdur. Platform; kullanıcıların çevre dostu etkinlikler oluşturmaya, bu etkinliklere katılmasına ve gerçekleştirdikleri faaliyetleri kayıt altına almasına olanak tanımaktadır. Doğa yürüyüşleri, fidan dikimi, atık toplama, hayvan besleme gibi etkinliklerin yanı sıra, harita tabanlı bir sistem aracılığıyla en yakın geri dönüşüm ve giysi bağış noktaları kullanıcıya gerçek zamanlı olarak sunulmaktadır.

Karbonify platformunda kullanıcıların gerçekleştirdiği çevre dostu davranışlar, yapay zekâ tabanlı görüntü işleme ve konum doğrulama yöntemleri ile analiz edilmekte ve doğrulanmaktadır. Örneğin, fidan dikim etkinliğine katılan kullanıcılar tarafından yüklenen görseller, yapay zekâ algoritmaları aracılığıyla incelenerek etkinliğin geçerliliği doğrulanmakta ve kullanıcılara karbon puanı kazandırılmaktadır. Elde edilen karbon puanları, kullanıcılar arasında sıralama oluşturulmasında ve sürdürülebilirlik odaklı ödül mekanizmalarının işletilmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, Karbonify platformu üzerinden elde edilen kullanıcı verileri kullanılarak bireysel karbon ayak izi azaltımına yönelik davranışlar analiz edilmiştir. Yapay zekâ destekli doğrulama ve puanlama mekanizmalarının kullanıcı motivasyonu üzerindeki etkileri

incelenmiş, elde edilen bulgular dijital platformların sürdürülebilir çevresel davranışların geliştirilmesinde etkili bir araç olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon ayak izi, sürdürülebilirlik, yapay zekâ, mobil uygulama, çevresel farkındalık

A CLIMATE APPLICATION AIMED AT REDUCING THE CARBON FOOTPRINT FOR THE PURPOSE OF PROTECTING NATURE

ABSTRACT

The carbon footprint is an important environmental indicator that refers to the amount of greenhouse gases released into the atmosphere as a result of individuals' daily life activities. Energy consumption, transportation habits, waste management, and consumption behaviors play a decisive role in the formation of the carbon footprint. Today, reducing carbon emissions and increasing environmental awareness are among the priority goals in the fight against climate change. In this context, digital and artificial intelligence-supported solutions offer significant potential in terms of encouraging environmentally friendly behaviors and promoting sustainable lifestyle habits among individuals.

Karbonify, developed within the scope of this study, is a web- and mobile-based, artificial intelligence-supported digital platform that aims to reduce individuals' carbon footprints. The platform enables users to create environmentally friendly activities, participate in these activities, and record the activities they carry out. In addition to activities such as nature walks, tree planting, waste collection, and animal feeding, the nearest recycling and clothing donation points are provided to users in real time through a map-based system.

On the Karbonify platform, environmentally friendly behaviors performed by users are analyzed and verified using artificial intelligence-based image processing and location verification methods. For example, images uploaded by users participating in tree planting activities are examined through artificial intelligence algorithms to verify the validity of the activity, and users are awarded carbon points. The obtained carbon points are used to create rankings among users and to operate sustainability-oriented reward mechanisms.

In this study, behaviors aimed at reducing individual carbon footprints were analyzed using user data obtained through the Karbonify platform. The effects of artificial intelligence-supported verification and scoring mechanisms on user motivation were examined, and the obtained findings showed that digital platforms can be an effective tool in the development of sustainable environmental behaviors.

Keywords: Carbon footprint, sustainability, artificial intelligence, mobile application, environmental awareness

AÇIKLANABİLİR MAKİNE ÖĞRENİMİ MODELLERİ: UÇAK BİLETİ FİYAT TAHMİNİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

Yasemin OKAN

Yıldız Technical University, Graduate School of Science and Engineering, 34220 Esenler, İstanbul

ORCID: 0009-0003-4649-590X

Gülhayat GÖLBAŞI ŞİMŞEK

Yıldız Technical University, Department of Statistics, 34220 Esenler, İstanbul

ORCID: 0000-0002-8790-295X

ÖZET

Havayolu taşımacılığında son yıllarda biriken büyük veri miktarı, bilet fiyatlarının hangi koşullarda nasıl değiştiğini anlamayı ve bu değişimleri önceden tahmin etmeyi daha önemli hâle getirmiştir. Bu durum, makine öğrenimi tekniklerini yalnızca akademik araştırmalarda değil, sektörel karar süreçlerinde de öne çıkarmaktadır. Bu çalışma, uçuşlara ilişkin çeşitli operasyonel ve zamanlamaya dayalı özellikleri dikkate alarak bir uçak bileti fiyat tahmin modeli oluşturmakta ve modelin bu tahminlere nasıl ulaştığını açıklanabilir yapay zeka (XAI) yöntemleriyle incelemektedir. XGBoost regresyon modeli, veri temizliği ve ön işleme adımlarını izleyen bir eğitim–test süreci sonunda analiz değerlendirilmiş; Model performansı MAE, RMSE ve R^2 gibi yaygın ölçütler üzerinden incelenmiştir.

Model çıktılarının yorumlanabilir olmasını sağlamak amacıyla SHAP ve LIME yöntemleri analizlere dâhil edilmiş; Bu yaklaşımlar uçuş sınıfı, süre, aktarma düzeni ve satın alma zamanının fiyat oluşumuna etkisini nicel olarak ortaya koymuştur. Elde edilen açıklamalar, modelin sektörün bilinen fiyatlama davranışlarıyla uyumlu biçimde çalıştığını ve fiyat tahminlerini yönlendiren değişkenlerin açıkça izlenebildiğini göstermektedir. Ayrıca analiz sonuçları, XGBoost'un yüksek doğruluk düzeyine ulaşabildiğini ve uçak bileti fiyatlandırmasında rol oynayan temel yapısal ilişkileri başarıyla yakaladığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, makine öğrenimi modellerinin XAI yaklaşımlarıyla birlikte ele alınmasının yalnızca isabetli tahminler sunmakla kalmayıp aynı zamanda karar süreçlerinde güvenilirlik ve şeffaflık sağlayan bir çerçeve oluşturduğunu göstermektedir. Bu yönüyle çalışmanın havayolu sektöründe veri temelli karar destek sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabileceğini ifade etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Açıklanabilir Yapay Zeka, SHAP, LIME, XGBoost

EXPLAINABLE MACHINE LEARNING MODELS: A CASE STUDY ON AIRLINE TICKET PRICE PREDICTION

ABSTRACT

In recent years the rapid accumulation of big data in the airline industry has made it increasingly important to understand how ticket prices change under various conditions and to predict these fluctuations in advance. This trend has brought machine learning techniques to the forefront not only in academic research but also in sectoral decision-making processes.

This study develops an airfare price prediction model by incorporating various operational and time-based flight features and examines how the model produces its predictions using explainable artificial intelligence (XAI) methods. Following data cleaning and preprocessing stages, an XGBoost regression model was trained and evaluated, and its performance was assessed using common metrics such as MAE, RMSE and R^2 .

To ensure interpretability of the model outputs, SHAP and LIME methods were integrated into the analysis. These approaches quantitatively reveal the influence of factors such as flight class, duration, transfer structure and purchase timing on price formation. The resulting explanations demonstrate that the model operates consistently with well-known pricing behaviors in the industry and that the variables driving the predictions can be clearly traced. Furthermore, the findings show that XGBoost can achieve high predictive accuracy and successfully capture the fundamental structural relationships underlying airfare pricing. Overall the study highlights that combining machine learning models with XAI approaches not only provides accurate predictions but also establishes a framework that enhances transparency and reliability in decision-making processes. In this regard the work offers valuable contributions to the development of data-driven decision support systems in the airline industry.

Keywords: Explainable Artificial Intelligence, SHAP, LIME, XGBoost

NANOPARTİKÜL İLAVESİ İLE KOMPOZİT ZIRH YELEKLERİN GELİŞTİRİLMESİ

Recep ÖZDAL

ZSR PATLAYICI SAN A.Ş., Karesi, Balıkesir

ORCID: 0000-0001-7510-9500

Nazım KUNDURACI

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Zonguldak

ORCID: 0000-0002-0687-3860

ÖZET

Gelişen dünyada yaşanan teknolojik gelişmeler ile birlikte savunma sanayi kısmında büyük gelişmeler gerçekleşmiştir. Gerek mühimmat gerek silah gerekse zırhlar üzerinde gelişmeler yaşanmıştır. Hafif ve yüksek performanslı kişisel zırh sistemlerine olan talebin artması, seramik bazlı kompozit zırh teknolojilerinin gelişimini hızlandırmıştır. Önceki dönemler incelendiğinde ağırlıklı olarak mukavemetlerinden dolayı çelikler kullanılırken son zamanlarda bu çalışmalar gelişen teknolojilerle birlikte seramik malzemeler kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışma, nanopartikül ile güçlendirilmiş alümina bazlı seramik zırh yapılarının teknik incelemesini sunmaktadır. Referans olarak %99,5 saflıkta Alüminyum Oksit (Al_2O_3) kullanılırken, denemelerde mikro ve nano boyutlarda Alüminyum Oksit (Al_2O_3) tozları hazırlayarak pelet halinde preslenerek $1300^{\circ}C$ ' de sinter uygulanmıştır. Sinterleme sonrası numunelerin sertlik değerleri ölçülüp, balistik atış anındaki testleri yapılarak uygunluğu araştırılacaktır. Alümina (Al_2O_3), yüksek sertliği, basınç dayanımı, termal kararlılığı ve ekonomik uygulanabilirliği nedeniyle birincil seramik matris olarak seçilmiştir. Mikro yapısal homojenliği iyileştirmek, gözenekliliği azaltmak ve mekanik ve balistik performansı artırmak için nanopartikül katkı maddeleri eklenmiştir. Seramik numuneler, tek eksenli presleme ve ardından kontrollü sinterleme kullanılarak üretilmiştir. Mikro yapısal karakterizasyon, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile gerçekleştirilip, mekanik ve balistik performanslar standart test yöntemleri kullanılarak değerlendirilecektir. Sonuçlar, nanopartikül ilavesinin enerji dağılım kapasitesini ve çatlak kontrol davranışını iyileştirdiğini göstererek, gelecekteki uygulama odaklı zırh sistemi geliştirme için teknik bir temel sağlamaktadır.

ABSTRACT

With the technological developments taking place in the evolving world, significant advancements have been made in the defense industry. Developments have occurred in ammunition, weapons, and armor. The increasing demand for lightweight, high-performance personal armor systems has accelerated the development of ceramic-based composite armor technologies. While steel was predominantly used in previous periods due to its strength, ceramic materials have recently begun to be used in conjunction with developing

technologies. This study presents a technical review of nanoparticle-reinforced alumina-based ceramic armor structures. While aluminum oxide (Al_2O_3) with 99.5% purity was used as the reference material, micro- and nano-sized aluminum oxide (Al_2O_3) powders were prepared for the experimental samples. These powders were pressed into pellet form and sintered at 1300 °C. After sintering, the hardness values of the samples will be measured, and their suitability will be evaluated through ballistic impact tests. Alumina (Al_2O_3) was selected as the primary ceramic matrix due to its high hardness, pressure resistance, thermal stability, and economic feasibility. Nanoparticle additives were incorporated to improve microstructural homogeneity, reduce porosity, and enhance mechanical and ballistic performance. Ceramic specimens were produced using uniaxial pressing followed by controlled sintering. Microstructural characterization will be performed using scanning electron microscopy (SEM), and the mechanical and ballistic performances will be evaluated using standard test methods. The results demonstrate that the addition of nanoparticles improves energy dissipation capacity and crack control behavior, providing a technical foundation for future application-oriented armor system development.

Keywords: Ceramic armor, Ballistic, Alumina, Nanoparticle reinforcement, Ballistic performance

GİRİŞ

Kişisel koruyucu zırh sistemleri, modern muharebe ve güvenlik ortamlarında personelin hayatta kalma kabiliyetini doğrudan etkileyen kritik ekipmanlar arasında yer almaktadır. Bu sistemlerin temel tasarım hedefi, balistik tehditlere karşı yeterli koruma sağlarken, kullanıcı üzerindeki ağırlık ve hacim yükünü minimum seviyede tutmaktır. Geleneksel metal esaslı zırhlar yüksek mukavemet sunmalarına rağmen, yüksek yoğunlukları nedeniyle ergonomi ve hareket kabiliyeti açısından önemli dezavantajlar oluşturmaktadır.

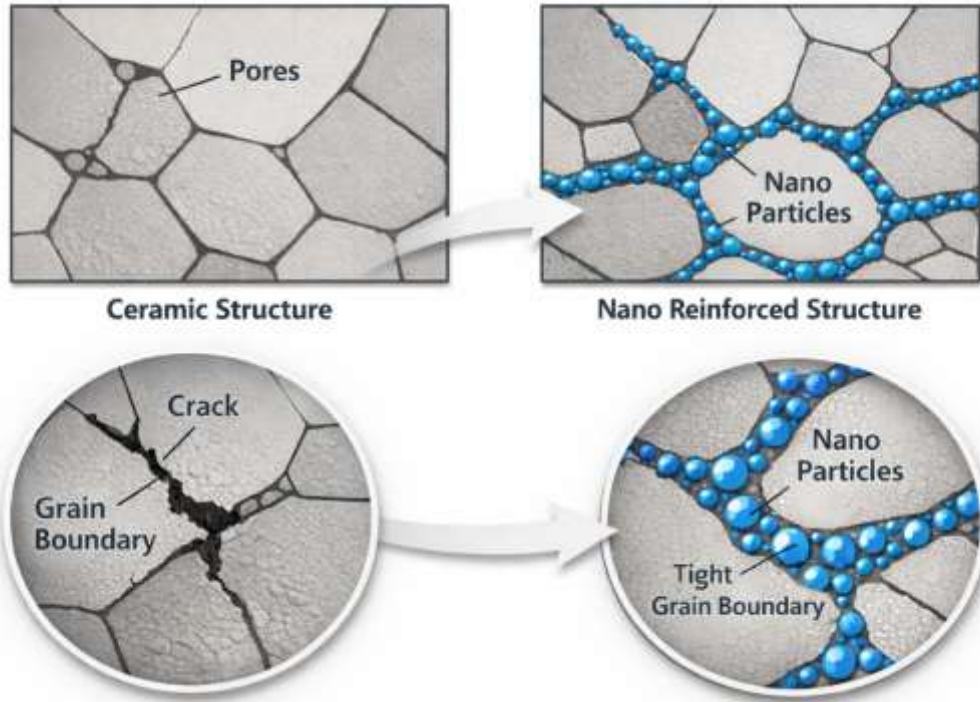
Bu bağlamda ileri teknoloji seramik esaslı zırh sistemleri, yüksek sertlikleri ve düşük yoğunlukları sayesinde öne çıkmaktadır. Balistik darbe anında seramik malzemeler, mermi çekirdeğini körelterek kinetik enerjinin önemli bir kısmını kırılma yoluyla sönmüleyebilmektedir. Alümina (Al_2O_3), silisyum karbür (SiC) ve bor karbür (B_4C) gibi seramikler, bu özellikleri nedeniyle zırh uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Alümina, nispeten düşük maliyeti, kolay temin edilebilirliği ve işlenebilirliği sayesinde kişisel zırh sistemleri için uygun bir alternatif sunmaktadır.

Seramik zırhların balistik performansı, yalnızca kullanılan seramik türüne değil, aynı zamanda mikroyapısal özelliklerine de doğrudan bağlıdır. Tane boyutu dağılımı, gözeneklilik oranı ve tane sınırı bütünlüğü gibi parametreler, darbe altındaki kırılma mekanizmalarını belirlemektedir. Gözenekliliğin yüksek olduğu seramiklerde çatlak ilerlemesi hızlanmakta ve

enerji sönümlleme kapasitesi azalmaktadır. Bu nedenle mikroyapısal kontrol, seramik zırhların performansının artırılmasında kritik öneme sahiptir.

Son yıllarda nanopartikül katkılı seramik sistemler, mikroyapısal iyileştirme sağlamak amacıyla yoğun şekilde araştırılmaktadır. Nanopartiküller, sinterleme sırasında tane sınırlarında yoğunlaşarak tane büyümesini sınırlandırmakta ve difüzyon mekanizmalarını desteklemektedir. Bu durum, gözeneklerin küçülmesine ve daha homojen bir mikroyapı oluşmasına katkı sağlamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, uygun nanopartikül türü ve oranının seçilmesi halinde seramiklerin mekanik ve balistik performansında anlamlı artışlar sağlanabileceğini ortaya koymaktadır.

Bu çalışmada nanopartikül ilavesi ile güçlendirilmiş alümina esaslı kompozit zırh yelek sistemleri teknik açıdan incelenmiştir. Çalışma, uygulama ve seri üretim aşamalarına odaklanmaktan ziyade, malzeme seçimi, üretim yöntemi, mikroyapısal davranış ve balistik performans mekanizmalarının anlaşılmasını amaçlamaktadır.



ARAŞTIRMA VE BULGULAR

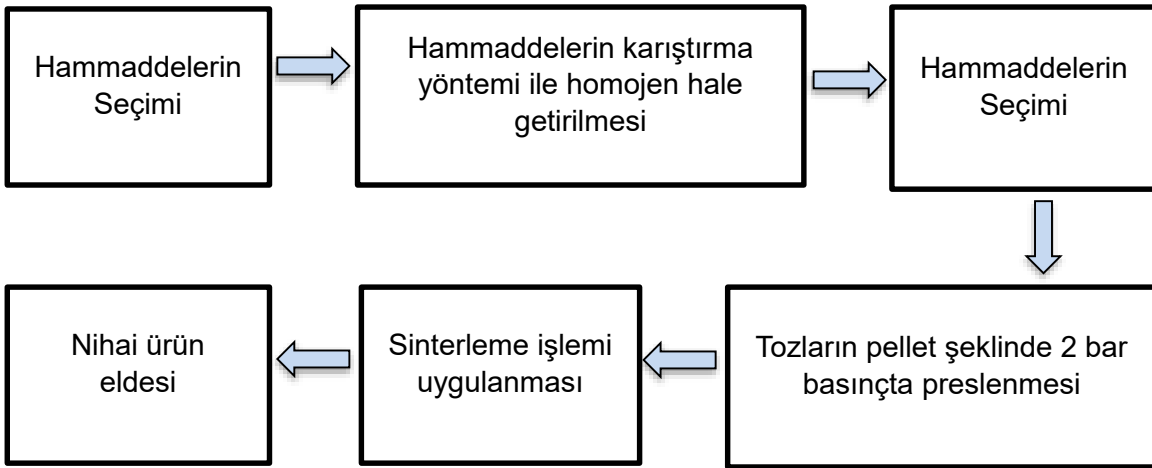
Çalışma kapsamında geliştirilen zırh numunelerinde ana seramik matris malzemesi olarak alümina (Al_2O_3) kullanılmıştır. Alüminanın yüksek sertliği ve basma dayanımı, balistik zırh uygulamaları için uygun bir temel oluştururken, kırılgan davranışı nedeniyle mikroyapısal iyileştirme ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Bu amaçla seramik matris içerisine belirli oranlarda nanopartikül katkısı yapılmıştır.

Seramik toz karışımlarının hazırlanmasında homojen dağılımın sağlanması temel hedef olarak belirlenmiştir. Nanopartikül katkılı karışımlar mekanik karıştırma ve eleme işlemlerinden geçirilerek aglomerasyon riski azaltılmıştır. Hazırlanan toz karışımları tek eksenli presleme yöntemi ile şekillendirilmiş ve ardından kontrollü sinterleme işlemine tabi tutulmuştur. Sinterleme parametreleri, yoğunluğu artıracak ve tane sınırı bütünlüğünü iyileştirecek şekilde optimize edilmiştir.

Mikroyapısal karakterizasyon taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen görüntülerde nanopartikül katkılı numunelerde tane boyutunun daha homojen dağıldığı ve gözeneklilik oranının belirgin şekilde azaldığı gözlemlenmiştir. Tane sınırlarının daha düzenli bir yapı sergilemesi, çatlak ilerlemesinin sınırlandırılmasına katkı sağlamıştır. Bu durum, nanopartiküllerin sinterleme sürecinde difüzyon mekanizmalarını desteklediğini göstermektedir.

Mekanik özelliklerin belirlenmesi amacıyla sertlik testleri uygulanmıştır. Nanopartikül ilaveli seramiklerin sertlik değerlerinde artış gözlemlenmiş olup, bu artış balistik darbe sırasında mermi çekirdeğinin daha etkin şekilde köreltilmesine katkı sağlamaktadır.

Balistik performans değerlendirmeleri, seramik tabakanın ön yüzde, ısıtılmış çelik plakanın ise arka destek olarak kullanıldığı sandviç tipi kompozit zırh yapıları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu yapılandırmada seramik tabaka, darbe anında mermi çekirdeğini kırarak enerjinin büyük bir kısmını sönmölemektedir; metal arka plaka ise kalan kinetik enerjiyi plastik deformasyon yoluyla absorbe etmektedir.



Proses Şeması

Hammadde		% Miktar (% ağırlıkça)
Alümina	→	5
Kil	→	18
Kaolen	→	17
Kuvars	→	30
Feldspat	→	30

Çizelge 1. Geliştirilen reçetelerin oranları (ağırlıkça).

Sıcaklık	Isıtma/Soğutma Hızı (°C/dak)	Süre (dak)
21°C-450°C	2°C/dak (ısıtma)	90 dak
450°C-650°C	2°C/dak (ısıtma)	125 dak
650°C-1350°C	2°C/dak (ısıtma)	88 dak
1350°C	Bekleme	60 dak
1350°C-21°C	Fırında kendiliğinden soğuma	-

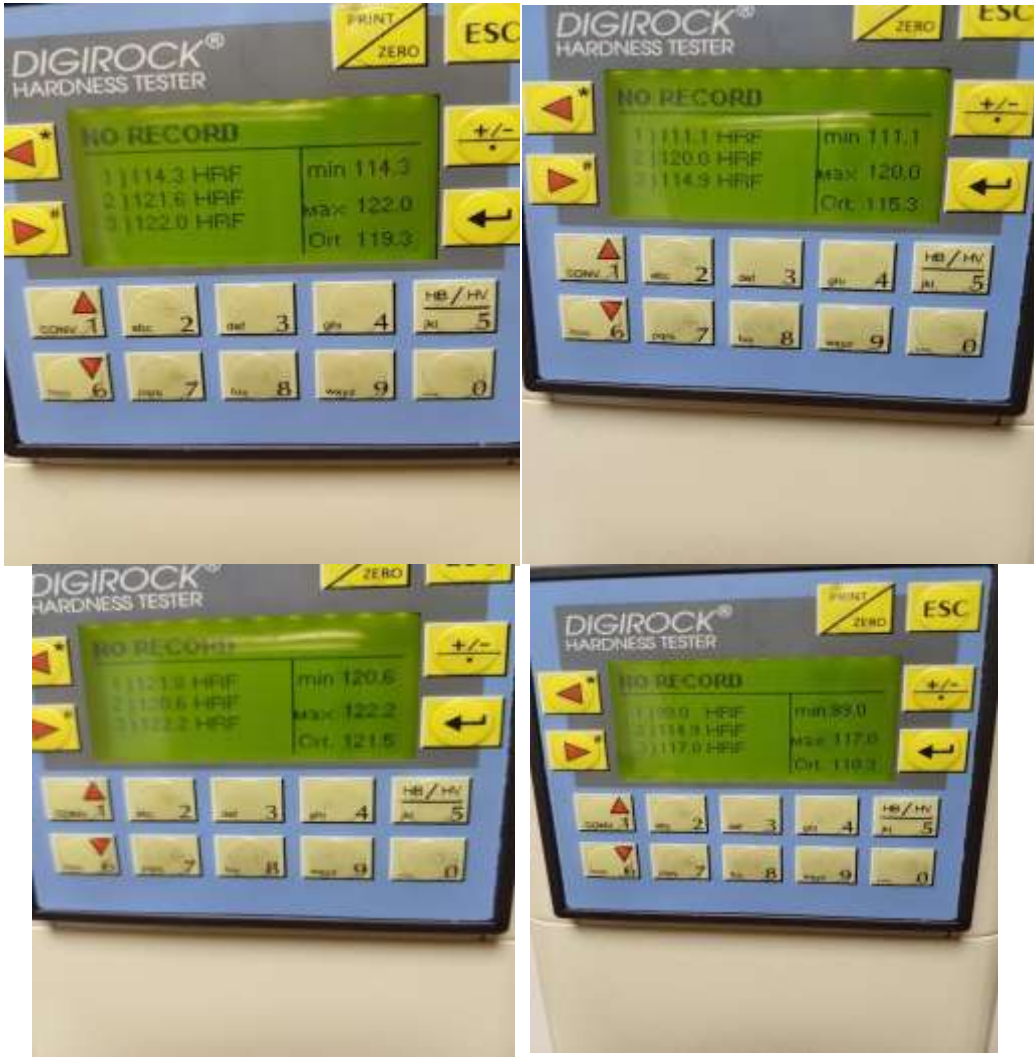
Çizelge 2. Uygulanan sinterleme rejimi

	AZ	SiO ₂	Al ₂ O ₃	F ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
Feldspat	0,4	71	17,5	0,1	0,22	0,85	0,1	9,5	0,2
Kuvars	0,6	99	0,1	0	0	0	0	0,1	0,2
Kil	10,5	57,5	27,5	1,6	1,2	0,2	0,4	0,2	1,5
Kaolen	9,8	52	34	1,2	0,1	0,1	0,1	0,2	2,5

Çizelge 3. Kullanılan hammaddelerin kimyasal analiz sonuçları.

Numune	Nominal Tane Boyutu
Referans	~250 µm
1 No	~10 µm
2 No	~1 µm
3 No	≤ 1 µm

Daha küçük nominal tane boyutuna sahip numunelerde ölçülen sertlik değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Bu durum, literatürde bildirilen tane boyutu küçülmesine bağlı yoğunluk artışı ve tane sınırı güçlenmesi ile uyumludur.



Yapılan sertlik testlerinin sonuçları.

Balistik testler 9×19 mm Parabellum, 5.56×45 mm SS109 (M855) ve 7.62×51 mm M80 mühimmatları kullanılarak gerçekleştirilecektir. Test sonuçları, nanopartikül katkılı seramiklerin darbe sonrası hasar alanlarının daha sınırlı olduğunu ve çatlak yayılımının daha kontrollü gerçekleşeceğini göstereceği düşünülmektedir.

Elde edilecek bulgular, nanopartikül ilavesinin seramik mikroyapıyı güçlendireceğini ve balistik performans üzerinde olumlu etki oluşturacağını gösterecektir. Bu durum, seramik–metal kompozit zırh sistemlerinin etkinliğini artıran temel mekanizmaların anlaşılması açısından önemlidir.

KORUMA SEVİYESİ	MERMİ TİPİ	MERMİ AĞIRLIĞI (g)	MERMİ HIZI (m/s)	MESAFE (m)
SEVİYE 2A	9mm	124	373 ± 9.1	5
	.40S&W,	180	352 ± 9.1	
SEVİYE 2	9mm	124	398 ± 9.1	5
	357 Magnum	158	436 ± 9.1	

SEVİYE 3A	.357 SIG	125	448 ± 9.1	5
	0.44 Magnum	240	436 ± 9.1	
SEVİYE 3	7.62mm NATO	147	847 ± 9.1	15
SEVİYE 4	30 Kalibre Zırh Delici Mermi (AP)	166	878 ± 9.1	15

Çizelge 4. NIJ-STD-0101.06 standardında belirtilen koruma seviyeleri (NIJ Standard-0101.06 2008).

SONUÇ

Bu çalışmada nanopartikül ilavesi ile güçlendirilmiş alümina esaslı kompozit zırh yelek sistemleri teknik açıdan değerlendirilecektir. Elde edilen sonuçlardan beklenti, nanopartikül katkısının seramik mikroyapıyı iyileştirdiğini, gözenekliliği azalttığını ve mekanik özellikleri geliştirdiğini göstermesidir. Bu mikroyapısal iyileşmeler, balistik darbe altında enerji sönümleme kapasitesinin artmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Seramik ve metal tabakaların birlikte kullanıldığı sandviç tipi yapılandırma, balistik tehditlere karşı etkili bir koruma mekanizması sunacaktır. Seramik tabakanın mermi çekirdeğini köreltmesi ve metal arka plakanın kalan enerjiyi absorbe etmesi, sistemin toplam balistik performansını artırdığı bilinmektedir.

Bu çalışma, nanopartikül katkılı seramik zırh sistemlerinin teknik fizibilitesini ortaya koyarak ve ileride gerçekleştirilecek uygulama ve saha testleri için bilimsel bir temel oluşturmaktadır. Gelecek çalışmalarda nanopartikül türü ve oranlarının optimize edilmesi, farklı seramik matrislerin incelenmesi ve uzun süreli balistik dayanım davranışlarının değerlendirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKÇA

- Özbağdatlı, E. (2023). Alümina seramik plakaların şekillendirilmesi ve balistik incelenmesi, Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
- Evci, C., & Gülgeç, M. (2014). Ceramic armor systems and ballistic performance. *Composite Structures*, 108, 120–130.
- Krishnan, K., Sockalingam, S., & Bansal, S. (2010). Ballistic behavior of ceramic armor materials. *Journal of Materials Engineering*, 32(4), 245–252.
- Akdoğan, E., & Türkbaş, S. (2016). Seramik zırh geometrisinin balistik performansa etkisi. *Malzeme Bilimi Dergisi*, 21(3), 145–153.
- Silva, M. V., et al. (2014). Effect of alumina purity on mechanical properties. *Ceramics International*, 40(6), 8451–8458.
- Übeyli, M., et al. (2011). Ballistic impact behavior of ceramic-metal composite armor. *Materials & Design*, 32(1), 49–56.

TORNALAMA ÖNCESİ İŞ PARÇASI YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜNÜN, TORNALAMA SONRASI YÜZEY PÜRÜZLÜLÜĞÜ VE GÜÇ TÜKETİMİNE ETKİSİ

Aslan AKDULUM

Hacettepe University, Başkent OSB Vocational School of Technical Sciences,
Department of Machinery and Metal Technologies, 06909 Sincan, Ankara

ORCID: 0000-003-2030-3167

ÖZET

Sürdürülebilir talaşlı imalat süreçlerinde yüzey kalitesi ve enerji verimliliği, üretim performansını doğrudan etkileyen kritik göstergeler arasında yer almaktadır. Tornalama işlemlerinde yüzey pürüzlülüğü ve güç tüketimi çoğunlukla kesme parametreleri üzerinden değerlendirilmekte, ancak tornalama öncesi iş parçası yüzey durumunun bu çıktılar üzerindeki etkisi sınırlı sayıda çalışmada ele alınmaktadır. Bu çalışmada, tornalama öncesi iş parçası yüzey pürüzlülüğünün, tornalama sonrası yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve işlem sırasında gerçekleşen güç tüketimi üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde, farklı ilerleme koşulları ile kontrollü başlangıç yüzey pürüzlülükleri elde edilmiştir. Tornalama işlemleri sabit kesme parametreleri altında CNC torna tezgâhında gerçekleştirilmiş, yüzey pürüzlülüğü taşınabilir ölçüm cihazı ile, güç tüketimi ise üç fazlı dijital güç analizörü kullanılarak ölçülmüştür. Elde edilen bulgular, tornalama sonrası Ra değerlerinin başlangıç yüzey pürüzlülüğünden bağımsız olarak yaklaşık 3 µm seviyelerinde dengelendiğini ve takım geometrisi ile ilerleme miktarının yüzey oluşum mekanizması üzerinde baskın rol oynadığını göstermiştir. Bununla birlikte, başlangıç yüzey pürüzlülüğünün belirli bir eşik değere kadar hem yüzey kalitesi hem de güç tüketimi üzerinde ikincil fakat anlamlı bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak, tornalama öncesi yüzey topografyasının proses planlama aşamalarında dikkate alınmasının, yüzey kalitesi kontrolü ve enerji verimliliği açısından katkı sağlayabileceği değerlendirilmiştir. Bu çalışma, başlangıç yüzey pürüzlülüğünün talaşlı imalat süreçlerindeki rolüne ilişkin deneysel veriler sunarak literatüre katkı sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Tornalama, yüzey pürüzlülüğü, başlangıç yüzey topografyası, güç tüketimi

EFFECT OF PRE-TURNING WORKPIECE SURFACE ROUGHNESS ON POST-TURNING SURFACE ROUGHNESS AND POWER CONSUMPTION ABSTRACT

In sustainable machining processes, surface quality and energy efficiency are among the critical indicators that directly affect manufacturing performance. In turning operations, surface roughness and power consumption are predominantly evaluated based on cutting parameters; however, the effect of the pre-turning workpiece surface condition on these outputs has been addressed in a limited number of studies. In this study, the effects of pre-turning workpiece surface roughness on post-turning surface roughness (Ra) and power

consumption during machining were experimentally investigated. Controlled initial surface roughness levels were obtained under different feed conditions. Turning experiments were conducted on a CNC lathe under constant cutting parameters. Surface roughness was measured using a portable surface roughness tester, while power consumption was recorded using a three-phase digital power analyzer. The results indicated that post-turning Ra values stabilized at approximately 3 μm regardless of the initial surface roughness, confirming the dominant role of tool geometry and feed rate in the surface formation mechanism. Nevertheless, it was determined that the initial surface roughness had a secondary but significant effect on both surface quality and power consumption up to a certain threshold value. Consequently, considering the pre-turning surface topography during process planning may contribute to improved surface quality control and enhanced energy efficiency. This study provides experimental evidence on the role of initial surface roughness in machining processes and contributes to the existing literature.

Keywords: Turning, surface roughness, initial surface topography, power consumption

1. GİRİŞ

Günümüzde imalat sektöründe yüzey kalitesi ve güç verimliliği, sürdürülebilir üretim anlayışının temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Özellikle talaşlı imalat süreçlerinde, işleme parametrelerinin yalnızca ürün kalitesi üzerindeki değil, aynı zamanda güç tüketimi ve çevresel etkiler üzerindeki rolü giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Tornalama işlemi, geniş kullanım alanı ve yüksek üretim hacimleri nedeniyle bu bağlamda dikkatle ele alınması gereken temel talaş kaldırma yöntemlerinden biridir.

Literatürde tornalama sonrası yüzey pürüzlülüğü (Ra) ve güç tüketimini belirleyen faktörler ağırlıklı olarak kesme hızı, ilerleme miktarı, talaş derinliği ve takım geometrisi gibi proses parametreleri üzerinden incelenmiştir. Örneğin yapılan bir çalışmada alüminyum, alaşımlı çelik ve pirinç malzeme üzerinde yapılan bir tornalama işleminde Ra'nın malzemeye göre değiştiği tespit edilmiştir (Ghazali et al., 2019). İş parçası sertliğinin güç tüketimi ve Ra'ya etkilerinin incelendiği diğer bir çalışmada artan ilerleme miktarı ve kesme derinliğinin güç tüketimi ve Ra değerlerini artırdığı tespit edilmiştir (Şahinoğlu, 2025). Ayrıca, 1040 çeliğinin tornalanmasında değerlendirilen girdi değişkenleri arasında en etkili parametre olarak ilerleme miktarı belirlenirken, ilerleme miktarının artması ile Ra ve güç tüketiminin arttığı tespit edilmiştir (Şahinoğlu & Rafighi, 2020). Diğer bir çalışmada EN31 iş parçasının Ra değeri Taguchi analizi ve yanıt yüzey yöntemi ile analiz edilerek kesme hızının etkili olduğu tespit edilmiştir (Prasath et al., 2018). Puntalı ve puntasız bağlanan iş parçalarının Ra değerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada puntasız işlemlerde ve aynaya uzak yüzeylerde Ra değerinin daha kötü olduğu tespit edilmiştir (Çoğun & Yakar, 1998). Diğer bir çalışmada iş

parçası çap ve çıkıntı uzunluğunun Ra'ya etkileri ANFIS ile modellenerek küçük çapta çıkıntı uzunluğunun, büyük çapta ise kesme hızının daha etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Dere & Filiz, 2019). Diğer bir çalışmada gezer punta ile iş parçası desteklendiğinde çıkıntı oranının Ra üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir (Cooper & DeRuntz, 2007). Ancak, tornalama öncesinde iş parçasının sahip olduğu başlangıç yüzey pürüzlülüğünün, nihai yüzey kalitesi üzerindeki etkisi görece sınırlı sayıda çalışmada ele alınmış ve bu etkinin güç tüketimi ile olan ilişkisi yeterince bütüncül bir biçimde değerlendirilmemiştir. Halbuki ön işlemle elde edilen yüzey topografyası, kesme bölgesindeki sürtünme davranışını, talaş oluşum mekanizmasını ve takım-iş parçası etkileşimini doğrudan etkileyebilecek potansiyele sahiptir.

Başlangıç yüzey pürüzlülüğünün, kesme kuvvetleri, titreşim davranışı ve takım aşınması gibi ikincil proses çıktıları üzerinden hem nihai yüzey kalitesini hem de süreç boyunca harcanan güç tüketimini dolaylı olarak belirleyebileceği öngörülmektedir. Bu etkileşimlerin doğru biçimde anlaşılması, yalnızca daha kaliteli yüzeyler elde edilmesini değil, aynı zamanda birim parça başına güç tüketiminin azaltılmasını da mümkün kılacaktır. Bu açıdan konu hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirlik hedefleriyle doğrudan ilişkilidir.

Bu çalışmada, tornalama öncesi iş parçası yüzey pürüzlülüğünün, tornalama sonrası elde edilen bitmiş yüzey pürüzlülüğü ve işlem sırasında gerçekleşen enerji tüketimi üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Çalışmanın temel amacı, başlangıç yüzey durumu ile nihai ürün kalitesi ve güç performansı arasındaki nicel ilişkileri ortaya koymak ve bu ilişkileri istatistiksel olarak değerlendirmektir. Elde edilen bulguların, proses planlama aşamalarında başlangıç yüzey kalitesinin bir kontrol parametresi olarak ele alınmasına ve enerji verimli talaşlı imalat stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

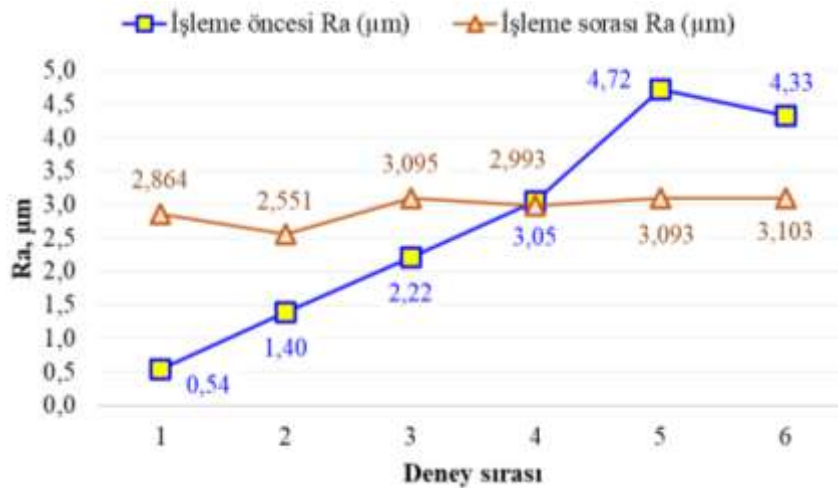
2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada deney numunesi olarak yaygın endüstriyel uygulamalarda kullanılan 1.2344 sıcak iş takım çeliği tercih edilmiştir. İş parçaları silindirik çubuk formunda hazırlanmış ve başlangıç ölçüleri Ø32 mm çap ve 200 mm boy olarak belirlenmiştir. İş parçası gezer punta ile desteklenerek aynaya bağlanmıştır. Başlangıç yüzey pürüzlülüğü düzeylerinin kontrollü olarak elde edilebilmesi amacıyla farklı ilerleme hızlarında tornalama deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu işlemler sonucunda farklı aralıklarda başlangıç Ra (0,541 - 1,399 - 2,219 - 3,048 - 4,718 - 4,331) değerlerine sahip yüzeyler elde edilmiştir. Her bir numunenin tornalama öncesi yüzey pürüzlülüğü, taşınabilir yüzey pürüzlülük ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüş ve her yüzey için üç tekrarlı ölçümün ortalaması başlangıç pürüzlülük değeri olarak kaydedilmiştir. Tornalama deneyleri, CNC kontrollü torna tezgâhında gerçekleştirilmiştir. Talaş kaldırma işlemlerinde ISO standartlarına uygun, değiştirilebilir uç tipine sahip karbür

kesici takımlar kullanılmıştır. Tüm deneyler boyunca aynı takım uç geometrisi tercih edilmiş ve takım burun yarıçapı 0.8 mm olarak sabit tutulmuştur. Kesme parametreleri literatürde önerilen ve sanayide yaygın olarak kullanılan aralıklar dikkate alınarak seçilmiştir. Deneylerde kesme hızı (240 m/dak), ilerleme miktarı (0,275 mm/dev) ve talaş derinliği (1,2 mm) sabit olarak dikkate alınmıştır. Her tornalama deneyi için yeni bir kesici kenar kullanılarak takım aşınmasının sonuçlar üzerindeki etkisi minimize edilmiştir. Deneyler sırasında soğutma sıvısı kullanılmamıştır. Tornalama sırasında gerçekleşen güç tüketimi, tezgâh güç hattına bağlanan üç fazlı dijital güç analizörü kullanılarak ölçülmüştür.

3. BULGULAR

Şekil 1’de, kontrollü olarak hazırlanan işleme öncesi Ra değerlerinin, sabit kesme koşulları (V_c , f ve a_p) altında gerçekleştirilen tornalama işlemi sonrasındaki Ra üzerindeki etkisi karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. İşleme öncesi Ra değerleri yaklaşık 0,54 μm ile 4,72 μm aralığında değişirken, işleme sonrası elde edilen Ra değerlerinin ise ağırlıklı olarak 2,551–3,103 μm aralığında yoğunlaştığı belirlenmiştir. 1. ve 2. deneylerde daha küçük başlangıç Ra değerine sahip yüzeylerin tornalanması sonucunda daha düşük Ra değerleri elde edilmiştir. Ancak bu durum 3. deneyden sonra hemen hemen stabil bir eğilim sergilemiştir. Dolayısıyla işleme öncesi Ra değeri, işleme sonrası Ra değerine belli bir aralığa kadar etki ederken belli bir aralıktan sonra ise çok fazla etki etmediği söylenebilir. Kesici ucun burun radüsünün 0,8 mm iken kesme derinliğinin daha fazla (1,2 mm) olması bu etkinin daha belirgin olarak görülmemesine neden olmuş olabilir. Ancak bu bulgular, sabit kesme parametreleri altında tornalama işleminin, başlangıç yüzey topografyasına bağlı olarak göreceli bir etki oluşturabildiğini ortaya koymaktadır. Diğer bir ifadeyle, işleme sonrası yüzey kalitesinin yalnızca kesme parametrelerine değil, aynı zamanda işleme öncesi yüzey karakteristiklerine de göreceli olarak bağlı olabileceği yönünde değerlendirilmiştir.



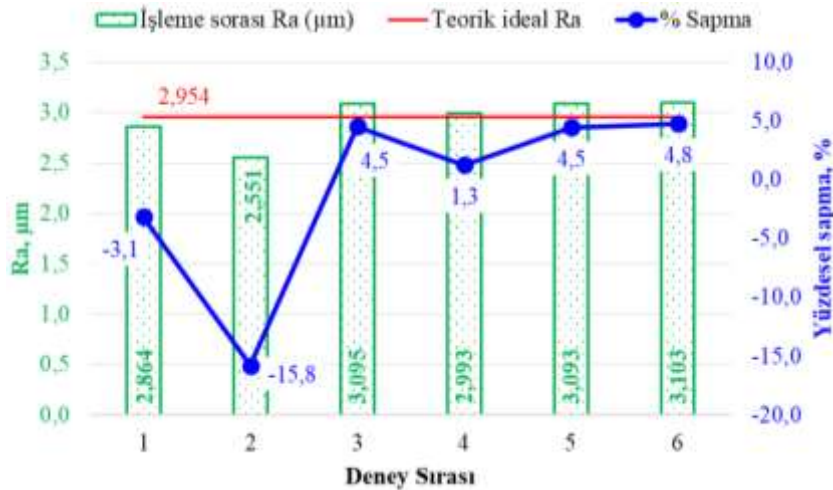
Şekil 1. İşleme öncesi ve işleme sonrası Ra değerlerinin kıyaslanması

Eşitlik 1 kullanılarak ideal teorik yüzey pürüzlülüğü hesaplanmıştır. Eşitlikte geçen f değeri ilerleme miktarını (mm/dev), r ise kesici uç burun radüsünü (mm) ifade etmektedir. Hesaplama sonucunda ideal Ra değeri 2,954 μm olarak hesaplanmıştır. Deney sonucu elde edilen Ra değerleri ile karşılaştırıldığında ilk 2 deney ideal Ra değerinden daha az meydana gelirken diğer deneysel sonuçların Ra değerleri ideal Ra değerinden daha yüksek olarak sonuçlanmıştır.

$$\text{İdeal Ra} = \frac{f^2}{32 \times r} = \frac{0,275^2}{32 \times 0,8} = 2,954 \mu\text{m}$$

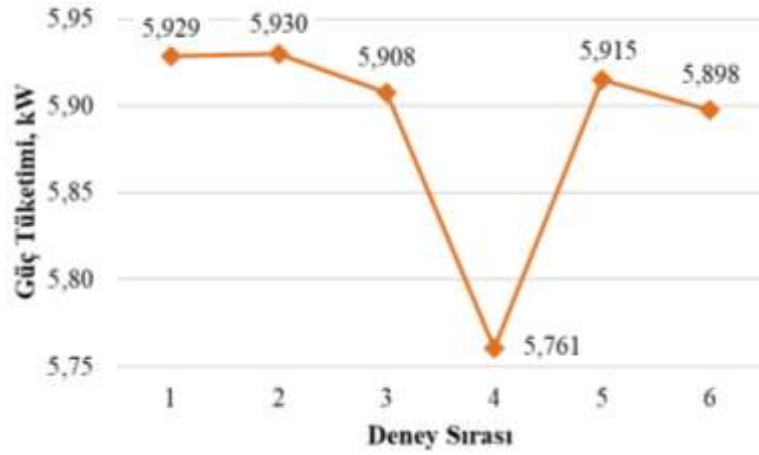
(1)

Şekil 2’de, tormalama işlemi sonrasında ölçülen deneysel Ra değerleri ile ideal teorik yüzey pürüzlülüğü değerleri ve bu iki değer arasındaki yüzde sapmalar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Teorik yüzey pürüzlülüğü değeri tüm deney koşulları sabit olduğu için hesaplama sonucunda 2,954 μm olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçlar incelendiğinde, ölçülen Ra değerlerinin 2,551–3,103 μm aralığında değiştiği görülmektedir. Yüzde sapma değerleri dikkate alındığında, deneysel sonuçlar ideal yüzey pürüzlülüğüne yakın değerlerde sonuçlanmıştır. En yüksek negatif sapma 2. deneyde %–15,8 olarak tespit edilirken, diğer deneylerde sapmanın %–3,1 ile %4,8 aralığında kaldığı görülmektedir. İşleme öncesi Ra değeri düşük olan ilk 2 deney için ideal Ra değerine göre sapma negatif değerlerde sonuçlanırken, diğer deneylerde ideal Ra değerinden daha yüksek değerler meydana gelmiştir. Teorik ideal Ra değerine göre yüksek Ra değerlerinin titreşim, talaş kırılma davranışı ve iş parçası malzemesinin plastik deformasyon karakteristiği gibi çeşitli proses kaynaklı faktörlerden kaynaklanmış olabileceği değerlendirilmektedir. Elde edilen bulgular, tormalamada başlangıç yüzey durumu ile dinamik kesme davranışlarını dikkate alan daha kapsamlı modellerin geliştirilmesinin gerekliliğini ortaya koymaktadır.



Şekil 2. Teorik ideal Ra ve işleme sonrası Ra değerlerinin kıyaslanması ve yüzdesel sapmalar

Deney sırasına göre güç tüketiminin değişimi Şekil 3'te bulunmaktadır. Sabit kesme parametreleri altında gerçekleştirilen tornalama deneylerinde, takım tezgâhı güç tüketiminin, işleme öncesi Ra ile doğrusal olmayan bir eğilim sergilediği gözlenmiştir. Deney 1–3 aralığında, işleme öncesi Ra değerinin 0,54 μm 'den 2,22 μm 'ye yükselmesine rağmen güç tüketimi dar bir bandta ($\approx 5,908$ – $5,930$ kW) nispeten kararlı bir seyir izlemiştir. Bu durum, orta düzeyde başlangıç pürüzlülüğünün kesme bölgesindeki temas koşullarını sınırlı ölçüde etkilediğini göstermektedir. En dikkat çekici bulgu, işleme öncesi Ra değeri 3,048 μm olan 4. deneyde güç tüketiminin 5,761 kW ile minimum seviyeye inmesidir. İşleme öncesi Ra değerleri dikkate alındığında daha büyük işlenmemiş Ra değerine sahip yüzeyin tornalanması durumunda daha düşük güç tüketimi meydana gelme eğilimi görülmektedir.



Şekil 3. Deney sırasına göre güç tüketiminin değişimi

4. TARTIŞMA

Bu çalışmada, tornalama öncesi iş parçası Ra değerlerinin, tornalama sonrası yüzey kalitesi ve güç tüketimi üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Elde edilen bulgular, başlangıç yüzey topografyasının hem kesme mekanizması hem de güç gereksinimi üzerinde belirli bir etkiye sahip olduğunu, ancak bu etkinin doğrusal veya basit bir ilişki ile açıklanamayacak kadar karmaşık bir karakter sergilediğini ortaya koymaktadır. İşleme sonrası Ra değeri yaklaşık 3 μm seviyelerinde seyretmiş ve kullanılan kesme parametreleri ile takım geometrisinin, yüzey topografyasını bu aralıkta stabilize ettiği anlaşılmıştır. Bu olgu, literatürde ileri sürülen takım geometrisinin yüzey pürüzlülüğü üzerinde baskın etkiye sahip olduğu yaklaşımıyla uyumludur (Silva & Davim, 2009). Özellikle kesici uç burun radüsünün işleme sonrası Ra değeri üzerinde etkili olduğu ifade edilmektedir (Zhao et al., 2017). Ayrıca ilerleme miktarının işleme sonrası Ra değerlerinde etkili olduğu da bilinmektedir (Xiao et al., 2017). Ancak elde edilen bulgulara göre işleme öncesi Ra değerinin de belli bir eşiğe kadar işleme sonrası Ra değeri üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Sabit ilerleme (0,275 mm/dev)

ve kesici burun yarıçapı (0,8 mm) kombinasyonu altında, ideal yüzey pürüzlülüğünün 2,954 μm olarak hesaplanması ve deneysel sonuçların bu değerin çevresinde kümelenmesi, deneysel çalışmanın deney koşullarıyla tutarlı olduğunu göstermektedir. İlk iki deneyde ideal Ra değerinden daha düşük sonuçlar elde edilmesi, nispeten daha düzgün başlangıç yüzeylerinde kesme işleminin daha kararlı gerçekleşmesiyle açıklanabilir. Buna karşın diğer deneylerde ideal Ra'nın üzerinde değerler gözlenmesi, artan başlangıç pürüzlülüğünün kesme bölgesinde titreşimleri (Taha et al., 2010) dolayısıyla rijitliği etkilemesiyle yüzey kalitesinin sınırladığını düşündürmektedir. Bu durumda, başlangıç yüzey topografyasının özellikle titreşim hassas yüzeylerde veya düşük rijitlik koşullarında işleme performansını etkileyebileceği değerlendirilebilir.

Düşük ve orta düzey başlangıç pürüzlülüklerine sahip ($Ra \approx 0,5\text{--}2,2 \mu\text{m}$) numunelerde güç tüketiminin yaklaşık 5,93 kW bandında sabit kalması, bu aralıkta başlangıç yüzey durumunun güç tüketimi üzerinde belirgin bir değişim yaratmadığını göstermektedir. Yani yüzey pürüzlülüğü belirli bir eşik değerine kadar güç tüketimi üzerinde sınırlı etkiye sahiptir. Bununla birlikte, 4. deneyde başlangıç Ra değerinin 3,048 μm olduğu koşulda güç tüketiminde gözlenen belirgin düşüşün (5,761 kW), söz konusu yüzey topografyasının kesme bölgesindeki temas koşullarını iyileştirerek talaş oluşumunu görece daha kolay hale getirdiğine işaret ettiği değerlendirilebilir. Bu durum, yüzey pürüzlülük oluklarının takım ilerlemesi boyunca talaşın kırılma ve kayma davranışını değiştirmesiyle açıklanabilir (Anicic et al., 2017; Pham et al., 2024). Ancak daha yüksek başlangıç Ra değerlerinde güç tüketiminin yeniden yükselmesi, bu optimal etkileşimin sınırlı bir aralıkta gerçekleştiğini göstermektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde, başlangıç yüzey pürüzlülüğünün hem yüzey kalitesi hem de güç tüketimi üzerinde etkili olduğu ancak tek başına belirleyici olmadığı söylenebilir. Bununla birlikte, başlangıç yüzey topografyasının belirli eşiklerde bu süreçleri olumlu veya olumsuz yönde etkileyebildiği görülmüştür. Bu nedenle, ön işleme adımlarında yüzey pürüzlülüğünün kontrol edilmesi, özellikle enerji verimliliğinin kritik olduğu üretim hatlarında dikkate alınması gereken bir parametre olarak değerlendirilebilir. Ayrıca, başlangıç yüzey topografyasının kesme kuvvetleri, talaş morfolojisi ve takım aşınması ile eşzamanlı olarak incelendiği daha kapsamlı çalışmalar, elde edilen bulguların daha geniş bir bağlamda doğrulanmasına katkı sağlayacaktır. Bu yönüyle çalışma, literatürde sınırlı olarak ele alınmış bir prosese ilişkin yeni veriler sunmakta ve gelecekte yapılacak çok değişkenli modelleme ve optimizasyon çalışmalarına temel oluşturmaktadır.

SONUÇLAR

Bu çalışma, tornalama öncesi iş parçası yüzey pürüzlülüğünün (Ra), tornalama sonrası Ra ve güç tüketimi üzerindeki etkilerini inceleyerek başlangıç yüzey topografyasının talaş kaldırma

süreçlerindeki rolünü ortaya koymayı amaçlamıştır. Sabit kesme parametreleri altında gerçekleştirilen deneysel incelemeler, başlangıç Ra değerinin hem nihai yüzey kalitesi hem de güç tüketimi üzerinde ölçülebilir ancak sınırlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Elde edilen sonuçlara göre:

- Tornalama sonrası Ra değerleri, başlangıç Ra değerlerinden bağımsız olarak belirli bir aralıkta (2,551–3,103 μm) yoğunlaşmış ve sistemin yaklaşık 3 μm seviyesinde bir denge pürüzlülüğü üretme eğiliminde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, sabit ilerleme ve takım burun yarıçapı koşullarında takım geometrisinin yüzey oluşum mekanizması üzerindeki baskın etkisini doğrulamaktadır.
- Düşük başlangıç Ra değerine sahip numunelerde tornalama sonrası yüzey pürüzlülüğünün artması, yüksek başlangıç Ra değerlerinde ise düşmesi, yüzey topografyasının işlem sırasında belirli bir ideal geometriye doğru yakınsadığını göstermektedir. Hesaplanan teorik ideal pürüzlülük olan 2,954 μm değerinin deneysel verilerle uyumlu olması bu eğilimi desteklemiştir.
- Güç tüketimi açısından 4. deney dışındaki tüm Ra değerlerinde güç tüketimi yaklaşık 5,898-5,93 kW bandında kararlı kaldığı görülmekle beraber artan önceki Ra değerinin güç tüketimini hafifte olsa azaltma eğiliminde olduğu söylenebilir.
- Başlangıç Ra değerinin 3,048 μm olduğu deneyde güç tüketiminin belirgin şekilde azalması, yüzey topografyasının belirli bir pürüzlülük düzeyinde talaş oluşumunu kolaylaştırarak güç gereksinimini düşürebileceğine işaret etmektedir. Bununla birlikte daha yüksek pürüzlülük değerlerinde tüketimin yeniden artması, bu etkinin sınırlı bir aralıkta gerçekleştiğini düşündürmektedir.
- Genel olarak, başlangıç yüzey pürüzlülüğünün tek başına belirleyici bir parametre olmadığı, ancak yüzey oluşum mekanizması ve güç tüketimi üzerinde ikincil fakat anlamlı bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Bu nedenle, ön işleme koşullarının optimize edilmesi, özellikle enerji verimliliği ve yüzey kalitesi hedeflenen yüksek hassasiyetli üretim süreçlerinde dikkate alınması gereken bir faktör olarak değerlendirilebilir.

Bununla birlikte, yüzey topografyasının kesme kuvvetleri, talaş morfolojisi, takım aşınması ve titreşim davranışı ile eşzamanlı olarak incelendiği daha kapsamlı çalışmalar, başlangıç yüzey pürüzlülüğünün çok boyutlu etkilerinin daha net anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Bu çalışma, literatürde sınırlı olarak ele alınmış bu konuya yönelik deneysel veri sunarak gelecekte yapılacak optimizasyon ve modelleme çalışmalarına temel oluşturmayı amaçlamaktadır.

KAYNAKLAR

- Anicic, O., Jović, S., Aksić, D., Skulić, A., & Nedić, B. (2017). Machining process influence on the chip form and surface roughness by neuro-fuzzy technique. *Applied Physics A*, 123(4), 284.
- Cooper, J., & DeRuntz, B. (2007). The relationship between the workpiece extension length/diameter ratio and surface roughness in turning applications. *Journal of Industrial Technology*, 23(2).
- Çoğun, C., & Yakar, H. (1998). Silindirik Tornalamada Aynı Parçadaki Çap ve Yüzey Pürüzlülüğü Değişiminin İncelenmesi. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 3(4), 143-153.
- Dere, M., & Filiz, İ. H. (2019). Otomat çeliğinin tornalama işleminde iş parçası çapı ve çıkıntı uzunluğunun yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkilerinin deneysel incelenmesi ve yüzey pürüzlülüğünün ANFIS ile modellenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 34(2), 675-686.
- Ghazali, M., Mazlan, A., Wei, L., Tying, C., Sze, T., & Jamil, N. (2019). Effect of machining parameters on the surface roughness for different type of materials. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Pham, T.-h., LUYEN, T.-T., & Nguyen, D.-t. (2024). Investigating the correlation between surface roughness and degree of chip segmentation in A7075 aluminum alloy milling across varied cutting speeds. *Sādhanā*, 49(2), 193.
- Prasath, K. M., Pradheep, T., & Suresh, S. (2018). Application of taguchi and response surface methodology (RSM) in steel turning process to improve surface roughness and material removal rate. *Materials Today: Proceedings*, 5(11), 24622-24631.
- Silva, L. R., & Davim, J. P. (2009). The effect of tool geometry on the machinability of polyamide during precision turning. *Journal of composite materials*, 43(23), 2793-2803.
- Şahinoğlu, A. (2025). Investigation of the effects of MQL and material hardness on energy consumption, vibration, and surface roughness in hard turning of AISI 52100 steel for a sustainable manufacturing. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E: Journal of Process Mechanical Engineering*, 239(1), 308-320.
- Şahinoğlu, A., & Rafighi, M. (2020). Optimization of cutting parameters with respect to roughness for machining of hardened AISI 1040 steel. *Materials Testing*, 62(1), 85-95.
- Taha, Z., Lelana, H.-k., Aoyama, H., Raja Ghazilla, R. A., Gonzales, J., Sakundarini, N., & Sutono, S. B. (2010). Insert geometry effects on surface roughness in turning process of AISI D2 steel. *Journal of Zhejiang University-SCIENCE A*, 11(12), 966-971.
- Xiao, Z., Liao, X., Long, Z., & Li, M. (2017). Effect of cutting parameters on surface roughness using orthogonal array in hard turning of AISI 1045 steel with YT5 tool. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93(1), 273-282.
- Zhao, T., Agmell, M., Persson, J., Bushlya, V., Ståhl, J., & Zhou, J. (2017). Correlation between edge radius of the cBN cutting tool and surface quality in hard turning. *Journal of Superhard Materials*, 39(4), 251-258.

PİRAMİT DAVLUMBAZLARDA HAVA DEBİSİ PERFORMANSININ SAYISAL İNCELENMESİ

Merih GÜLEN

Franke Mutfak ve Banyo Sistemleri San. Tic. A.Ş., Manisa

ORCID ID: 0009-0004-3853-9500

Abdullah Emre DEMİR

Franke Mutfak ve Banyo Sistemleri San. Tic. A.Ş., Manisa

ORCID ID: 0009-0006-6789-8400

Doğukan GÜNEŞ

Franke Mutfak ve Banyo Sistemleri San. Tic. A.Ş., Manisa

ORCID ID: 0009-0005-5530-9915

Öncel DİLBAZ

Franke Mutfak ve Banyo Sistemleri San. Tic. A.Ş., Manisa

ORCID ID: 0000-0002-0755-700X

Prof. Dr. İ. Etem SAKLAĞOĞLU

Ege University, Faculty of Engineering, Dept. of Mechanical Engineering, Bornova, İzmir

ORCID ID: 0000-0002-4176-685X

ÖZET

Piramit tip davlumbazlar, geniş yakalama alanları ve dekoratif tasarımları nedeniyle ev tipi mutfaklarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yüksek hava debisi gereksinimi çoğu zaman artan gürültü seviyesi ve aerodinamik kayıplarla birlikte ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, santrifüj salyangoz ile donatılmış bir piramit davlumbazın hava debisi performansı, analitik (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği – HAD) yaklaşımıyla incelenmiştir. Motor gücü sabit tutulurken salyangoz sistemi içerisindeki akış alanı, basınç dağılımı ve kayıp mekanizmaları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: HAD, Davlumbaz, Akış Optimizasyonu

NUMERICAL INVESTIGATION OF AIRFLOW RATE PERFORMANCE IN PYRAMID TYPE COOKER HOODS

ABSTRACT

Pyramid-type cooker hoods are widely used in domestic kitchens due to their large capture areas and decorative designs. However, the requirement for high airflow rates is often accompanied by increased noise levels and aerodynamic losses. In this study, the airflow performance of a pyramid-type range hood equipped with a centrifugal scroll fan is numerically investigated using Computational Fluid Dynamics (CFD). With the motor power kept constant, the flow field within the scroll system, pressure distribution, and dominant loss mechanisms are analyzed.

Keywords: CFD, Cooker Hood, Volumetric Airflow Optimization

FOSFORUN BİYOLOJİK ÖNEMİ, ÇEVRESEL RİSKLERİ VE GİDERİM TEKNOLOJİLERİ

Arş. Gör. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAŞ

Cukurova University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering
Balcalı

ORCID: 0000-0003-3331-3209

Prof. Dr. Güray KILINÇÇEKER

Cukurova University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry
Balcalı

ORCID: 0000-0003-3030-4518

ÖZET

Fosfor, yeryüzündeki biyolojik yaşamın devamlılığı için oldukça değerli, canlılığın devamı için önemli bir element olmasının yanı sıra, su kaynaklarının kirlenmesinde ve ekolojik dengenin bozulmasında başrol oynayan kritik bir parametredir. Canlıların metabolizmasında genetik kodun aktarılmasından hücresel enerji transferine kadar temel süreçleri yöneten bu element, canlılık faaliyetler sonucunda doğal döngüsünün dışına çıkarak alıcı ortamlar için ciddi bir çevresel tehdit haline gelmektedir. Bu bildiri çalışmasının temel amacı, fosforun biyokimyasal önemini, sucul ekosistemlerde yarattığı ötrofikasyon riskini ve atıksu arıtma tesislerinde uygulanan güncel giderim teknolojilerini bütüncül bir yaklaşımla incelemektir. Özellikle tarımsal gübreleme, evsel atıksular ve sanayi deşarjları ile su kaynaklarına ulaşan aşırı fosfor, göl ve deniz gibi durgun su kütlelerinde birincil üretici olan alglerin hızlı bir şekilde çoğalmasına neden olmaktadır. Bu durum, suyun ışık geçirgenliğini azaltarak alıcı ortamın oksijen seviyesini azaltmaktadır. Marmara denizinde son dönemlerde görüldüğü üzere müsilaj gibi oldukça ciddi çevresel problemlere sebep olabilmektedir. Bu hususta, fosforun kontrol edici bir su kalitesi parametresi olması sebebiyle, su kalitesi yönetiminde stratejik bir önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, fosforun çevresel etkileri; Türkiye'deki yasal mevzuatlar ve alıcı ortam standartları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Fosfor kirliliğinin önlenmesi amacıyla geliştirilen teknolojiler, fizikokimyasal çöktürme ve biyolojik giderim süreçleri olmak üzere iki başlıkta işlenmiştir. Metal tuzları ile gerçekleştirilen kimyasal çöktürme işlemleri yüksek verim sağlamakla birlikte, oluşan kimyasal çamur bertarafı ek bir sorun yaratmaktadır. Buna karşılık, fosfor biriktiren organizmaların kullanıldığı biyolojik süreçler, daha sürdürülebilir bir alternatif sunmaktadır. Son yıllarda ise fosforun sadece giderilmesi gereken bir atık değil, geri kazanılması gereken stratejik bir hammadde olduğu anlayışı gelişmiştir. Bu doğrultuda, struvit kristalizasyonu gibi yöntemlerle fosforun gübre olarak geri kazanımı, döngüsel ekonomi ilkeleri açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bildiri, fosforun yaşam için gerekliliği ile çevre için yarattığı risk arasındaki hassas dengeyi ve mühendislik çözümlerini detaylıca ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Fosfor, Ötrofikasyon, Biyolojik Arıtma, Kimyasal Çöktürme, Su Kalitesi.

**BIOLOGICAL IMPORTANCE OF PHOSPHORUS, ENVIRONMENTAL RISKS
AND REMOVAL TECHNOLOGIES**

ABSTRACT

Phosphorus, while a highly valuable element for the continuity of biological life on Earth and crucial for its survival, is also a critical parameter playing a leading role in the pollution of water resources and the disruption of ecological balance. This element, which governs fundamental processes in the metabolism of living organisms, from the transmission of genetic code to cellular energy transfer, becomes a serious environmental threat to receiving environments when it deviates from its natural cycle as a result of biological activities. The main objective of this paper is to examine the biochemical importance of phosphorus, the eutrophication risk it creates in aquatic ecosystems, and current removal technologies applied in wastewater treatment plants using a holistic approach. Excess phosphorus, particularly reaching water resources through agricultural fertilization, domestic wastewater, and industrial discharges, causes rapid proliferation of algae, the primary producers in stagnant water bodies such as lakes and seas. This reduces the light permeability of the water, decreasing the oxygen level in the receiving environment. As recently observed in the Marmara Sea, it can cause serious environmental problems such as mucilage. In this regard, phosphorus is of strategic importance in water quality management due to its role as a controlling water quality parameter. Within the scope of this study, the environmental impacts of phosphorus have been evaluated within the framework of Turkish legal regulations and receiving environment standards. Technologies developed to prevent phosphorus pollution have been discussed under two headings: physicochemical precipitation and biological removal processes. While chemical precipitation processes using metal salts provide high efficiency, the disposal of the resulting chemical sludge creates an additional problem. In contrast, biological processes using phosphorus-accumulating organisms offer a more sustainable alternative. In recent years, the understanding has developed that phosphorus is not only a waste to be removed, but also a strategic raw material to be recovered. Accordingly, the recovery of phosphorus as fertilizer through methods such as struvite crystallization is of great importance in terms of circular economy principles. This paper details the delicate balance between the necessity of phosphorus for life and the risks it poses to the environment, and the engineering solutions involved.

Keywords: Phosphorus, Eutrophication, Biological Treatment, Chemical Precipitation, Water Quality.

1) FOSFOR ELEMENTİ VE TARİHÇESİ

Fosfor, ekosistemlerde bulunan tüm canlılar için yaşam süreçlerinin bütününde temel nutrient ve enerji taşıyıcı özelliktedir. Alıcı ortamlara yapılacak deşarj parametreleri arasında karbon ve azot parametreleri ile birlikte en belirleyici kontrol parametrelerinden biri fosfor elementidir. Canlılar için oldukça değerli olan fosfor elementinin alıcı ortamlarda miktarının artması neticesinde ise önemli bir çevresel problem olan ötröfikasyon meydana gelmektedir (Correll, 1998).

Fosfor bileşiklerinin üretimi için temel kaynak fosfat kayaçları olmaktadır. Dünya üzerinde rezervi olan fosfor kayaçlarının artan popülasyon, endüstriyel faaliyetler ve tarımsal faaliyetler neticesinde meydana gelen artışı ise küresel olarak fosfor rezervlerini günden güne daha da hızlı bir şekilde tehdit etmektedir. Mevcut durumda canlılık için alternatifi olmayan fosforun kontrolü ve yönetimi çevre mühendisliğinin en öncelikli konularından biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca küresel olarak fosforun tarım ve hayvancılık için verimli kullanımı sadece %15-20 dolaylarında olup, geriye kalanının çeşitli şekilde atık olması problemin diğer ciddi boyutudur.

Elementel fosfor ilk olarak 1669 yılında Alman simyacı Hamburg tarafından idrarın ısıtılması ile elde edilmiştir. 1906 yılında ise H. Harden ve W.J. Young maya içinde şekerin fermantasyonu için fosforun fosfat formunun temel besin olduğunu keşfetmiştir. Bu durum neticesinde fosfat türünün tüm canlı sistemler için enerji taşıyıcı ve biyosferde temel besin olduğu anlaşılmıştır (Föllmi, 1996). Doğada yer alan fosfor döngüsü, insan müdahalesi olmaksızın kayaların aşınması ve organik maddelerin bozunması ile birlikte doğal olarak sürdürülmektedir. Sanayileşme neticesinde ise fosfor kullanımının endüstriyelerde de kullanılması neticesinde ise doğal döngü önemli ölçüde sekteye uğramıştır (Cordell vd., 2009; Smil, 2000).

2) FOSFORUN CANLILIK İÇİN ÖNEMİ

Fosfor, yerküre üzerindeki tüm yaşam formları için temel bir element olmaktadır. Biyolojik canlılar bünyesinde gerçekleşen süreçlerde fosforun yapıtaşının temelinde yer alması sebebiyle başka bir element alamamaktadır (Westheimer, 1987). Fosforun canlılar bünyesindeki en önemli kullanım alanlarından biri DNA ve RNA yapısında yer almasıdır. DNA ve RNA ise genetik bilginin nesilden nesile depolanması ve aktarılması aşamasında oldukça önemli görevleri bulunmaktadır (Nelson ve Cox, 2017). Bu durum ise fosfor elementinin canlı bünyesinde bulunmaması durumunda yapıda hücre bölünmesi, üreme ve protein sentezi gibi temel yaşam fonksiyonları biyokimyasal olarak sürmemesi anlamına gelmektedir (Karl, 2000).

Canlı bünyesinde DNA ve RNA yapısı haricinde diğer kritik rolü de enerji transferidir. Hücrede yer alan ATP (adenozin trifosfat), yapısında üç fosfat grubu içerir. Hücre içindeki biyokimyasal reaksiyonlar için gerekli olan enerji, ATP içinde yer alan fosfat grupları arasındaki yüksek enerjili bağların kırılmasıyla açığa çıkmaktadır (Knowles, 1980). Ayrıca fosfor elementi, fotosentezden kas kasılmasına, sinir iletiminden aktif madde taşınmasına kadar enerji gerektiren tüm biyolojik süreçler, fosforun dinamik yapısı sayesinde sürdürülür. Fosforun yapıdaki işlevleri arasında ayrıca canlı hücreleri çeviren koruyucu materyalin yapısında yapıtaşı olarak bulunmaktadır (Ruttenberg, 2003).

Tüm canlı hücreler, onları dış ortamdan ayıran ve hücresel bütünlüğü koruyan bir zarla çevrilidir. Bu hücre zarı, öncelikle fosfolipit adı verilen fosfor içeren lipit moleküllerinden oluşur. Fosfolipitlerin bu yapısı, hücrenin seçici geçirgenliğini sağlayarak hayati maddelerin alınmasını ve atık ürünlerin atılmasını düzenlemektedir. Ayrıca fosfor elementi canlılarda kalsiyum ile birleşerek kemiklerin ve dişlerin sert dokusu olan kalsiyum fosfatı oluşturmaktadır (Singer ve Nicolson, 1972; Dorozhkin, 2009).

3) FOSFORUN ÇEVRESEL ÖNEMİ

Canlı yapısının en değerli elementi olan fosfor, alıcı ortamlara ulaşması neticesinde ise su kaynakları için olumsuz çevresel problem haline gelebilmektedir. Liebig'in Minimum Yasası'na göre, alglerin ve su bitkilerinin büyümesi ortamda en az bulunan elemente bağlıdır (Liebig, 1840; Correll, 1998). Bu durumda ise fosfor elementi sınırlayıcı element olarak nitelendirilmektedir. Örnek olarak yeni hücre sentezi ve biyolojik arıtma süreçlerinin sağlıklı işleyebilmesi için ortamdaki besin maddesi dengesi kritik öneme sahiptir. Genel kabul gören yaklaşıma göre; mikroorganizmaların 100 birim Karbon kaynağını (BOİ) metabolize edebilmesi için 5 birim Azot ve 1 birim Fosfor elementine ihtiyaç duyulmaktadır (Metcalf & Eddy, 2014; Eckenfelder, 2000).. Dolayısıyla alıcı ortamlara dışarıdan gelen çok düşük konsantrasyonlardaki fosfor deşarjı bu sınırlayıcı faktörden kaynaklı olarak hızlıca hücre yapımında değerlendirilerek mavi ve yeşil alglerin hızlıca çoğalmasını sağlamaktadır. Bu durum ise çevresel bir problem olan ötrofikasyon olarak adlandırılmaktadır.

Ötrofikasyon problemi meydana gelmesi durumunda alıcı ortamların yüzeyinde yoğun bir alg tabakası oluşumu meydana gelmektedir. Bu durum neticesinde su yüzeyinin geçirgenliği etkilenmekte ve ışık geçirgenliğini etkilemektedir. Işık girmeyen su içindeki bölgelerde fotosentetik canlılar fotosentez işlevini yerine getiremeyerek ortamda yer alan oksijen miktarı azalmaktadır. Bu durum ise ekosistemde tahribatlara sebep olarak balıklar ve daha düşük yapıları canlıların ölümü olarak sonuçlanmaktadır. Ayrıca koku ve estetik olarak hoş olmayan bir görüntü de ilgili ekosistemde görülmektedir.

4) FOSFOR GİDERİM YÖNTEMLERİ

Evsel ve bazı endüstriyel atıksular arıtılmadan deşarj edilemeyecek konsantrasyonlarda fosfor içerirler. Atıksularda fosfor, ortofosfatlar, polifosfatlar ve organik fosfatlar formunda bulunur (Caravelli ve ark, 2010). Sucul ortamlara yeteri kadar arıtılmadan verilen fosforlu atıksular ötrofikasyona sebep olmalarından dolayı, birçok ülkede fosfor bakımından deşarj limitleri çok düşük konsantrasyonlara çekilmiştir. Geleneksel atıksu arıtma tesislerinin birçoğu başlangıçta sadece karbon giderimine odaklanmış olsa da, günümüzde alıcı ortamların korunması amacıyla nütrient giderimi zorunlu hale gelmiştir (Sedlak, 1991; SKKY, 2004). Hali hazırda atıksulardan fosfor giderimi için kimyasal ve biyolojik yöntemlerin yaygın olarak kullanılmasına rağmen fosfor konsantrasyonunu daha düşük seviyelere düşürebilecek ekonomik yöntemler için çok yoğun araştırmalar sürmektedir (Choi ve ark, 2011).

Atıksulardan fosfor giderimi, alıcı ortam standartlarının giderek sıkılaşmasıyla birlikte temel olarak fiziksel-kimyasal ve biyolojik yöntemler olmak üzere iki ana kategoride uygulanmaktadır (Metcalf & Eddy, 2014). Kimyasal çöktürme, yüksek güvenilirliği nedeniyle tarihsel süreçte en eski ve en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntemde, atıksuya Demir (III) klorür, Alüminyum sülfat veya kireç gibi metal tuzları ilave edilir. Çözünmüş haldeki orto-fosfatlar (PO_4^{3-}), bu metal iyonları ile stokiyometrik reaksiyona girerek suda çözünmeyen katı metal-fosfat bileşiklerine dönüşür ve çökerek sudan uzaklaştırılır. Kimyasal yöntemler %90'ın üzerinde yüksek giderim verimi sağlasa da, işletme maliyetini artıran sürekli kimyasal madde tüketimi ve bertarafı zor olan, yüksek su içeriğine sahip büyük miktarda inorganik çamur oluşumu gibi ciddi dezavantajlara sahiptir (Morse vd., 1998; Sedlak, 1991).

Biyolojik yöntemler, fosforu yapısında biriktiren organizmalar ile birlikte kullanılarak fosforun canlı bünyesinde depolanması ile sürdürülmektedir (Oehmen vd., 2007). İlgili biyolojik system bakterilerin sırasıyla anaerobik (oksijensiz) ve aerobik (oksijenli) koşullara tabi tutulması ile sürdürülmektedir. Anaerobik fazda bakteriler strese girerek enerji üretimi için hücre içindeki polifosfatları hidrolize edip fosforu dışarı bırakmaktadır Sonraki aşamada ise aerobik fazda, ihtiyaçlarından çok daha fazla fosforu bünyelerine alarak tekrar fosfor depolamaktadır (Levin ve Shapiro, 1965).

Fosforun yeniden kullanılması amacıyla geliştirilen kristalizasyon süreci, bir diğer fosfor giderim yöntemi olmaktadır. Kristalizasyon sürecinde atıksudaki fosfor, magnezyum ve amonyum ile reaksiyona sokarak struvit ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$) adı verilen fosfor mineraline dönüştürülerek gerçekleştirilmektedir. Süreç sonunda oluşan struvit, tarımsal faaliyetlerde kullanılabilirken aynı zamanda su ortamından uzaklaştırılarak fosforun uzaklaştırılması

sağlanmaktadır (Le Corre vd., 2009). Ayrıca, çıkış suyunda kalan eser miktardaki fosforu tutmak ve alıcı ortamı tam korumak amacıyla adsorpsiyon yöntemleri ve membran teknolojileri gibi ileri arıtım teknikleri de hassas su havzalarının yönetiminde kullanılabilmektedir (Bhatnagar ve Sillanpää, 2011).

5) SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Fosfor biyolojik yaşamın sürdürülebilirliği için oldukça önemli bir element olmaktadır. Fakat alıcı ortamlara arıtılmadan deşarj edilmesi durumunda sucul ekosistemler için ciddi bir tehdit olan ötföfikasyon problemine sebep olmaktadır. DNA, RNA ve ATP gibi canlılık için gerekli moleküllerin yapısında bulunması fosforu biyolojik süreçler için alternatifsiz bir element olarak nitelendirirken, alıcı ortamlarda sınırlayıcı bileşen olması ötföfikasyon riskini beraberinde getirmektedir.

Fosforun ve mevcut canlılık aktivitelerinin sürdürülmesi amacıyla fosfor elementi yönetiminde fosforun bir atık olarak bertaraf edilmesi yerine, struvit kristalizasyonu gibi yenilikçi teknolojilerle atıksulardan geri kazanılarak yeniden değerlendirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, özellikle kapalı körfezler ve göller gibi hassas su havzalarına yapılan deşarjlarda, biyolojik arıtma çıkış sularının adsorpsiyon veya membran teknolojileri gibi ileri arıtım teknikleriyle giderilmesi su kalitesinin korunması adına yasal mevzuatlar ile standarda bağlanarak arıtılmadan deşarjların önüne geçilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Bhatnagar, A., & Sillanpää, M. (2011). A review of emerging adsorbents for nitrate removal from water. *Chemical Engineering Journal*, 168(2), 493-504.
- Caravelli, A. H., Contreras, E. M., & Zaritzky, N. E. (2010). Phosphorous removal in batch systems using ferric chloride in the presence of activated sludges. *Journal of Hazardous Materials*, 177, 199-208.
- Choi, J., Lee, S., Park, K., Lee, K., Kim, D., & Lee, S. (2011). Investigation of phosphorous removal from wastewater through ion exchange of mesostructure based on inorganic material. *Desalination*, 266, 281-285.
- Cook, P. J., Shergold, J. H., Burnett, W. C., & Riggs, S. R. (1990). Phosphorite research: A historical overview. In A. J. G. Notholt & I. Jarvis (Eds.), *Phosphorite research and development* (Geol. Soc. Spec. Pub. No. 52, pp. 1-22). London, UK: Geological Society.
- Cordell, D., Drangert, J. O., & White, S. (2009). The story of phosphorus: Global food security and food for thought. *Global Environmental Change*, 19(2), 292-305.
- Correll, D. L. (1998). Phosphorus: A rate limiting nutrient in surface waters. *Poultry Science*, 77(8), 1116-1121.
- Dorozhkin, S. V. (2009). Calcium orthophosphates in nature, biology and medicine. *Materials*, 2(2), 399-498.
- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial water pollution control* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Föllmi, K. B. (1996). The phosphorus cycle, phosphogenesis and marine phosphate-rich deposits. *Earth-Science Reviews*, 40, 55-124.
- Karl, D. M. (2000). Aquatic ecology: Phosphorus, the staff of life. *Nature*, 406(6791), 31-33.
- Knowles, J. R. (1980). Enzyme-catalyzed phosphoryl transfer reactions. *Annual Review of Biochemistry*, 49(1), 877-919.

- Le Corre, K. S., Valsami-Jones, E., Hobbs, P., & Parsons, S. A. (2009). Phosphorus recovery from wastewater by struvite crystallization: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 39(6), 433-477.
- Levin, G. V., & Shapiro, J. (1965). Metabolic uptake of phosphorus by wastewater organisms. *Journal of Water Pollution Control Federation*, 37(6), 800-821.
- Liebig, J. von. (1840). *Organic chemistry in its application to agriculture and physiology*. London, England: Taylor and Walton.
- Morse, G. K., Brett, S. W., Guy, J. A., & Lester, J. N. (1998). Review: Phosphorus removal and recovery technologies. *Science of the Total Environment*, 212(1), 69-81.
- Nelson, D. L., & Cox, M. M. (2017). *Lehninger principles of biochemistry* (7th ed.). New York, NY: W.H. Freeman.
- Oehmen, A., Lemos, P. C., Carvalho, G., Yuan, Z., & Reis, M. A. (2007). Advances in enhanced biological phosphorus removal: From micro to macro scale. *Water Research*, 41(11), 2271-2300.
- Ruttenberg, K. C. (2003). The global phosphorus cycle. *Treatise on Geochemistry*, 8, 585-643.
- Sedlak, D. L. (1991). Phosphorus and its compounds in the environment. *Environmental Science & Technology*, 25(10), 1814-1815.
- Singer, S. J., & Nicolson, G. L. (1972). The fluid mosaic model of the structure of cell membranes. *Science*, 175(4023), 720-731.
- Smil, V. (2000). Phosphorus in the environment: Natural flows and human interferences. *Annual Review of Energy and the Environment*, 25(1), 53-88.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği*. (2004). T.C. Resmi Gazete, 25687, 31 Aralık 2004.
- Tchobanoglous, G., Stensel, H. D., Tsuchihashi, R., & Burton, F. (2014). *Wastewater engineering: Treatment and resource recovery* (5th ed.). New York, NY: McGraw-Hill Education.
- Westheimer, F. H. (1987). Why nature chose phosphates. *Science*, 235(4793), 1173-1178.

ENDÜSTRİYEL TESİSLERDE SU AYAK İZİ YÖNETİMİ VE AZALTIM STRATEJİLERİ

Arş. Gör. Dr. Hasan Kıvanç YEŞİLTAŞ

Cukurova University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering
Balcalı

ORCID: 0000-0003-3331-3209

Prof. Dr. Behzat BALCI

Cukurova University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering
Balcalı

ORCID: 0000-0002-4636-4235

ÖZET

Küresel iklim değişikliği, hızlı nüfus artışı ve plansız sanayileşme, alıcı ortamlar üzerinde günden güne artış göstererek ciddi bir baskı oluşturmaktadır. Bu hususta endüstriyel faaliyetlerde suyun sadece bir girdi olarak değil, korunması gereken önemli bir hammadde olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Endüstriyel üretim süreçleri, yerkürede mevcut su tüketiminin önemli bir kısmından sorumludur. Bu bildirinin temel amacı, endüstriyel tesislerde su ayak izi kavramını işleyerek sürdürülebilir su yönetimi stratejileri için uygulanabilir teknik detaylar yer almaktadır. Su ayak izi, bir ürünün veya hizmetin üretimi boyunca tüketilen ve kirletilen toplam su hacmini ifade eden çok boyutlu bir göstergedir. Bu gösterge, sadece kullanılan su miktarını değil, aynı zamanda buharlaşma kayıplarını ve kirletici yükünü de hesaba katarak, mavi, yeşil ve gri su bileşenleri üzerinden bütüncül bir değerlendirme imkânı sunmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, endüstriyel faaliyetlerinin gerçekleştirildiği tesislerin su ayak izini azaltmak için uygulanabilecek yaklaşımlar detaylandırılmıştır. Bu kapsamda, kapalı devre soğutma sistemleri, membran teknolojilerine dayalı ileri arıtma yöntemleri ve sıfır sıvı deşarjı sistemleri gibi yenilikçi çözümlerin teknik ve ekonomik boyutlarına yer verilmiştir. Ayrıca, ISO 14046 standardı çerçevesinde kurumsal su ayak izi hesaplamalarının önemi ve dijital su yönetimi uygulamalarının verimliliğe olan katkısı ele alınmıştır. Sonuç olarak, su ayak izi azaltım faaliyetlerinin sadece çevresel bir sorumluluk olmadığı, aynı zamanda işletmeler için maliyet tasarrufu sağlayarak yasalara uygunluğu kolaylaştıran ve firmanın ülke içinde ve dışında itibarını güçlendiren oldukça değerli stratejik bir adımdır.

Anahtar Kelimeler: Su Ayak İzi, Endüstriyel Su Yönetimi, Gri Su, Mavi Su, Çevresel Sürdürülebilirlik

WATER FOOTPRINT MANAGEMENT AND MITIGATING STRATEGIES IN INDUSTRIAL FACILITIES

ABSTRACT

Global climate change, rapid population growth, and unplanned industrialization are creating increasing and significant pressure on receiving environments. In this regard, water should be

considered not only as an input in industrial activities, but also as a vital raw material that needs to be conserved. Industrial production processes are responsible for a significant portion of the world's water consumption. The main objective of this paper is to address the concept of water footprint in industrial facilities and provide applicable technical details for sustainable water management strategies. A water footprint is a multi-dimensional indicator representing the total volume of water consumed and polluted during the production of a product or service. This indicator offers a holistic assessment by considering not only the amount of water used but also evaporation losses and pollutant load, across blue, green, and grey water components. This study details approaches that can be applied to reduce the water footprint of facilities where industrial activities are carried out. In this context, the technical and economic aspects of innovative solutions such as closed-loop cooling systems, advanced treatment methods based on membrane technologies, and zero liquid discharge systems are presented. Furthermore, the importance of corporate water footprint calculations within the framework of the ISO 14046 standard and the contribution of digital water management applications to efficiency were discussed. In conclusion, water footprint reduction activities are not only an environmental responsibility but also a highly valuable strategic step for businesses, providing cost savings, facilitating legal compliance, and strengthening the company's reputation both domestically and internationally.

Keywords: Water Footprint, Industrial Water Management, Grey Water, Blue Water, Environmental Sustainability.

1) ENDÜSTRİYEL FAALİYETLER VE SU KULLANIMI

Küresel ölçekte yaşanan iklim değişikliği, nüfus artışı ve hızlı kentleşme, tatlı su kaynakları üzerindeki baskıyı her geçen gün artırmakta ve su güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Dünya üzerindeki su tüketiminin yaklaşık %20'sinden sorumlu olan sanayi tesisleri, sürdürülebilirlik açısından önemli bir nokta bulunmaktadır (UNESCO, 2020). Geçmişten süregelen suyun kontrolsüzce kullanımının günümüzde rezervi sınırlı bir hammadde olarak değerlendirilmesi ile endüstriyel faaliyetlerin de bu doğrultuda stratejilerini sürdürmesi gerekmektedir. Endüstriyel faaliyetlerin sürekliliği, suya erişimin güvenliğini doğrudan etkilemekte olduğundan özellikle su kıtlığı çekilen bölgelerde yasal mevzuatlar ile su kullanımının azaltılması için teşvik mekanizmalarının oluşturulması oldukça önemli olmaktadır.

Suyun doğası gereği oldukça önemli bir çözücü olmasının yanı sıra ısınan ekipman ve sıvılar için soğutma sıvısı, materyaller ve bileşenler için taşıyıcı veya temizlik gibi çeşitli amaçlar için kullanılması mümkündür (Eckenfelder, 2000; Davis ve Cornwell, 2008). Tekstil, gıda, kimya ve metalurji gibi büyük hacimlerde su kullanılan endüstriyel faaliyetlerde suyun

miktar olarak azalmasına değil, aynı zamanda kullanılan suyun kirlenerek alıcı ortamlara deşarj edilmesi sebebiyle de çevresel sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla sanayide su kullanımı, hem kaynakların tüketilmesi hem de kirletici yükü açısından oldukça iyi yönetilmesi gerekmektedir.

Sürdürülebilir endüstriyel su kullanımı açısından tesis içine giren suyun en az miktarda kullanılması, proses içinde en yüksek fayda sağlayacak şekilde yeniden kullanılması ve meydana gelen atıksuların arıtılarak yeniden sisteme kazandırılmasını ile sürdürülebilir bir duruma getirilmektedir. Dolayısıyla endüstriyel tesislerin su tüketim profillerini analiz etmeleri ve su ayak izi gibi küresel çevreci izleme yöntemlerini kullanarak mevcut durumlarını tespit etmeleri ve azaltım stratejilerini belirlemeleri gerekmektedir.

2) SU AYAK İZİ KAVRAMI

Su ayak izi, bir ürünün veya hizmetin üretim zinciri boyunca doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen ve kirlenen toplam tatlı su hacmini ifade eden çok boyutlu bir göstergedir. Geleneksel su kullanım ölçümlerinden farklı olarak su ayak izi, sadece musluktan akan suyu kapsamayarak buharlaşma yoluyla kaybedilen suyu ve kirlenilerek atıksu olarak nitelendirilen kirli suların temizlenmesi için gereken teorik suları da kapsamaktadır. Su ayak izi kavramı endüstriyel tesislerde su tüketimlerini mekânsal ve zamansal olarak analiz etme imkânı sunarken tedarik zincirinden son ürüne kadar suyun izinin sürülmesine imkan tanımaktadır.

Su ayak izi kavramı kendi içerisinde üç temel bileşenden oluşmaktadır. Bunlar mavi, yeşil ve gri su ayak izi olarak sınıflandırılmıştır. Mavi su ayak izi, üretim sürecinde yüzey veya yeraltı su kaynaklarından çekilip üretim süreci boyunca tüketilen su hacmini temsil eder. Yeşil su ayak izi kavramı özellikle tarımsal hammaddeye dayalı endüstrilerde önem kazanmıştır. Bu kavram üretimde kullanılan yağmur suyu miktarını ifade etmektedir. Endüstriyel faaliyetler bünyesinde yer alan en kritik bileşenlerden biri olan gri su ayak izi kavramıdır. Bu kavram proses sonucu oluşan kirlilik yükünün, alıcı ortamdaki su kalitesi standartlarına seyretilmesi için gereken teorik tatlı su hacmini ifade etmektedir.

Su ayak izinin kurumsal düzeyde hesaplanması ve raporlanması aşamasında ISO 14046 standardından faydalanmak mümkündür. İlgili ISO standardı su ayak izi çalışmalarının şeffaf, tutarlı ve ulusal ve uluslararası ortamlarda kıyaslanabilir olmasını sağlayarak firmaların çevresel performanslarını önemli katkılarda bulunmasını sağlamaktadır. ISO 14046'ya uygun yapılan analizler, işletmelerin sadece su hacimlerini değil, bu tüketimin yarattığı çevresel etkileri de analiz edilmesinde kullanılabilmektedir.

3) ENDÜSTRİLERDE SU AYAK İZİ AZALTMA STRATEJİLERİ

Endüstriyel tesislerde su ayak izini küçültmek için uygulanacak stratejiler, öncelikle kaynağında azaltım prensibine dayanmalıdır. Bu kapsamda prosesin iyileştirilmesi ve suyun

sızıntı ve kaçakların tespitinin en iyi şekilde optimize edilmesi ile gerçekleştirilebilmektedir. Endüstriyel faaliyetlerde kullanılan basınçlı yıkama sistemleri yerine vakumlu sistemlerin kullanılması gibi basit ama etkili güncellemeler ile bu yaklaşıma uygun olarak adımlar atılabilir olmaktadır. Açık devre işletilen soğutma sularının imkan olması durumunda kapalı sisteme geçirilmesi vb. gibi aktiviteler neticesinde üretim hattında yeni su girişi gerektirmeyen ve/veya daha az su tüketen teknolojilerin tercih edilmesi gerekmektedir.

Dijitalleşme ve endüstri 4.0 uygulamaları tesisler için mevcut su ayak izi yönetim verimliliğini arttırmada olumlu katkılar sağlarken mevcut sistemlerin güncellenmesi aşamasında kritik bir oynamaktadır (Garrido-Baserba ve ark., 2020). Endüstriyel tesislerin genelinde üretim sürecinin önemli noktalarında teşkil edilecek olan akıllı sayaçlar ve sensörler ile su akışı ve kalitesi anlık olarak izlenerek meydana gelecek su tüketimleri ve atıksu oluşumları doğrudan tespit edilebilmektedir. Bu husus ise su ayak izi tespiti ve su azaltma faaliyetlerinde oldukça önemli adımlar atılmasına sebep olmaktadır.

Su ayak izi azaltım stratejilerinin tedarikçilerle iş birliği yaparak daha az su tüketen hammaddelerin tercih edilmesi ve lojistik süreçlerin optimize edilmesi, ürünün toplam su ayak izini düşüren ve merkezde suyun az kullanılması sağlanırken hammadde tedarik edilen firmalardan da bu amaç ile katkı sağlanmaktadır. Hammadde tedarik zincirinin ilgili firmaların su ayak izi performansına göre değerlendirilmesi çevresel ve ekolojik açıdan oldukça önemli bir husus ve teşvik mekanizması olarak karşımıza çıkmaktadır.

4) SUYUN YENİDEN KULLANIMI VE UYGUN ARITMA YÖNTEMLERİ

Endüstriyel su yönetim stratejilerinde dikkate alınması gereken en temel sonuç faaliyetler sonucunda meydana gelen atıksuyun yeniden kullanılabilir şekilde arıtılarak yeniden değerlendirilmesi olmaktadır. Bu aşamada ise üretim faaliyetleri sonucunda meydana gelen atıksuyun uygun arıtma teknolojileri ile tesis içinde yeniden kullanılabilen kaliteye getirilmesi gerekmektedir. Bu hususta membran biyoreaktör, ultrafiltrasyon ve ters osmoz gibi arıtma sistemleri kullanılması neticesinde saf su niteliğinde su elde edilebileceği gibi kullanım amacına uygun olarak mevcut atıksuyun arıtılması gerçekleştirilebilmektedir (Shannon vd., 2008). Meydana gelen bu arıtılmış sular proseste kullanılabilen gibi bahçe sulama vb. alanlarda da değerlendirilerek suyun proses içinde yeniden kullanılması ile yeniden su temini engellenirken atıksu oluşumu da azaltılacaktır.

Suyun yeniden kullanımı ve ileri arıtma yatırımları ile ilk etapta yüksek maliyetli aktiviteler tesisler için gerçekleştirilmektedir. Fakat ilerleyen süreçlerde işletmeler için önemli ekonomik faydalar sağlanmaktadır. Ürün alım ve satım süreçlerinde yeşil üretim kategorisine girerek yurt içinde ve dışında seçiciliğinin artmasını sağlarken su güvenliği aşamasında diğer tesisler içinde örnek konumda gösterilmeleri söz konusu olmaktadır. Ayrıca üretimde

kullanılan su miktarı azalırken su kıtlığı vb. durumlarda kendi kendine yetebilen önemli tesisler teşkil edilebilecektir.

5) SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Endüstriyel sürdürülebilirliğin teşkil edilmesi aşamasında kaynağında suyun yönetilmesi gerekmektedir. Mevcut ünitelerden gelen su miktarının azaltılması için çalışmalar gerçekleştirilirken ayrıca mevcut atıksuyun da yeniden değerlendirilmesi aşamasında politikalar sürdürülmesi gerekmektedir. Su ayak izi kavramı, mavi, yeşil ve gri bileşenleri sayesinde işletmelere su tüketimlerini sadece hacimsel olarak değil, kirletici yükü ve çevresel etkileriyle birlikte bütüncül bir şekilde analiz etme imkânı sunmaktadır. Özellikle ISO 14046 standardı çerçevesinde yapılan kurumsal raporlamalar, tesislerin su risklerini görünür kılarak veriye dayalı karar alma süreçlerini güçlendirmekte ve uluslararası rekabette yeşil etiketi ile görünürlüğü olumlu yönde arttırmaktadır.

Teknolojik ve yönetsel stratejiler incelendiğinde, su ayak izinin azaltılmasında dijitalleşme ve ileri arıtma teknolojilerinin birlikte yönetilmesi ile suyun tüketimi ve tüketimin azaltılması aşamasında önemli ölçüde kontrol sağlanabilmektedir. Sıfır atık prensibine bağlı olarak proses bünyesinde yapılacak değerlendirmeler ve işlemler neticesinde ise sıfır su dışarı sağlanamayacak olsa bile mevcut tüketimin azaltılması sağlanabilmektedir. Bu hususta ise yerel yönetimler ile yasal mevzuatlar dahilinde altyapının teşkil edilmesi ve kurumsal bakış açısı yerine yasal süreçler dahilinde bu adımların atılmasının sağlanması su ayak izi kavramı ve felsefesinde oldukça önemli bir adım olmaktadır.

KAYNAKLAR

- Davis, M. L., & Cornwell, D. A. (2008). *Introduction to environmental engineering* (4th ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Eckenfelder, W. W. (2000). *Industrial water pollution control* (3rd ed.). New York, NY: McGraw-Hill.
- Garrido-Baserba, M., Corominas, L., Cortés, U., Rosso, D., & Poch, M. (2020). The fourth-generation water resource recovery facility (Water 4.0): From a sewage treatment plant to a cyber-physical system. *Environmental Science & Technology*, 54(5), 2583-2595.
- Shannon, M. A., Bohn, P. W., Elimelech, M., Georgiadis, J. G., Marinas, B. J., & Mayes, A. M. (2008). Science and technology for water purification in the coming decades. *Nature*, 452(7185), 301-310.
- UNESCO. (2020). *The United Nations world water development report 2020: Water and climate change*. Paris, France: UNESCO.

POLİMER HİBRİD RULMANLARDA BİLYA SAYISININ YÜK TAŞIMA KAPASİTESİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Burcu KÜÇÜKOĞLU DOĞAN¹

¹ Muş Alparslan University, Mechanical Engineering Department, Muş

ORCID:0000-0002-0447-9456

Abdurrahim DAL²

²Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Mechanical Engineering Department, Adana

ORCID:0000-0002-7012-2148

Tuncay KARAÇAY³

³ Gazi University Mechanical Engineering Department, Ankara

ORCID:0000-0002-6014-5610

ÖZET

Hafif yükler altında ve hijyenik ortamlarda çalışan yatak-şaft sistemlerinde, polimer hibrit rulmanlar sıklıkla tercih edilmektedir. Polimer hibrit rulmanlar, iç ve dış bilezik polimer malzemeden, bilyaların ise farklı malzemeden oluştuğu rulmanlardır. Rulmanlarda yükler bilyaların iç ve dış bileziklerle teması sonucunda ezilmesi ile iletilmektedir. İç ve dış bileziğin ezilme miktarı ve temas eden bilya sayısı nonlinear olarak rulmanın ilettiği yükün belirlenebilmesini sağlamaktadır. Polimer rulmanların bileziklerinin yapısında kullanılan polimer malzemelerin viskoelastik yapısından dolayı yük taşıma kapasitesi geleneksel çelik rulmanlara kıyasla daha düşük kalmaktadır.

Polimer rulmanların temas mekaniği incelenirken polimer malzemenin yapısından dolayı elasto-plastik temas modeli kullanılmaktadır. Bu çalışmada seri numaraları aynı fakat bilya sayıları farklı iki rulmanın yük taşıma kapasiteleri incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle iki serbestlik derecesine sahip rotor-rulman sistemi için Runge-Kutta yaklaşımına dayalı elasto-plastik temas modelinde içeren bir algoritma oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre bilya sayısı fazla olan rulmanın bilya sayısı az olan rulmana göre daha fazla yük taşıdığı ve elastik bölge sınırına daha geç ulaştığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Polimer Hibrit Rulmanlar, Bilya sayısı, Yük Taşıma Kapasitesi

DETERMINE LOAD CAPACITY OF POLYMER BALL BEARING WITH DIFFERENT BALL COUNT

ABSTRACT

In bearing-shaft systems that operate in sanitary settings and under light loads, polymer hybrid bearings are often chosen. The balls in polymer hybrid bearings are composed of a different material, but the inner and outer races are constructed of polymer. The races' load-carrying capability is less than that of traditional steel bearings because the polymer materials used to make them are viscoelastic.

Through rolling elements that come into touch with the raceways, bearings transfer the load placed on them. Each rolling element experiences equal levels of crushing when bearings are loaded axially. The total amount of crushing that occurs between the rolling element's inner and outer races is known as the bearing's total crushing. The load communicated by the crushing between the rolling elements and the raceways is nonlinear, resulting in the dynamic behavior of the bearing. Each ball's deformation, or crushing, must be determined in order to calculate the maximum load that the bearings can support.

The load carrying capacities of two polymer hybrid bearings with distinct ball numbers but the same serial number were ascertained in this investigation. We obtained the equations of motion for a stiff rotor-bearing system with two degrees of freedom using an algorithm based on the Runge-Kutta approach that includes contact mechanics, known as elasto-plastic contact, for two distinct hybrid polymer ball bearing ball numbers. The elasto-plastic contact model is used in conjunction to analyze the dynamic characteristics of the shaft-bearing system due to the viscoelastic nature of polymer bearings. The results showed that a bearing with more balls can support a greater load and approaches the elastic limit later than a bearing with fewer balls.

Keywords: polymer hybrid ball bearing, number of balls, load capacity

1. INTRODUCTION

Polymer ball bearings don't corrode, are resistant to chemicals, don't require lubrication, and don't create contamination like traditional steel ball bearings do, their application in food and pharmaceutical manufacturing processes is continually growing. However, hybrid polymer bearings have restricted load and speed values despite their benefits, necessitating further research and development study.

Polymer bearings have a viscoelastic structure, the elastoplastic contact model is utilized rather of the Hertz contact theory to determine the dynamic parameters of polymer hybrid ball bearings. For the elastoplastic contact, three zones are examined: completely plastic, elastic, and elastoplastic. The Hertz contact model still holds true in the elastic zone, but when the deformations become permanent, the contact's behavior must be considered completely plastic. The elastoplastic zone is the region between a totally elastic and fully plastic state. Moreover, the constraints of elastoplastic contact mechanics are determined using a range of models and methods. Ghaednia et al. [1] provide an excellent overview of the literature on this subject.

Komvopoulos and Ye developed a nondimensional variable, Q , by fitting phenomenological equations to finite element data to generate closed-form models [2,3]. Komvopolous and Ye's model was revised by Kogut and Komvopolous, who took into account both the loading and

unloading stages [4]. In terms of contact radius in an indentation contact, which is a kind of elastoplastic contact model, Bartier et al. have carried out an analytical model verification inquiry utilizing experimental and numerical techniques [5]. By creating elastic and elastoplastic contact models that took into account the interaction between the inner race and the ball bearing, Yau et al. examined ball bearing contact behavior [6].

The number of balls indicates the dynamic behavior of the rolling stiffness. Therefore, it should be studied to design how the effects of the balls alter the dynamic behavior of the rolling bearing. The literature contains studies examining ball spacing, radial regions, rotor imbalance, and preload units in bearings, including the Hertzian contact theory model [7-12]. In this study, the load-carrying capacities of two bearings with the same serial number but different ball counts were investigated using the Runge-Kutta approach, a mathematical model with two degrees of freedom, including an elasto-plastic model and polymer hybrid bearings. The results showed that the bearing with a higher number of ball bearings carried a higher load.

2. Mathematical Model

2.1. Equation of Motion

Using specific model-based presumptions, equations of motion have been produced. The list of presumptions in the answer is as follows:

1. The shaft is taken into account for two degrees of freedom in the radial directions of x and y .
2. The outer race is thought to stay motionless, and the balls are thought to be divided equally among the participants in the inner race.
3. Balls are thought to have no mass,
4. Only local deformations occur in the stiff races.
5. The shaft is thought to be stiff.

Under these presumptions, the equations of motion represented in 2-degrees-of-freedom are given by Equations 1 and 2, and the schematic depiction of the shaft-bearing system is depicted in Figure 1.

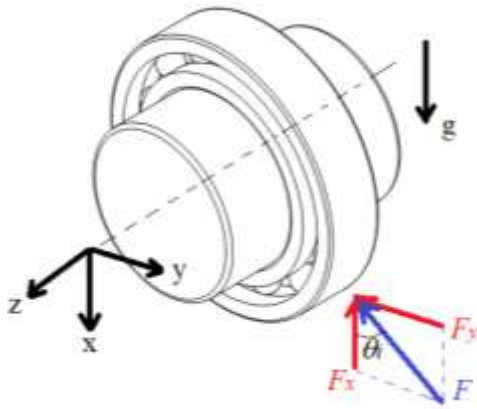


Fig. 1. Figures depicting the coordinate axis and contact force of the shaft-bearing systems

$$M\ddot{x} + \sum_{i=1}^n F_i \cos(\theta_i) + P_x - Mg = Me\omega^2 \cos\omega t \quad (1)$$

$$M\ddot{y} + \sum_{i=1}^n F_i \sin(\theta_i) + P_y = Me\omega^2 \sin\omega t \quad (2)$$

The force applied to the bearing along the x-axis is represented by P_x , whereas the force applied along the y-axis is indicated by P_y .

Because the polymer material comprising the inner and outer races of the bearing has a viscoelastic structure, elastoplastic contact analysis should be used to examine the ball-race contact. The next sections contain details on the polymer bearing's kinematics, the equations of motion of the shaft-bearing system that were used to create the simulations, and the model that was employed for the elastoplastic contact in this investigation.

2.2. Kinematics of the Ball Bearing

Force is transferred in bearings by the balls' deformation. When the deformed balls come into contact with the raceway, the bearing's outer and inner races become loaded with specific number of balls via position as the shaft rotates. To compute the maximum load that bearings can carry, it is required to ascertain the manner in which deformation takes place in each ball. Each ball's amount of deflection is calculated by adding the deflection that happens when the balls contact the inner race (δ_i) and the deflection that happens when the balls contact the outer race (δ_o). Equation 3 is the mathematical formula for the total deflection on the bearing.

$$\delta = \delta_i + \delta_o \quad (3)$$

Figure 2 shows the total deformation as well as the ball's deformations as a result of inner and outer race-ball contact.

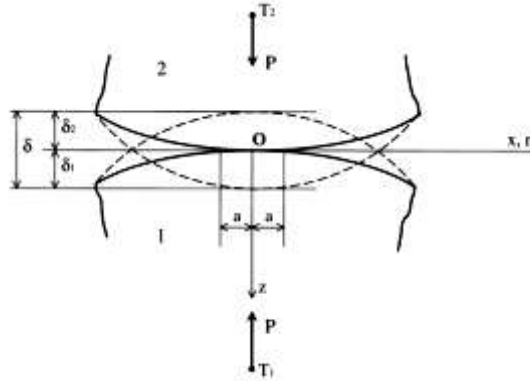


Fig. 2. Total deflection [13].

The bearing stiffness and the total load on the balls determine the forces acting on the bearings. All of this depends on how much load each ball is carrying. More force is exerted on the bearing the more the ball is deflected. Bearing vibration occurs even in ideal circumstances. In this case, the ball transition frequency depicts the situation. The rotational velocity and ball count of the cage are multiplied to get the ball transition frequency. The ball transition frequency is represented mathematically in Eq. 4. In this case, m indicates the quantity of balls in the bearing, while ω_c indicates the angular speed of the cage.

$$\omega_{bp} = m \times \omega_c \quad (4)$$

Since the inner race was assumed to be movable and the outer race to be immobile, only the inner race's angular velocity was considered for calculating the cage speed in this study.

$$\omega_c = \frac{1}{2}(\omega_i(1 - \gamma) + \omega_a(1 + \gamma)) \quad (5)$$

where γ is the angle between two balls that are next to each other, and it may be computed using Eq. 6.

$$\gamma = \frac{d_b}{d_m} \cos \alpha \quad (6)$$

In this study, it is taken as zero since the modelled bearing is a deep groove ball bearing.

2.3.Elasto-Plastic Contact Model

The ball-raceway contact model is based on a mathematical formulation developed by Komvopoulos and Ye that takes elastoplastic properties into account. The contact was discovered by Komvopoulos and Ye in four phases: the plastic phase, the elastic-plastic big deformation, the elastic-plastic medium deformation, and the elastic phases [2]. They also developed closed-form models by fitting phenomenological equations and doing finite element analysis. In these models, the contact characteristics could be ascertained from the range of the Q value, and the nondimensional variable Q could be computed from Eq. 7. Doğan et al. used this model on polymer hybrid bearings to investigate the dynamic behavior of the bearing's contact mechanics [14].

$$Q = \left(\frac{E'}{S_y} \right) \left(\frac{\delta}{a'} \right) \quad (7)$$

The yield stress value of the initial deformed material is represented by S_y in Eq. 7. R is the sphere's radius which is used to calculate the reduced contact area, while δ is the sphere's deflection from the flat surface. The radius of the reduced contact area in Eq. 7 a' which can be calculated from Eq. 8 ignores the pile-up and sink-in deformations of the flat.

$$a' = \sqrt{R^2 - (R - \delta)^2} \quad (8)$$

Represents the elasticity modulus values of the materials contacting in Eq. 7. E' effective elastic modulus, which can be computed as follows:

$$\frac{1}{E'} = \frac{1 - \nu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \nu_2^2}{E_2} \quad (9)$$

In accordance with the Komvopoulos and Ye model, the contact is in the elastic phase when the Q falls between 0 and 1.78. The contact force of this elastic phase could be calculated using Eq. 10.

$$\frac{F_e}{A} = \left(\frac{4\sqrt{2}}{3\pi} \right) Q(S_y) \quad (10)$$

F_e is the corresponding elastic contact force in Eq. 4. The true area A , and the truncated area A' in Eq. 10 can be found in Eq. 11 and Eq. 12.

$$A = \frac{A'}{2} \quad (11)$$

$$A' = \pi a'^2 \quad (12)$$

An elastic-plastic small deformation is the contact characteristic when the Q value falls between 1.78 and 21. and Eq. 13 can be used to calculate F_{ep} .

$$F_{ep} = A(0.7 \ln(Q) + 0.66)S_y \quad (13)$$

where A is contact area, and it could be calculated as following.

$$A = \frac{A'}{0.05(\ln Q)^2 - 0.57(\ln Q) + 2.41} \quad (14)$$

In the case of medium deformation, the contact force can be expressed as follows when the Q value falls between 21 and 400.

$$F_{ep} = A(2.9)S_y \quad (15)$$

$Q > 400$ compute the elastic-plastic large deformation and Eq. 16 could be used to, where A is the contact area.

$$A = \frac{A'}{0.71} \quad (16)$$

3. RESULTS AND DISCUSSION

Polymer hybrid bearings from the 6205 series were utilized in this investigation. The geometric properties and simulation values of the 6205 series' 10-ball and 11-ball bearings are described in Tables 1 and 2, respectively.

Table 1. Geometric parameters of 6205-10 ball bearing

Parameters	Symbols	Values	Units
The inner race's diameter	D_i	0,025	m
The inner raceway's diameter	d_i	0,03276	m
Outer raceway diameter	d_o	0,03919	m
Outer race diameter	D_o	0,052	m
Bearing width	w	0,015	m
Balls Diameter	d_b	0.005845	m
Radius of inner race groove	r_i	0,003592	m
Radius of the outer race groove	r_o	0,003340	m
Number of balls	n	10	
Elastic Modulus of balls	E_1	200×10^9	GPa
Elastisite Modulus of raceways	E_2	25×10^8	GPa
Poisson ratio of balls	ν_1	0.3	
Poisson ratio of raceways	ν_2	0.46	
Unbalance eccentricity	e_u	1×10^{-7}	m
Time step	Δt	1/30000	sec
Initial condition, $[x_0; \dot{x}_0; y_0; \dot{y}_0]$	$\bar{x}_0$	$[1 \times 10^{-9}; 0; 0; 0]$	m

Table 2. Geometric parameters of 6205-11 ball bearing

Parameters	Symbols	Values	Units
The inner race's diameter	D_i	0,025	m
The inner raceway's diameter	d_i	0,03275	m
Outer raceway diameter	d_o	0,03922	m
Outer race diameter	D_o	0,052	m
Bearing width	w	0,015	m
Balls Diameter	d_b	0.00585	m
Radius of inner race groove	r_i	0,003543	m
Radius of the outer race groove	r_o	0,003271	m
Number of balls	n	11	
Elastic Modulus of balls	E_1	200×10^9	GPa
Elastisite Modulus of raceways	E_2	25×10^8	GPa
Poisson ratio of balls	ν_1	0.3	
Poisson ratio of raceways	ν_2	0.46	
Unbalance eccentricity	e_u	1×10^{-7}	m
Time step	Δt	1/30000	sec
Initial condition, $[x_0; \dot{x}_0; y_0; \dot{y}_0]$	$\bar{x}_0$	$[1 \times 10^{-9}; 0; 0; 0]$	m

A specified number of bearings, specifically between the inner and outer races, come into touch with and are loaded by the shaft weight as the bearings rotate with the shaft. Some balls are loaded and transmit the load with each shaft revolution, while other balls stay free. This has an impact on the area of contact where the balls are situated. The locations of the balls are displayed in Tables 3 and 4, which vary based on the number of balls and their loads as a

function of deformation. Both the number of loaded balls and the number of balls entering the elastoplastic region are found to grow with the deformation rate.

Table 3. Contact Characteristic of 6205-10 ball bearing

Deflection, δ	Contact Characteristic	Number of Balls in Elasto-plastic contact
$<1.1 \times 10^{-5}$	Elastic	-
$1.1 \times 10^{-5} \leq \delta < 1.3 \times 10^{-5}$	Elasto-plastic	1
$1.3 \times 10^{-5} \leq \delta < 1.6 \times 10^{-5}$	Elasto-plastic	2
$1.6 \times 10^{-5} \leq \delta$	Elasto-plastic	3

Table 4. Contact Characteristic of 6205-11 ball bearing

Deflection, δ	Contact Characteristic	Number of Balls in Elasto-plastic contact
$<1.2 \times 10^{-5}$	Elastic	-
$1.2 \times 10^{-5} \leq \delta < 1.6 \times 10^{-5}$	Elasto-plastic	2
$1.6 \times 10^{-5} \leq \delta < 1.8 \times 10^{-5}$	Elasto-plastic	3
$1.8 \times 10^{-5} \leq \delta$	Elasto-plastic	4

The force-deformation graph in Figure 3 shows that the load on the 10-ball bearing is about 40 N, and the deformation in the inner and outer races of the bearing is 1×10^{-5} m. It is evident from the force-deformation graph in Figure 4 that the 11-ball bearing has more overall deformation than the 10-ball bearing. It can support a load of about 50 N.

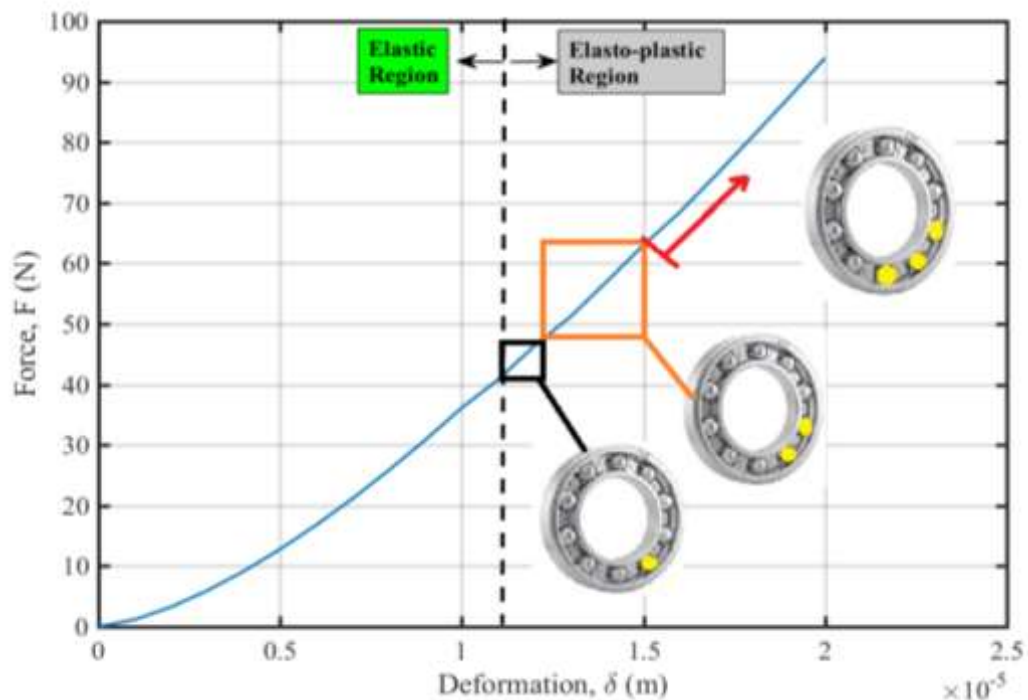


Fig. 3. Change in region of the 6205 ball bearing due to force deformation (10 balls).

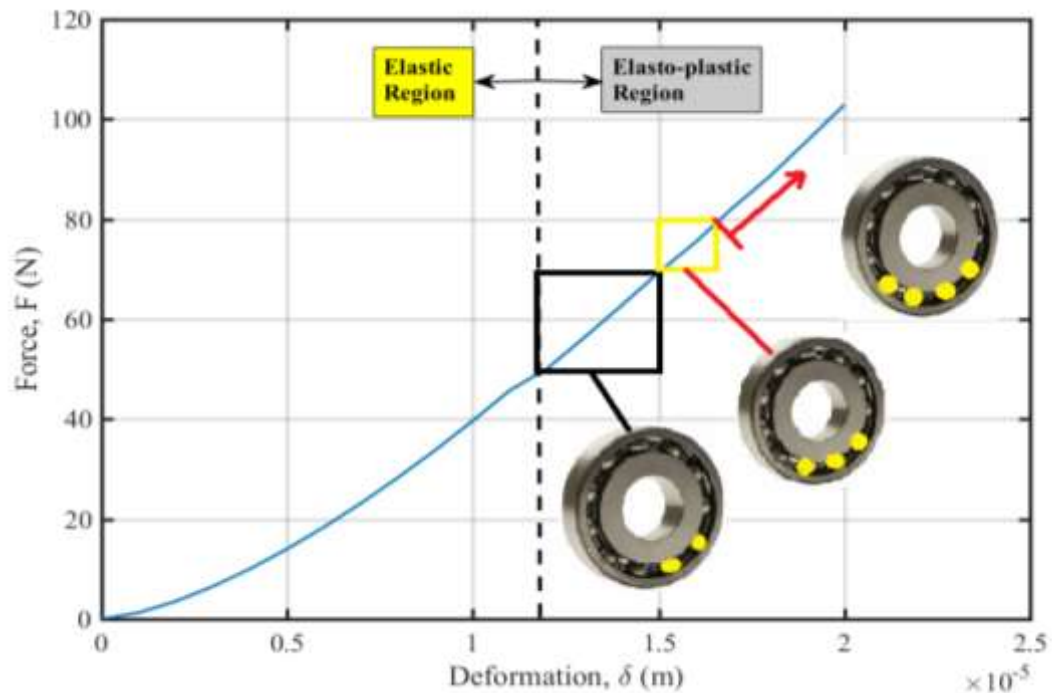


Fig. 4. Change in region of the 6205 ball bearing due to force deformation (11 balls). The force-deformation graph given in Figure 5 indicates the critical point at the elastic limit of the bearings. As can be seen from this, the 11-ball bearing reaches the elastic limit with higher deformation and higher load.

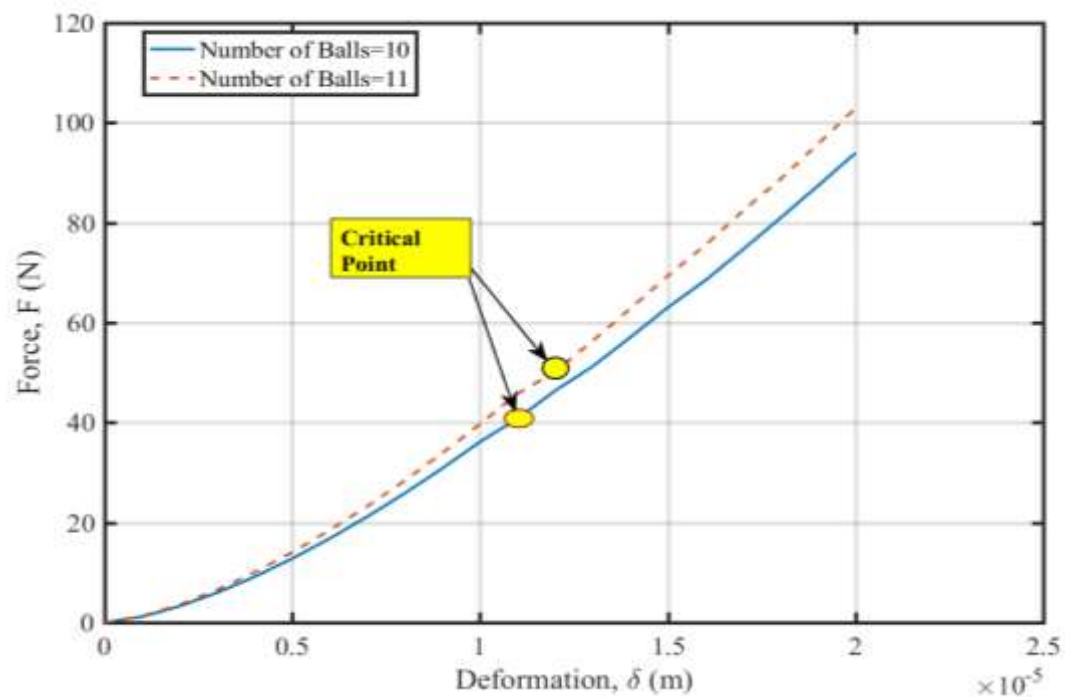


Fig. 5. Force-Deformation graph of ball bearings

CONCLUSIONS

In this study, the load carrying capacity of two polymer hybrid bearings with different ball numbers but the same serial number were determined. Using an algorithm based on the Runge-Kutta approach that incorporates contact mechanics, or elasto-plastic contact, for two different

hybrid polymer ball bearing ball numbers, we were able to determine the equations of motion for a stiff rotor-bearing system with two degrees of freedom.

Because polymer bearings are viscoelastic, the shaft-bearing system's dynamic properties are examined using the elasto-plastic contact model. The number of balls influences the bearing's stiffness, bearings with more balls exhibit more rigid behavior and a greater capacity to support loads. According to an analysis of the force-deformation graphs shown in Figures 3, 4, and 5 bearings with more balls can support greater loads and function at the elastic limit without deformation for longer. This situation is the same for all polymer hybrid bearings like traditional steel ball bearing.

REFERENCES

1. Ghaednia, H., Wang, X., Saha, S., Xu, Y., Sharma, A., and Jackson, R. L., (2017). A review of elastic-plastic contact mechanics. *Applied Mechanics Reviews*, 69(6), 060804.
2. Ye, N., Komvopoulos, K., (2003). Indentation Analysis of Elastic-Plastic Homogeneous and Layered Media: Criteria for Determining the Real Material Hardness, *ASME J. Tribol.*, 125(4), 685–691.
3. Komvopoulos, K., Ye, N., (2001). Three-Dimensional Contact Analysis of Elastic-Plastic Layered Media With Fractal Surface Topographies, *ASME J. Tribol.*, 123(3), 632–640.
4. Kogut, L., Komvopoulos, K., (2004). Analysis of the Spherical Indentation Cycle for Elastic-Perfectly Plastic Solids, *J. Mater. Res.*, 19(12), 3641–3653.
5. Bartier, O., Hernot, X., Mauvoisin, G., (2010). Theoretical and Experimental Analysis of Contact Radius for Spherical Indentation, *Mech. Mater.*, 42(6), 640–656.
6. Yau, L. C., Zamri, W. F. H. W., Din, M. F. M., Fadhilina, I., Mohamed, A. A., (2020). Elastic and Elasto-Plastic Contact Behavior on Ball Bearing. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 8(6).
7. Aktürk, N., Uneeb, M., Gohar, R. (1997). The Effects of Number of Balls and Preload on Vibrations Associated With Ball Bearings. *ASME. J. Tribol.* October 1997; 119(4): 747–753.
8. Purohit, R. K.; Purohit, K. (2006). Dynamic analysis of ball bearings with effect of preload and number of balls. *International journal of applied mechanics and engineering* 11.1: 77-91.
9. Harsha, Suraj Prakash; Sandeep, K.; Prakash, R. (2003). Effects of preload and number of balls on nonlinear dynamic behavior of ball bearing system. *International Journal of Nonlinear Sciences and Numerical Simulation*, 4.3: 265-278.
10. Jain, Prashant H.; Bhosle, Santosh P. (2023). Mathematical modeling, simulation and analysis of non-linear vibrations of a ball bearing due to radial clearance and number of balls. *Materials Today: Proceedings*, 72: 927-936.
11. Yang, R., Hou, L., Jin, Y., Chen, Y., Zhang, Z. (2018). The varying compliance resonance in a ball bearing rotor system affected by different ball numbers and rotor eccentricities. *Journal of Tribology*, 140(5), 051101.
12. Vakharia, V.; Gupta, V. K.; Kankar, P. K. (2015). Nonlinear dynamic analysis of ball bearings due to varying number of balls and centrifugal force. In: *Proceedings of the 9th IFToMM International Conference on Rotor Dynamics*. Cham: Springer International Publishing. p. 1831-1840.
13. Aliustaoğlu, C., Ocak, H. ve Ertunç, H. M., (2007). Rulman Titreşim analizi ile bölgesel hataların incelenmesi. *Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı'07 Bildiriler Kitabı*, 451- 456.
14. Doğan, B.K., Dal, A. and Karaçay, T. (2025). Modeling hybrid polymer ball bearing with elastoplastic contact model and its nonlinear dynamic response. *Arch Appl Mech* **95**, 66.

**KAN TESTİ YAPAY ZEKASI : KAN TESTİ ANALİZİ KULLANARAK
HASTALIK TAHMİNİ İÇİN YAPAY ZEKA TABANLI BİR SİSTEM****Ali OKATAN**

İstanbul Aydın Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Florya, İstanbul

ORCID:0000-0002-8893-9711**Burak AYRAKTAR**

İstanbul Aydın Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi Florya, İstanbul

ÖZET

Laboratuvar analizi yoluyla hastalıkların erken teşhisi, koruyucu sağlık hizmetleri ve etkili tedavi planlaması için çok önemlidir. Kan testi sonuçları, metabolik, hematolojik ve biyokimyasal durumlar hakkında değerli bilgiler sağlar, ancak yorumlanmaları genellikle uzman tıbbi bilgi gerektirir. Bu makale, kan testi raporlarını analiz ederek erken hastalık teşhisine yardımcı olmak üzere tasarlanmış yapay zeka tabanlı bir sistem olan Kan Testi Yapay Zekasını sunmaktadır. Sistem, demografik bilgileri PDF ve görüntü tabanlı raporlardan çıkarılan laboratuvar verileriyle entegre eder. Tanı güvenilirliğini artırmak için makine öğrenme modellerini hekim uzmanlığından türetilen klinik kurallarla birleştiren hibrit bir tahmin çerçevesi kullanılır. Sistem, ilişkili olasılık puanlarıyla bir veya daha fazla potansiyel hastalığı tahmin eder ve temel sağlık ve diyet önerileri oluşturur. Özellikle glikozla ilgili durumlar olmak üzere, hastalık başına birden fazla veri kümesi kullanılarak yapılan deneysel değerlendirme, önerilen yaklaşımın klinik karar destek aracı olarak etkinliğini göstermektedir. Anahtar Kelimeler: Kan testi, Hastalık tahmini, Yapay Zeka

**BLOOD TEST AI: AN ARTIFICIAL INTELLIGENCE BASED SYSTEM FOR
DISEASE PREDICTION USING BLOOD TEST ANALYSIS****ABSTRACT**

Early detection of diseases through laboratory analysis is essential for preventive healthcare and effective treatment planning. Blood test results provide valuable insights into metabolic, hematological, and biochemical conditions, yet their interpretation often requires expert medical knowledge. This paper presents Blood Test AI, an artificial intelligence-based system designed to assist in early disease detection by analyzing blood test reports. The system integrates demographic information with laboratory data extracted from PDF and image-based reports. A hybrid prediction framework combining machine learning models with clinical rules derived from physician expertise is employed to improve diagnostic reliability. The system predicts one or more potential diseases with associated probability scores and generates basic health and dietary recommendations. Experimental evaluation using multiple datasets per disease, with a particular focus on glucose-related conditions, demonstrates the effectiveness of the proposed approach as a clinical decision support tool.

Keywords: Blood test, Disease prediction, AI

EKLEMELİ ÜRETİM İÇİN KARBON NANOTÜP TAKVİYELİ PLA FİLAMENTLERİNİN ÜRETİMİ, MİKROYAPI VE TERMAL KARAKTERİZASYONU

Aykut ÇANAKÇI,

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5244-6467>

Muzaffer BAKİ

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6775-1982>

Müslim Çelebi

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1826-5379>

Sedat Alper TUNÇ

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering,

Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7382-2353>

ÖZET

Polilaktik asit (PLA), biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyo-uyumluluğu ve işlenme kolaylığı nedeniyle ergiyik filament imalatında (EFİ) en yaygın kullanılan termoplastik polimerlerden biridir. Karbon nanotüplerin (KNT) eklenmesi, PLA bazlı filamentlerin mekanik, termal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirmek için etkili bir yaklaşım olarak eklemeli imalat uygulamaları için ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, tek vidalı ekstrüzyon sistemi kullanılarak %0,1 ağırlık oranında çok duvarlı karbon nanotüp içeren PLA esaslı kompozit filamentler başarıyla üretilmiştir. CNT ilavesinin filament kalitesi ve malzeme performansı üzerindeki etkileri sistematik olarak incelenmiştir. Üretilen filamentler, çekme testi, taramalı elektron mikroskobu (SEM), diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA) kullanılarak boyutsal kararlılık, çekme özellikleri, mikroyapısal homojenlik ve termal davranış açısından karakterize edilmiştir. Sonuçlar, kompozit filamentlerin çap ölçüsünün yaklaşık %99,4 oranında tutarlılığı ile yüksek boyutsal kararlılık sergilediğini ve ticari FFF uygulamaları için gereken şartları karşıladığını göstermiştir. Çekme testi sonuçları, literatürde bildirilen bulgularla tutarlı olarak, CNT ilavesiyle kopma uzamasında bir azalma olduğunu ortaya koymuştur. SEM gözlemleri, CNT'lerin PLA matrisi içinde homojen bir şekilde dağıldığını doğrulamıştır. Termal analizler, cam geçiş sıcaklığının neredeyse değişmeden kaldığını, kristalleşme davranışı ve termal bozunma kararlılığının ise CNT takviyesiyle olumlu yönde etkilendiğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: PLA/CNT kompozit filament, ergimiş filament imalatı, ekstrüzyon, boyutsal kararlılık, termal analiz, mekanik özellikler

PRODUCTION, MICROSTRUCTURAL AND THERMAL CHARACTERIZATION OF CARBON NANOTUBE REINFORCED PLA FILAMENTS FOR ADDITIVE MANUFACTURING

Abstract

Poly(lactic acid) (PLA) is one of the most widely used thermoplastic polymers in fused filament fabrication (FFF) due to its biodegradability, biocompatibility, and ease of processing. The incorporation of carbon nanotubes (CNTs) has emerged as an effective approach to enhance the mechanical, thermal, and functional properties of PLA-based filaments for additive manufacturing applications. In this study, PLA/CNT composite filaments containing 0.1 wt.% multi-walled carbon nanotubes were successfully produced using a single-screw extrusion system. The effects of CNT incorporation on filament quality and material performance were systematically investigated. The produced filaments were characterized in terms of dimensional stability, tensile properties, microstructural homogeneity, and thermal behavior using tensile testing, scanning electron microscopy (SEM), differential scanning calorimetry (DSC), and thermogravimetric analysis (TGA). The results demonstrated that the composite filaments exhibited high dimensional stability with a diameter consistency of approximately 99.4%, meeting the requirements for commercial FFF applications. Tensile test results revealed a reduction in elongation at break with CNT addition, consistent with findings reported in the literature. SEM observations confirmed a homogeneous dispersion of CNTs within the PLA matrix. Thermal analyses indicated that the glass transition temperature remained nearly unchanged, while crystallization behavior and thermal degradation stability were positively influenced by CNT reinforcement.

Keywords: PLA/CNT composite filament, fused filament fabrication, extrusion, dimensional stability, thermal analysis, mechanical properties

Keywords: PLA/CNT composite filament, fused filament fabrication, extrusion, dimensional stability, thermal analysis, mechanical properties

FFF/FDM YÖNTEMİYLE CNT TAKVİYELİ PLA KOMPOZİTLERİNİN ÜRETİMİ VE KARAKTERİZASYONU

Aykut ÇANAKÇI,

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5244-6467>

Muzaffer BAKİ

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6775-1982>

Müslim Çelebi

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1826-5379>

Sedat Alper TUNÇ

Karadeniz Technical University, Department of Materials and Metallurgical Engineering, Trabzon

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7382-2353>

ÖZET

Polilaktik asit (PLA), biyolojik olarak parçalanabilirliği, biyo-uyumluluğu ve işlenme kolaylığı nedeniyle ergiyik filament imalatı/Ergiyik Yığarak Modelleme (EFİ/EYM) süreçlerinde önemli bir ilgi görmüştür. Bununla birlikte, saf PLA'nın nispeten düşük mekanik dayanımı ve termal kararlılığı, yük taşıyan ve fonksiyonel bileşenlerdeki uygulamalarını kısıtlamaktadır. Karbon nanotüplerin (CNT'ler) PLA matrislerine dahil edilmesi, CNT'lerin yüksek en boy oranı, olağanüstü mekanik dayanımı ve çok fonksiyonlu özellikleri nedeniyle mekanik, termal ve fonksiyonel özellikleri geliştirmek için etkili bir yaklaşım olarak ortaya koymuştur. Bu çalışmada, EFİ/EYM prosesiyle çekme testi numuneleri üretmek için %0-0,1 ağırlık oranında CNT takviyeli PLA kompozit filamentler kullanılmıştır. Kusursuz üretim ve iyileştirilmiş katmanlar arası bağlama sağlamak için, nozul sıcaklığı, tabla sıcaklığı, dolgu deseni ve yoğunluğu, katman kalınlığı ve nozul çapı dahil olmak üzere temel üretim parametreleri, literatür verilerine ve deneysel denemelere dayanarak optimize edilmiştir. Üretilen kompozit numuneler, diferansiyel taramalı kalorimetre (DSC) ve termogravimetrik analiz (TGA) kullanılarak termal davranış, taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak mikroyapısal özellikler ve çekme testi yoluyla mekanik performans açısından karakterize edilmiştir. Sonuçlar, CNT ilavesinin PLA'nın termal stabilitesini iyileştirdiğini ve polimer matrisi içinde homojen bir CNT dağılımını desteklediğini göstermiştir. SEM gözlemleri, CNT'ler ve PLA arasında iyi bir arayüzey ıslatmasını doğrulamıştır. Ayrıca, çekme dayanımı ve termal direnç artan CNT içeriğiyle iyileşme gösterirken, kopma uzamasında bir azalma gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PLA/CNT kompozit filament, ergimiş filament imalatı, ekstrüzyon, boyutsal kararlılık, termal analiz, mekanik özellikler

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF CNT-REINFORCED PLA COMPOSITES VIA FFF/FDM

Abstract

Polylactic acid (PLA) has gained considerable attention in fused filament fabrication/Fused Deposition Modelling (FFF/FDM) processes due to its biodegradability, biocompatibility, and ease of processing. However, the relatively low mechanical strength and thermal stability of neat PLA restrict its application in load-bearing and functional components. The incorporation of carbon nanotubes (CNTs) into PLA matrices has emerged as an effective approach to enhance mechanical, thermal, and functional properties owing to the high aspect ratio, exceptional mechanical strength, and multifunctional characteristics of CNTs. In this study, CNT-reinforced PLA composite filaments containing 0–0.1 wt.% CNT were utilized to fabricate tensile test specimens via the FFF/FDM process. Key printing parameters, including nozzle temperature, build plate temperature, infill pattern and density, layer thickness, and nozzle diameter, were optimized based on literature data and experimental trials to ensure defect-free fabrication and improved interlayer bonding. The produced composite specimens were characterized in terms of thermal behavior using differential scanning calorimetry (DSC) and thermogravimetric analysis (TGA), microstructural features using scanning electron microscopy (SEM), and mechanical performance through tensile testing. The results demonstrated that the addition of CNTs improved the thermal stability of PLA and promoted a homogeneous CNT dispersion within the polymer matrix. SEM observations confirmed good interfacial wetting between CNTs and PLA. Furthermore, while tensile strength and thermal resistance exhibited improvement with increasing CNT content, a reduction in elongation at break was observed.

Keywords: PLA, FFF/FDM process, 3D Additive manufacturing, CNT

PİRİNÇ NOZULLAR KULLANILARAK İKİLİ RANQUE–HILSCH VORTEKS TÜPÜ İÇİN MAKİNE ÖĞRENMESİ İLE EKSERJİ TAHMİNİ

Ayhan DOĞAN

Hacettepe University, Başkent OSB Technical Sciences Vocational School,
Department of Computer Technologies, 06909 Sincan, Ankara

ORCID: 0000-0002-9872-8889

Murat KORKMAZ

Hacettepe University, Başkent OSB Technical Sciences Vocational School,
Department of Electrical and Energy, 06909 Sincan, Ankara

ORCID: 0000-0002-3721-2854

Volkan KIRMACI

Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design 7410 Merkez, Bartın **ORCID:**
0000-0001-7076-1911

ÖZET

Bu çalışmada, ikili Ranque–Hilsch Vorteks Tüpü (RHVT) sisteminde pirinç nozullar kullanılarak ekserji verimliliğini tahmin etmek amacıyla farklı makine öğrenmesi (ML) regresyon algoritmaları değerlendirilmiştir. Deneysel olarak elde edilen veriler kullanılarak beş model; Elastic Net (EN), Stochastic Gradient Descent Regressor (SGDR), Bagging Regressor (BR), Gradient Boosting Regressor (GBR) ve Voting Regressor (VR) karşılaştırılmıştır. Analizlerde, veri seti 10 katlı çapraz doğrulama yöntemiyle değerlendirilmiş ve tüm modellerin hiperparametreleri Grid Search yaklaşımıyla optimize edilmiştir. Model performansları, kök ortalama kare hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), düzeltilmiş belirleme katsayısı (Adjusted R^2) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) metrikleriyle ölçülmüştür. Sonuçlar, VR modelinin en yüksek tahmin doğruluğuna sahip olduğunu göstermiştir (RMSE = 2.93, MAE = 2.38, Adjusted R^2 = 0.872, MAPE = 5.51%). Bu model, ölçülen ve tahmin edilen ekserji verimlilikleri arasındaki ilişkiyi güçlü biçimde temsil etmiş; artık (residual) analizleri hata dağılımının normal ve merkezli olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşın, EN ve SGDR gibi doğrusal modeller daha yüksek hata değerleriyle düşük performans sergilemiştir. Elde edilen sonuçlar, topluluk tabanlı modellerin RHVT sistemlerinin termodinamik verimlilik tahmininde doğrusal yaklaşımlara göre daha kararlı, genellenebilir ve güvenilir çıktılar sunduğunu göstermektedir. Bu bulgular, enerji sistemlerinin optimizasyonu çalışmalarında makine öğrenmesi yöntemlerinin etkin bir araç olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Ranque–Hilsch Vorteks Tüpü, Makine Öğrenmesi, Ekserji Verimliliği, Pirinç Nozul

EXERGY PREDICTION FOR A DUAL RANQUE–HILSCH VORTEX TUBE USING MACHINE LEARNING WITH BRASS NOZZLES

ABSTRACT

In this study, various machine learning (ML) regression algorithms were evaluated to predict the exergy efficiency of a dual Ranque–Hilsch Vortex Tube (RHVT) system equipped with brass nozzles. Using experimentally obtained data, five regression models were compared; Elastic Net (EN), Stochastic Gradient Descent Regressor (SGDR), Bagging Regressor (BR), Gradient Boosting Regressor (GBR) and Voting Regressor (VR). The dataset was analyzed using a 10-fold cross-validation method, and all model hyperparameters were optimized through the Grid Search approach. The model performances were assessed using Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Adjusted Coefficient of Determination (Adjusted R^2), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE) metrics. The results indicated that the VR model achieved the highest prediction accuracy (RMSE = 2.93, MAE = 2.38, Adjusted R^2 = 0.872, MAPE = 5.51%). This model effectively represented the relationship between the measured and predicted exergy efficiencies, while residual analyses demonstrated that the error distribution was both normal and centered. In contrast, linear models such as EN and SGDR exhibited higher error rates and lower predictive performance. The findings reveal that ensemble-based regression models provide more stable, generalizable, and reliable results compared to linear approaches in predicting the thermodynamic efficiency of RHVT systems. These results highlight the potential of machine learning techniques as effective tools for optimization studies in energy systems engineering.

Keywords: Ranque–Hilsch Vortex Tube, Machine Learning, Exergy Efficiency, Brass Nozzle

2. GİRİŞ

RHVT, basit yapıları ve hareketli parça içermemeleri nedeniyle endüstriyel soğutma ve enerji ayırma uygulamalarında dikkat çeken sistemlerdir. Bununla birlikte, bu sistemlerde oluşan yüksek tersinmezlikler ve karmaşık akış yapıları, termodinamik performansın doğru biçimde tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, RHVT sistemlerinin ekserji temelli değerlendirilmesi, enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çalışmalar açısından kritik bir araştırma alanı oluşturmaktadır.

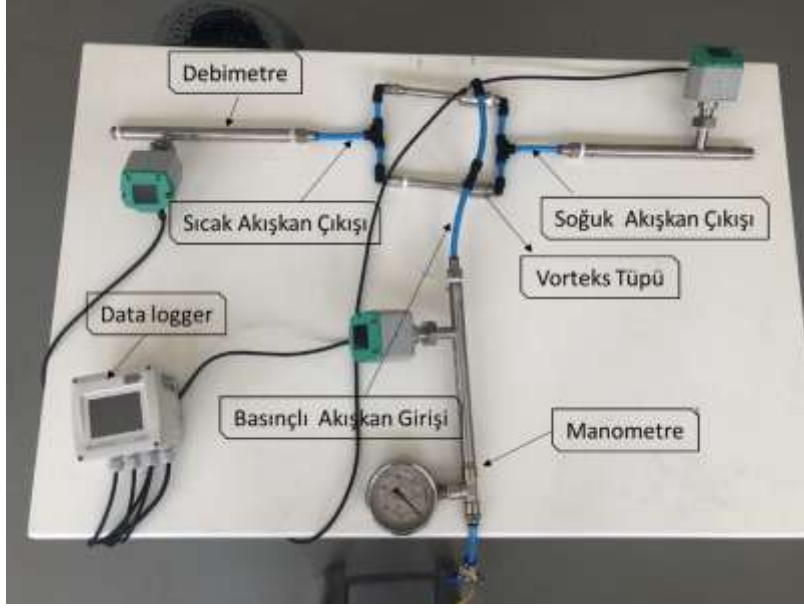
Lagrandeur ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada, vorteks tüplerinin ekserjetik davranışını geçişli ekserji yaklaşımı çerçevesinde termodinamik bir model ve literatürde yer alan deneysel veriler kullanarak değerlendirmiştir. Sonuçlar, sıcak ve soğuk çıkışların birlikte yararlı kabul edildiği durumda yaklaşık 0,7 soğuk kütle oranında ekserji veriminin %2,88'e ulaştığını, ancak mevcut ekserjinin önemli bir bölümünün basınç kayıpları nedeniyle sistem

dışına aktarıldığını göstermiştir. Ayrıca, sistemdeki tersinmezliklerin ağırlıklı olarak kinetik ekserji yıkımından kaynaklandığı ve model tabanlı iyileştirmeler ile kaskat vorteks tüpü düzenekleri sayesinde toplam ekserji veriminin artırılabilceği ortaya konmuştur (Lagrandeur et al., 2020). Awan ve arkadaşları (2025) yaptıkları derleme çalışmasında, enerji verimliliğinin sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmadaki belirleyici rolünü vurgulayarak vorteks tüplerini düşük maliyetli ve yüksek potansiyele sahip bir teknoloji olarak ele almıştır. Son beş yıl içerisinde gerçekleştirilen sayısal ve deneysel çalışmaların sistematik biçimde sınıflandırılması, mevcut eğilimler ile yeni araştırma yönlerinin bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesine olanak sağlamıştır. Bunun yanı sıra, literatürdeki araştırma boşluklarının ortaya konması ve geleceğe yönelik önerilerin sunulması, vorteks tüplerinin optimizasyonuna yönelik yapılacak çalışmalar için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır (Awan et al., 2025). Huanbutta ve arkadaşları (2025) yaptıkları çalışmada, sürekli akış teknolojisiyle bütünleştirilen yeni bir vorteks tüpü reaktörünün nanopartikül tabanlı ilaç taşıyıcı sistemlerin üretiminde karışım performansını ve üretkenliği artırdığını göstermiştir. Hazırlama parametrelerinin sistematik biçimde optimize edilmesi sonucunda, akış kimyası yaklaşımının daha küçük ortalama parçacık boyutu, dar boyut dağılımı ve yüksek üretim verimi sağladığı belirlenmiştir. Ayrıca, geliştirilen sistemin antifungal etkinlik göstermesi ve ölçeklenebilir yapısı, vorteks reaktörlerinin nanoveziküler ilaçların endüstriyel üretimi için güçlü bir alternatif sunduğunu ortaya koymuştur (Huanbutta et al., 2025). Sharma ve arkadaşları 2016, yaptığı çalışmada, tek ve iki fazlı vorteks tüplerinin akış davranışını incelemek amacıyla iki boyutlu eksenel simetrik bir ANSYS Fluent CFD modeli kullanmıştır. Çalışma kapsamında sıvı faz girişinin enerji ayrıştırma mekanizması ve vorteks tüpü içindeki akış alanı üzerindeki etkileri analiz edilmiş, sıvı film oluşumu ve zamana bağlı gelişimi ortaya konmuştur. Elde edilen bulgular, duvar yakınında oluşan sıvı filminin akışın tersine dönmesine ve yeniden dolaşım bölgelerinin oluşmasına neden olarak soğutma performansını olumsuz etkilediğini göstermektedir (Sharma et al., 2016). Zhang ve arkadaşları 2023, yaptığı çalışmada, tahliye elemanı olarak sinterlenmiş metal gözenekli malzeme kullanılan üç akışlı bir vorteks tüpü tasarımı önermiş ve ana boru ile bu malzeme içerisindeki gaz-sıvı etkileşimini deneysel olarak incelemiştir. Deneysel analizler, sinterlenmiş metal gözenekli yapının tahliye parçası olarak kullanılmasıyla sistem içi akış kararlılığının iyileştiğini ortaya koymuştur. Elde edilen sonuçlar, bu tasarımın tahliye portundan uzaklaştırılan gaz miktarını ve tahliye sürecinin olumsuz etkilerini, halka boşluklu geleneksel tahliye elemanlarına kıyasla belirgin biçimde azalttığını göstermektedir (Zhang et al., 2023). Bu çalışmada, pirinç nozullara sahip ikili RHVT sisteminde ekserji verimliliğinin tahmini amacıyla farklı makine öğrenmesi tabanlı regresyon modelleri karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Deneysel veriler kullanılarak

geliştirilen modeller, çapraz doğrulama ve hiperparametre optimizasyonu yöntemleriyle değerlendirilmiş ve tahmin doğrulukları çeşitli istatistiksel ölçütler üzerinden analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, topluluk tabanlı makine öğrenmesi yaklaşımlarının RHVT sistemlerinin termodinamik performans tahmininde güvenilir ve genellenebilir sonuçlar sunduğunu ortaya koymaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, hava akışkanıyla çalışan ikili RHVT sisteminde pirinç nozullar (Şekil 2) kullanılarak elde edilen deneysel veriler esas alınmıştır (Şekil 1). Deney düzeneği, farklı giriş basınçları, sıcaklık farkları ve soğuk kütle oranları altında sistem performansının incelenmesine olanak tanıyacak şekilde tasarlanmıştır. Giriş ve çıkış basınçları, yüksek hassasiyetli PAKKENS marka manometre ile ölçülmüş; sıcaklık ölçümleri ± 1 °C duyarlılığa sahip dijital sıcaklık sensörleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistemden geçen akışkanın kütsel debisi, laboratuvar tipi bir debimetre yardımıyla belirlenmiş ve her bir deney noktası ölçüm tekrarlanabilirliğini sağlamak amacıyla üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen basınç, sıcaklık ve debi verileri kullanılarak ekserji girişi, ekserji çıkışı, ekserji kaybı ve ikinci yasa verimliliği hesaplanmıştır. Termodinamik özelliklerin belirlenmesinde CoolPack yazılımı kullanılmış olup, deneysel veriler makine öğrenmesi tabanlı regresyon modellerinin eğitimi ve test edilmesinde veri seti olarak değerlendirilmiştir. Bu kapsamda geliştirilen modeller aracılığıyla RHVT sisteminin ekserji verimliliği tahmin edilmiş ve farklı makine öğrenmesi algoritmalarının tahmin performansları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Böylece, deneysel ölçümler ile veri odaklı yaklaşımlar bütünleştirilerek sistem performansının öngörülmesine yönelik güvenilir bir metodolojik çerçeve oluşturulmuştur.



Şekil 1. Paralel bağlı RHVT deney seti
Şekil 2. Deney setinde kullanılan pirinç nozullar



2.1. Veri ön işleme ve özellik seçimi

Deneysel veriler öncelikle eksik gözlemler ve ölçüm hataları açısından incelenmiş, ardından z-score normalizasyonu yöntemiyle ölçeklendirilmiştir. Veri seti, genellenebilir sonuçlar elde etmek amacıyla 10 katlı çapraz doğrulama (k-fold cross-validation) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu yöntem, veri setini eğitim ve doğrulama alt kümelerine bölerek her bir modelin önyargıdan bağımsız olarak test edilmesini sağlamaktadır. Hiperparametre optimizasyonu için Grid Search algoritması uygulanmış, her model için en uygun parametre kombinasyonları belirlenmiştir (James et al., 2021). Model performanslarının değerlendirilmesinde dört temel istatistiksel metrik kullanılmıştır: RMSE, MAE, Adjusted R^2 ve MAPE. Bu metrikler, tahmin doğruluğu, hata büyüklüğü ve modelin açıklama gücünü bütüncül olarak yansıtmaktadır.

2.2. Makine öğrenmesi yaklaşımları

Çalışmada beş farklı regresyon tabanlı makine öğrenmesi algoritması değerlendirilmiştir: EN,SGDR, BR, GBR, VR. RHVT sistemlerinin performansının makine öğrenmesiyle modellenmesine yönelik son dönem çalışmalarda (Doğan et al., 2023; Korkmaz et al., 2025; Kaya et al., 2021) regresyon tabanlı yaklaşımların yüksek doğrulukla tahminler yapabildiği gösterilmiştir.

2.2.1. ElasticNet regressor

EN, Lasso (L1) ve Ridge (L2) regresyonlarının avantajlarını birleştirerek, çoklu doğrusal bağıntı bulunan veri setlerinde parametre kararlılığını artırır (Zou & Hastie, 2005). Bu model, RHVT sisteminde basınç, sıcaklık farkı ve kütle oranı arasındaki olası doğrusal ilişkilerin temsilinde kullanılmıştır. Benzer doğrusal yaklaşımlar, Doğan et al. (2023) çalışmasında RHVT performans tahmini için uygulanmış ve düşük hata değerleriyle temel model olarak rapor edilmiştir. EN bu çalışmada da karşılaştırmalı temel model olarak değerlendirilmiştir.

2.2.2. Stochastic gradient descent regressor

SGDR, model parametrelerini stokastik gradyan iniş algoritmasıyla güncelleyerek, özellikle geniş veri setlerinde hızlı yakınsama sağlar (Bottou, 2010). Bu çalışma kapsamında, SGDR temel doğrusal ilişkilerin hızlı biçimde değerlendirilmesi için kullanılmıştır. Ancak, RHVT sisteminin akış yapısındaki doğrusal olmayan ilişkiler nedeniyle modelin genel tahmin gücü sınırlı kalmıştır. Korkmaz et al. (2023) çalışmasında da benzer şekilde, doğrusal algoritmaların sıcaklık ayırımı davranışını açıklamakta yetersiz kaldığı belirtilmiştir.

2.2.3. Bagging regressor

BR algoritması, rastgele örneklem alınarak oluşturulan alt modellerin tahminlerinin ortalamasıyla sonuç üretir (Breiman, 1996). Bu yaklaşım, model varyansını azaltarak genellenebilirliği artırır. BR, RHVT sisteminde deneysel belirsizliklerden kaynaklanan sapmaları dengelemek için uygulanmıştır. Doğan et al. (2023) ve Korkmaz et al. (2023) çalışmalarında da benzer şekilde, topluluk temelli yöntemlerin ölçüm varyasyonları ve veri gürültüsü karşısında daha kararlı sonuçlar ürettiği belirtilmiştir.

2.2.4. Gradient boosting regressor

GBR, zayıf tahmincilerin ardışık olarak eklenmesiyle hata terimlerini azaltan güçlü bir topluluk öğrenme yöntemidir (Friedman, 2001). Bu çalışmada GBR algoritması giriş basıncı, sıcaklık farkı ve akış debisi gibi doğrusal olmayan etkileşimleri yakalamak amacıyla kullanılmıştır.

RHVT sistemlerinde GBR yöntemi, özellikle sıcaklık ayırımı tahminlerinde yüksek doğruluk göstermiştir (Korkmaz et al., 2023; Rafiee & Sadeghiazad, 2014). Ayrıca Doğan et al. (2023) çalışması, bu yöntemin en düşük hata değerlerine ulaştığını ve RHVT performans tahmininde en güvenilir modellerden biri olduğunu rapor etmiştir.

2.2.5. Voting regressor

VR, birden fazla tahmin modelinin çıktılarının ağırlıklı ortalamasını alarak önyargısız sonuçlar elde etmeyi amaçlayan topluluk öğrenme yöntemidir (Rokach, 2010). Bu çalışma kapsamında VR modeli, EN, BR ve GBR modellerinin çıktılarının eşit ağırlıklı kombinasyonu olarak oluşturulmuştur. Benzer şekilde, Korkmaz et al. (2025) çalışmasında da paralel bağlı

RHVT sistemlerinde VR benzeri hibrit modellerin, doğrusal olmayan sistem davranışlarını en iyi temsil eden yöntemler olduğu belirtilmiştir. Bu çalışmada VR, $RMSE = 2.93$, $MAE = 2.38$, $Adjusted R^2 = 0.872$, $MAPE = 5.51\%$ sonuçlarıyla en yüksek tahmin doğruluğunu sağlamıştır.

2.3. Ekserji Analizi

Ekserji analizi, bir akışkan sisteminde gerçekleşen tersinmezlikleri dikkate alarak kullanılabilir enerji potansiyelinin belirlenmesini ve ikinci yasa verimliliğinin nicel olarak değerlendirilmesini sağlayan temel bir yöntemdir. Vorteks tüplerinde türbülanslı akış, viskoz etkiler, karışma kaynaklı düzensizlikler ve ısı geçişi gibi mekanizmalar entropi üretimini artırarak sistemin yararlı iş üretme kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, vorteks tüplerinin termodinamik performansının gerçekçi biçimde analiz edilmesinde ekserji temelli yaklaşımlar kritik bir rol üstlenmektedir. Ranque–Hilsch vorteks tüpü sistemlerinde ekserji hesaplamaları, kontrol hacmi yaklaşımı esas alınarak sürekli akış varsayımı altında gerçekleştirilmekte; giriş ile sıcak ve soğuk çıkış akımlarına ait basınç, sıcaklık ve kütle sel debi ölçümleri kullanılarak ideal gaz kabulüyle spesifik ekserji bileşenleri belirlenmektedir (Kırmacı, 2009). Bu değerler üzerinden hesaplanan ekserji kaybı ve ikinci yasa verimliliği, sistem içindeki tersinmezliklerin nicel olarak ortaya konmasına ve farklı nozul konfigürasyonlarının performans üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı biçimde değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır.

$$i = e_i - e_o$$

(1)

$$e_i = (h_i - h_a) - T_a(s_i - s_a)$$

(2)

$$e_o = \mu_c e_c + (1 + \mu_c) e_h \quad (3)$$

$$e_c = (h_c - h_a) - T_a(s_c - s_a) \quad (4)$$

$$e_h = (h_h - h_a) - T_a(s_h - s_a)$$

(5)

$$\varepsilon = \frac{e_o}{e_i}$$

(6)

2.4. Model performans değerlendirmesi

Model performansları, ölçülen ve tahmin edilen ekserji verimlilikleri arasındaki farklar üzerinden değerlendirilmiştir. VR ve GBR modelleri, en düşük hata oranlarını göstermiştir. Artık analizleri sonucunda, VR modelinin hatalarının sıfır etrafında normal dağıldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, modelin önyargısız (unbiased) ve genellenebilir tahminler

ürettiğini göstermektedir. Benzer sonuçlar, Dincer et al. (2010) ve Korkmaz et al. (2023) çalışmalarında da deneysel doğrulama ile desteklenmiştir.

3. BULGULAR

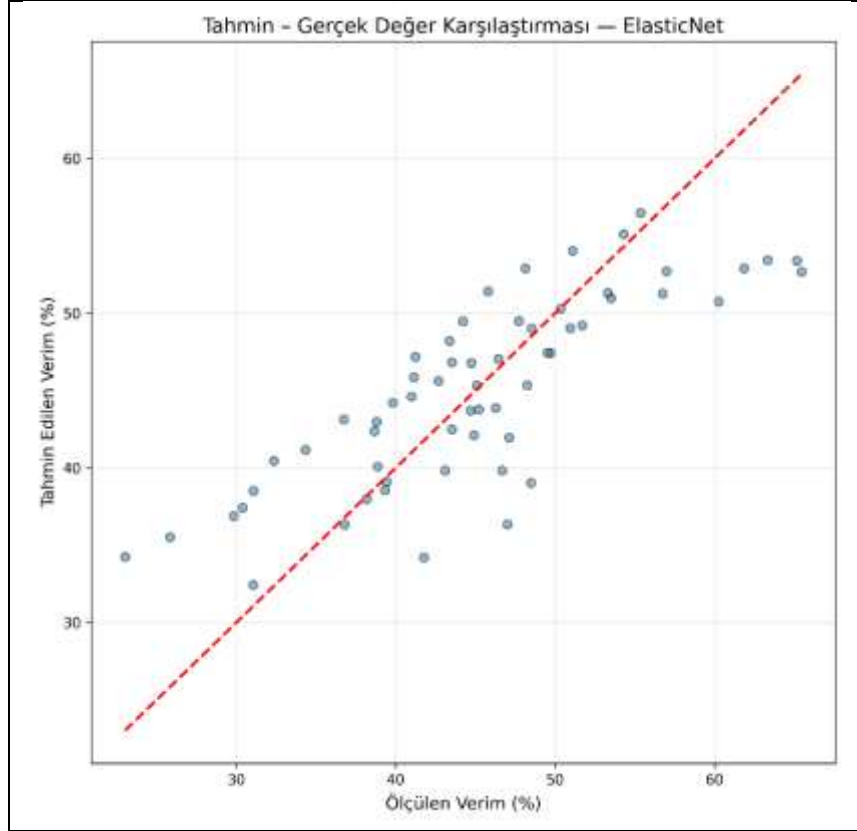
Bu bölümde, makine öğrenmesi modelleriyle tahmin edilen ekserji verimlilikleri ve her bir modele ait hata (residual) dağılımları sunulmaktadır. Modellerin genel performans metrikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Makine öğrenmesi modellerinin performans metrikleri

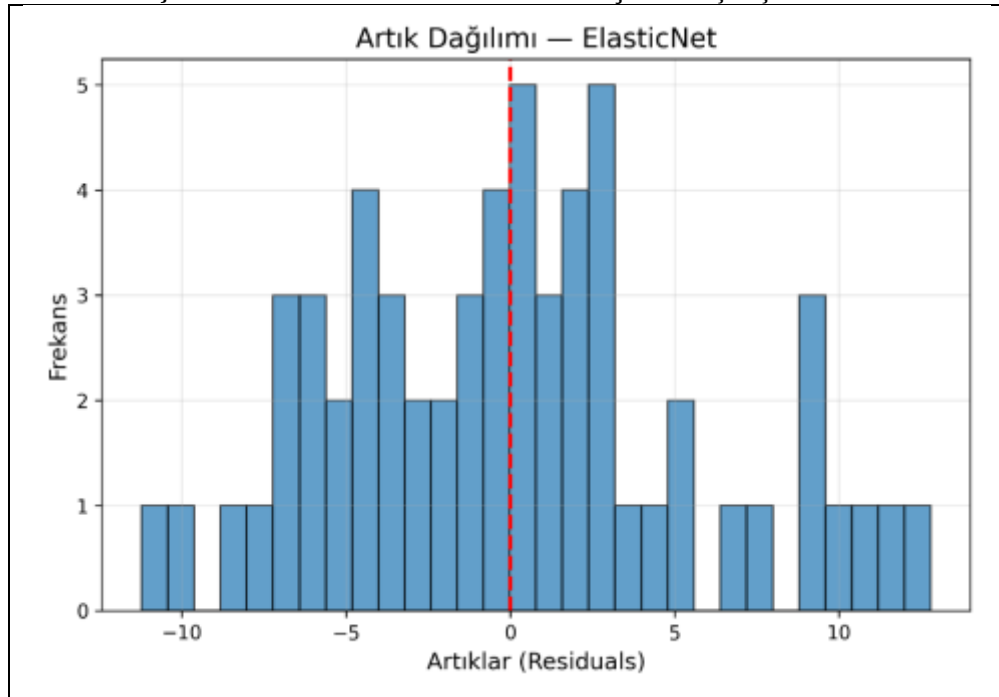
Model	RMSE	MAE	Adjusted R ²	MAPE (%)
EN	5.50	4.36	0.551	10.38
SGDR	4.68	3.63	0.674	8.35
BR	3.11	2.57	0.856	6.01
GBR	3.80	2.91	0.786	6.63
VR	2.93	2.38	0.872	5.51

Elde edilen bulgular, topluluk tabanlı modellerin doğrusal modellere göre daha düşük hata değerleriyle daha kararlı tahminler ürettiğini göstermektedir.

EN modelinde, tahmin edilen ve ölçülen ekserji verimlilikleri arasındaki dağılım incelendiğinde, veri noktalarının doğrusal referans çizgi etrafında geniş bir saçılım gösterdiği görülmektedir. Özellikle yüksek ekserji değerlerinde sistematik sapmalar oluşmuş, modelin doğrusal varsayımı nedeniyle tahmin performansının azaldığı belirlenmiştir (Şekil 3). Artık dağılımında hatalar ± 10 aralığında dağılmış ve sıfır etrafında simetrik olmayan bir yapı sergilemiştir. Bu durum, EN modelinin belirli bölgelerde önyargılı tahminler ürettiğini göstermektedir (Şekil 4).

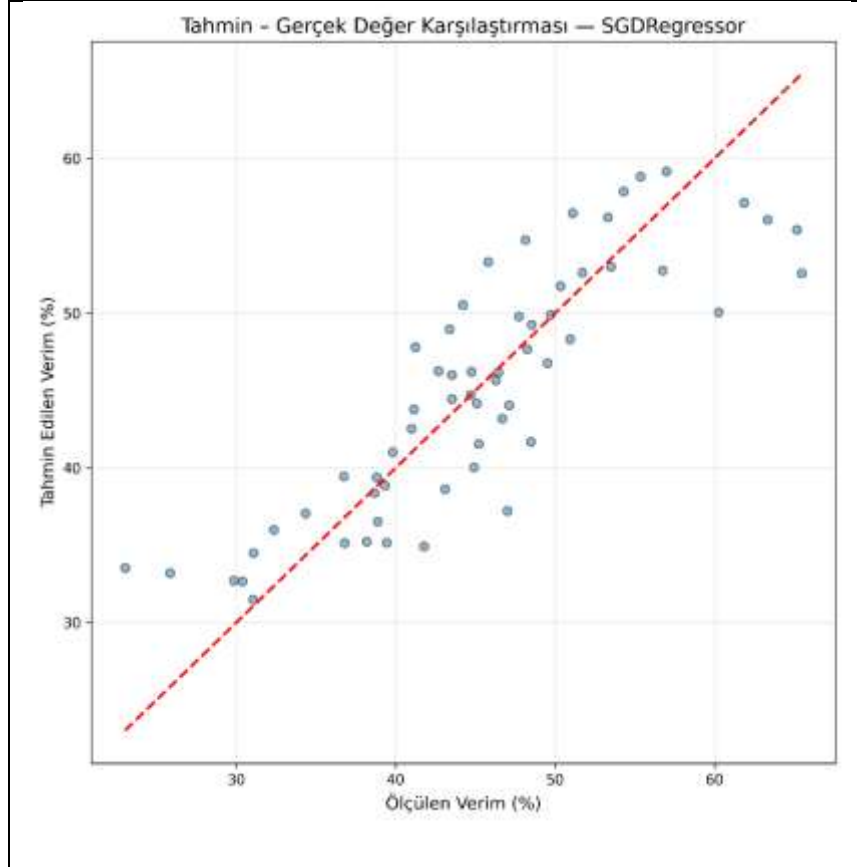


Şekil 3. EN modeline ait tahmin-ölçüm karşılaştırması

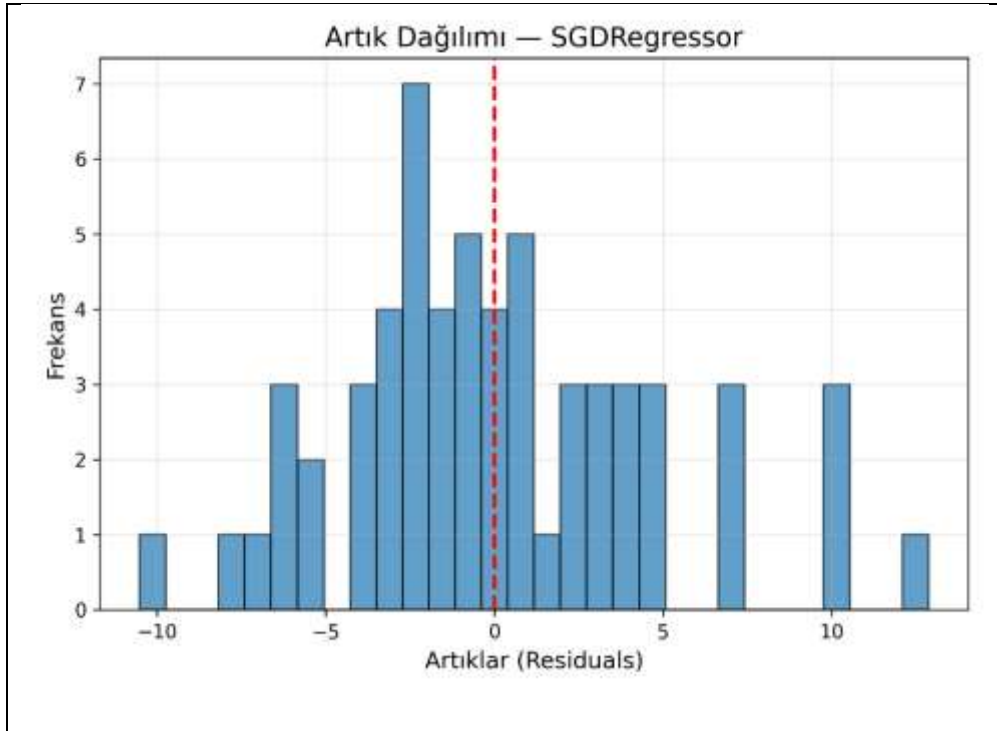


Şekil 4. EN modeline ait hata dağılımı

SGDR modelinde, tahmin edilen değerlerin ölçüm doğrusu etrafında orta düzeyde bir uyum gösterdiği görülmektedir. Düşük ekserji verimliliği bölgelerinde tahminlerin ölçüm değerlerinin üzerinde seyrettiği ve sapmaların belirginleştiği gözlenmiştir (Şekil 5). Hata dağılımı incelendiğinde, residual'ların ± 9 aralığında yayıldığı ve negatif yönde yoğunlaştığı belirlenmiştir. Bu durum, SGDR modelinin düşük ekserji değerlerinde aşırı tahmin eğilimi taşıdığını göstermektedir (Şekil 6).



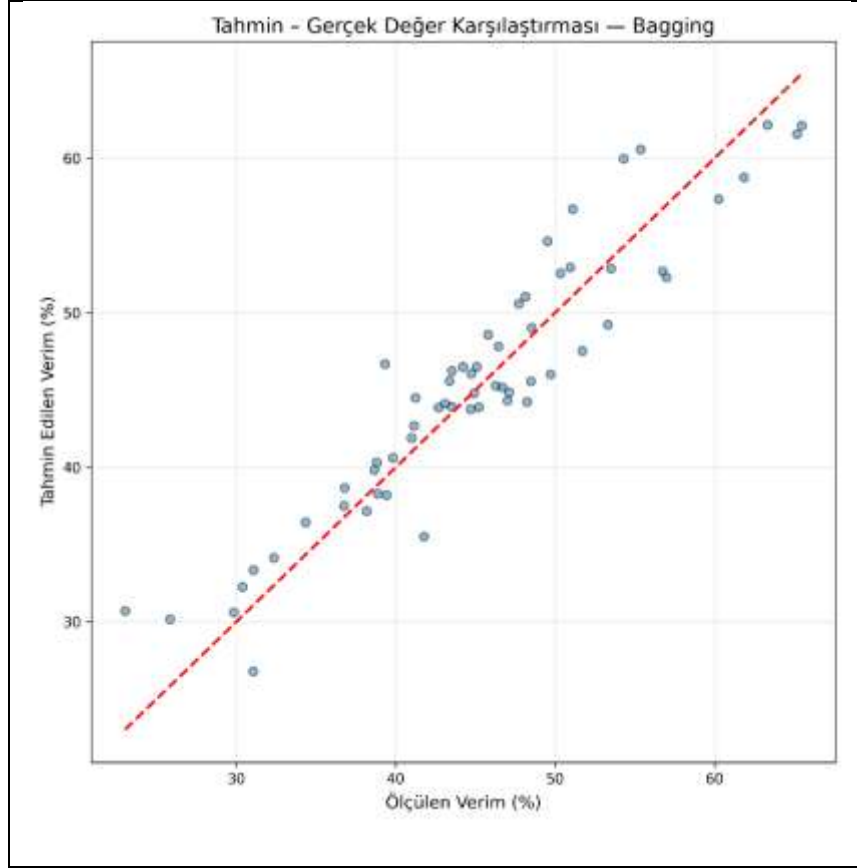
Şekil 5. SGDR modeline ait tahmin-ölçüm karşılaştırması



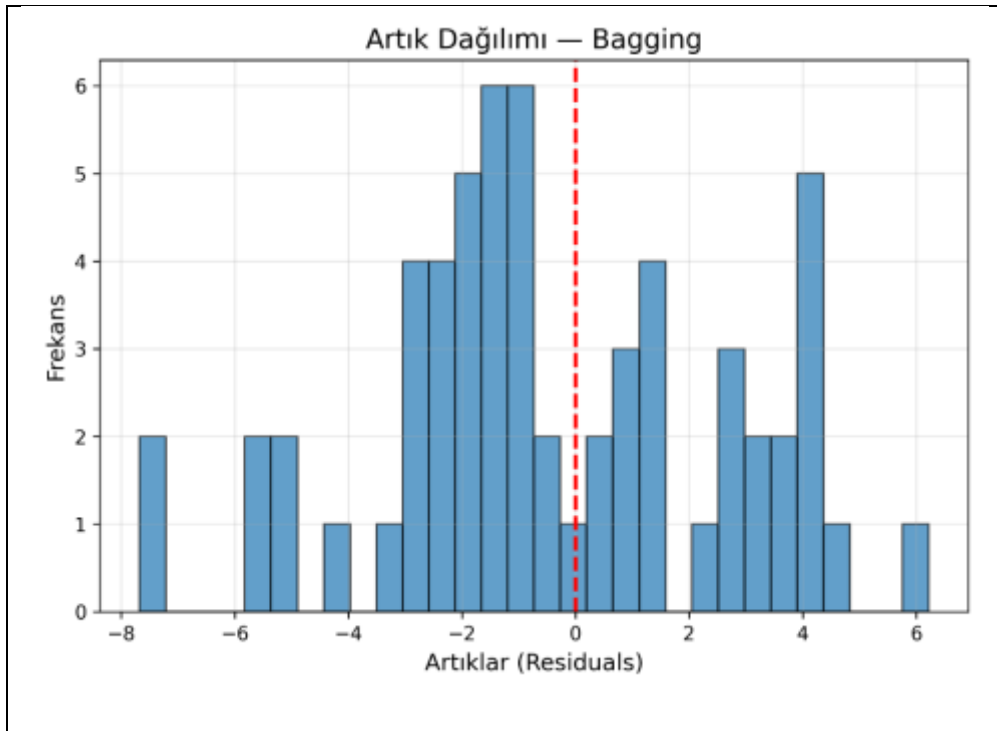
Şekil 6. SGDR modeline ait hata dağılımı

BR modelinde, veri noktalarının ölçüm doğrusu etrafında yoğunlaştığı ve tahminlerin ölçülen değerlere büyük oranda uyum sağladığı görülmüştür (Şekil 7). Bu durum, modelin bootstrap örnekleme yaklaşımı sayesinde veri gürültüsüne karşı kararlı tahminler üretebildiğini

göstermektedir. Artık dağılımında hatalar ± 6 aralığında toplanmış ve sıfır çevresinde simetrik bir yapı sergilemiştir. Bu yapı, BR modelinin önyargısız tahmin yeteneğine sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 8).

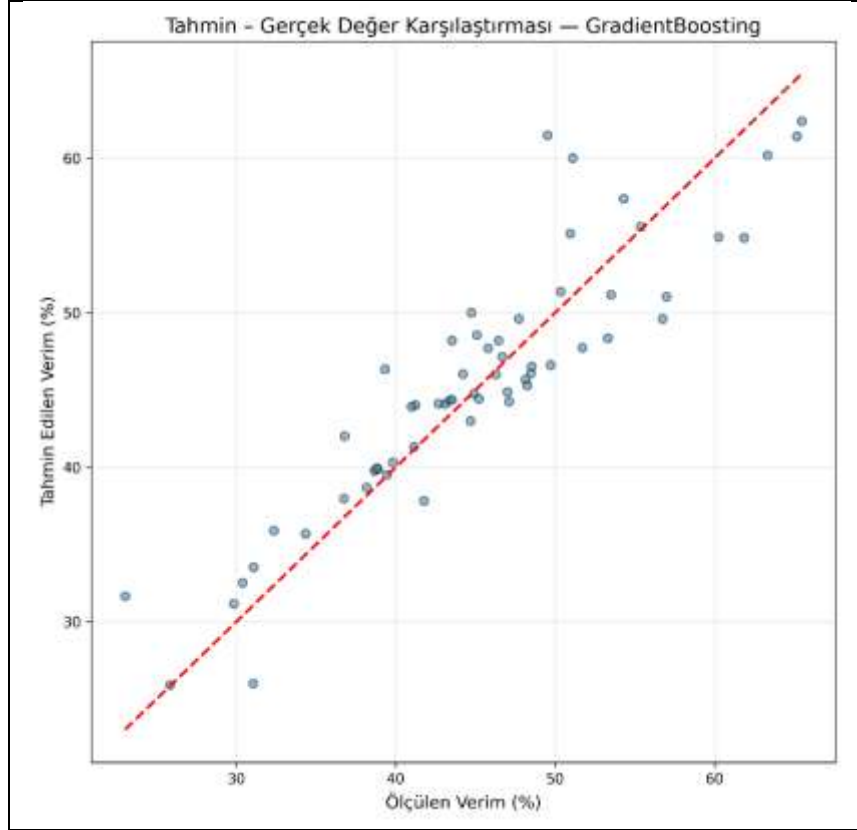


Şekil 7. BR modeline ait tahmin-ölçüm karşılaştırması



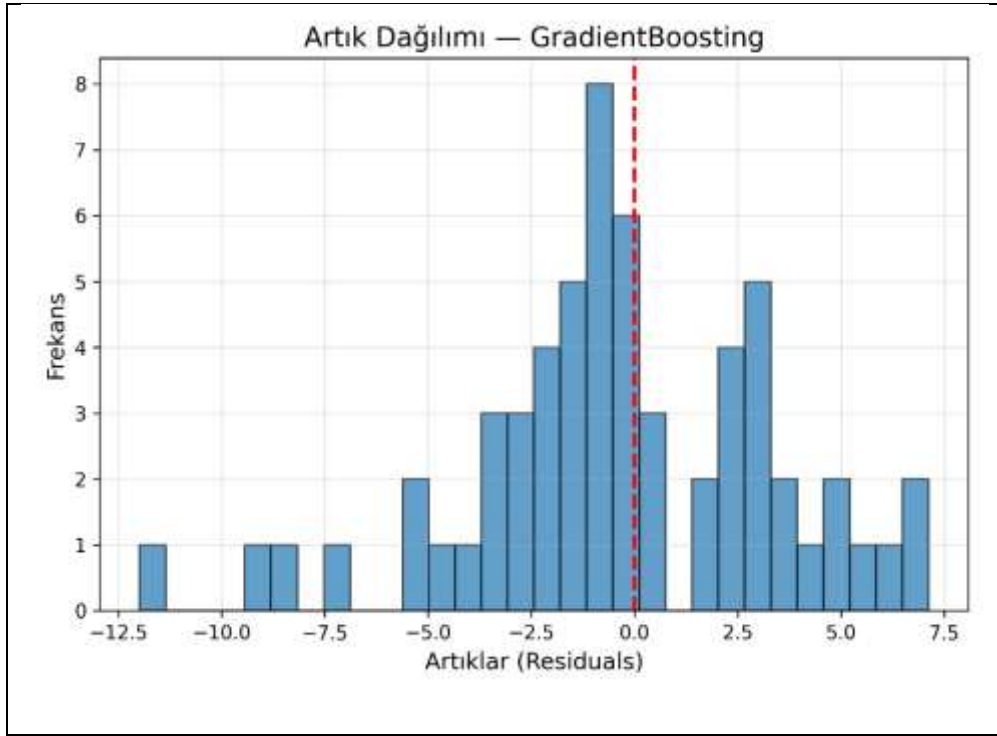
Şekil 8. BR modeline ait hata (residual) dağılımı

GBR modelinde, tahmin edilen ve ölçülen değerler arasında güçlü bir korelasyon gözlenmiştir. Veri noktalarının büyük çoğunluğu $y = x$ doğrusu üzerinde kümelenmiş, sapmalar düşük seviyede kalmıştır (Şekil 9). Hata dağılımı incelendiğinde residual'ların ± 7 aralığında simetrik biçimde dağıldığı ve uç değer sıklığının oldukça az olduğu belirlenmiştir. Bu durum, GBR modelinin tahmin performansının dengeli ve kararlı olduğunu göstermektedir (Şekil 10).

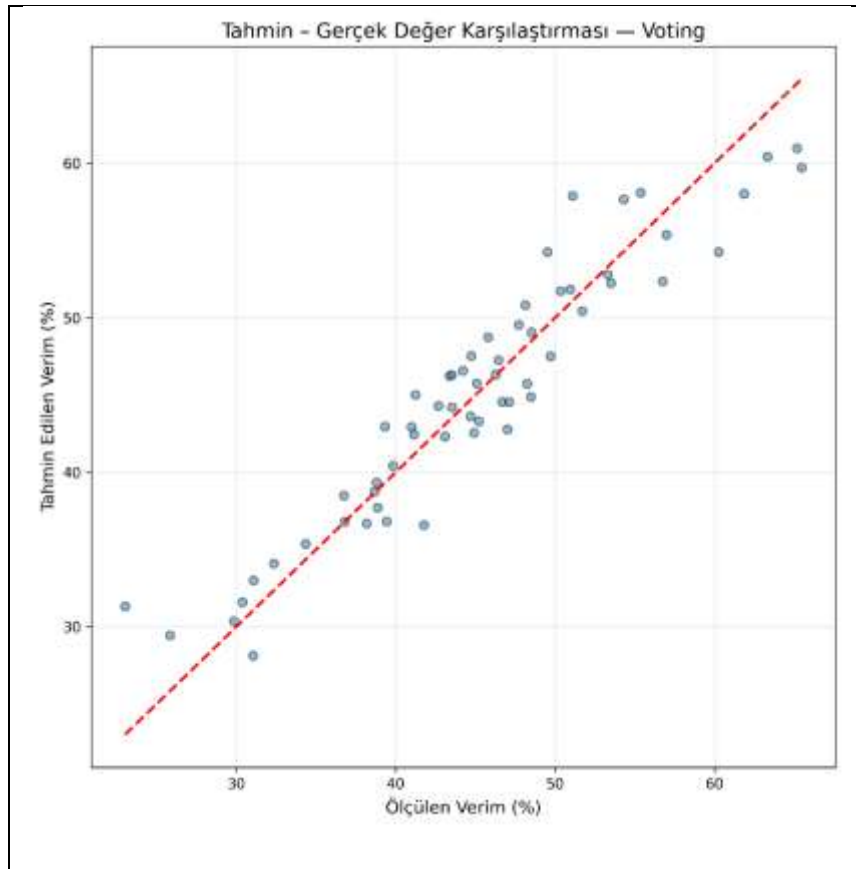


Şekil 9. GBR modeline ait tahmin–ölçüm karşılaştırması

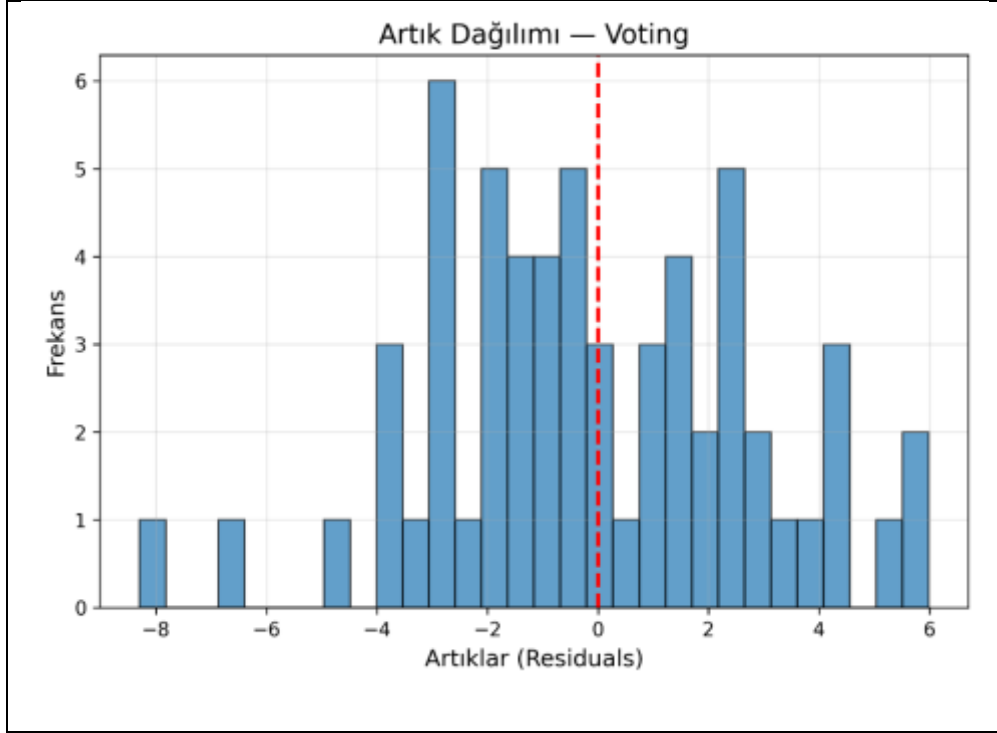
VR modelinde, ölçülen ve tahmin edilen değerlerin büyük ölçüde çakıştığı gözlenmiştir. Veri noktalarının büyük bölümü doğrusal çizgi üzerinde veya yakınında toplanmış, sapmalar minimum düzeye inmiştir (Şekil 11). Artık dağılımında hatalar dar bir aralıkta (yaklaşık ± 5) toplanmış ve sıfır etrafında dengeli bir dağılım sergilemiştir. Bu durum, VR modelinin önyargısız, kararlı ve genellenebilir tahminler ürettiğini göstermektedir (Şekil 12).



Şekil 10. GBR modeline ait hata (residual) dağılımı



Şekil 11. VR modeline ait tahmin-ölçüm karşılaştırması



Şekil 12. VR modeline ait hata (residual) dağılımı

Genel olarak, doğrusal modeller (EN, SGDR) daha geniş hata aralıklarıyla sınırlı tahmin doğruluğu sunarken, topluluk tabanlı modeller (BR, GBR, VR) daha düşük hata ve daha yüksek açıklama gücü sağlamıştır. En yüksek performans, tüm göstergelerde VR modelinde elde edilmiştir.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, pirinç nozullar kullanılarak oluşturulan ikili RHVT sisteminde ekserji verimliliğinin ML yöntemleriyle tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Beş farklı regresyon algoritması (EN, SGDR, BR, GBR, VR) değerlendirilmiş ve modellerin performansları RMSE, MAE, MAPE ve Adjusted R^2 metrikleriyle karşılaştırılmıştır.

Elde edilen sonuçlar, doğrusal regresyon modelleri olan EN ve SGDR'nin, sistemin doğrusal olmayan akış ve enerji davranışlarını temsil etmede yetersiz kaldığını göstermiştir. Her iki modelde de yüksek RMSE ve MAPE değerleri ile geniş hata dağılımları elde edilmiştir. Bu durum, RHVT'nin türbülanslı ve karmaşık akış yapısının doğrusal yaklaşımlar tarafından tam olarak öğrenilememesinden kaynaklanmaktadır.

Topluluk (ensemble) tabanlı modeller olan BR, GBR ve VR ise hem doğruluk hem de genellenebilirlik açısından daha başarılı sonuçlar vermiştir. BR modelinde bootstrap örnekleme yöntemi sayesinde veri varyansının azaltıldığı ve tahminlerin kararlı hale geldiği görülmüştür. GBR modeli, doğrusal olmayan ilişkileri yakalama kapasitesiyle orta ve yüksek ekserji bölgelerinde yüksek doğruluk sağlamıştır.

Çalışmanın en yüksek performansı, tüm metriklerde VR modelinde elde edilmiştir. VR modelinin tahmin hatalarının dar bir aralıkta ve sıfır etrafında simetrik biçimde dağılması, modelin önyargısız ve genellenebilir tahminler ürettiğini ortaya koymuştur. Bu sonuç, literatürde RHVT performans tahmini üzerine yapılan benzer çalışmalarla tutarlıdır.

Doğan et al. (2023) ve Korkmaz et al. (2025), topluluk temelli modellerin doğrusal yaklaşımlara göre daha düşük hata değerleri verdiğini ve model kararlılığının arttığını bildirmiştir. Benzer şekilde Kaya et al. (2021), doğrusal modellerin RHVT sıcaklık ayrımı ve ekserji tahmininde sınırlı doğruluk sunduğunu göstermiştir.

Elde edilen bulgular, RHVT sistemlerinin karmaşık termodinamik davranışlarının, özellikle basınç, akış oranı ve nozul geometrisi gibi parametrelerin etkileşiminin, topluluk tabanlı modellerle daha doğru biçimde temsil edilebildiğini ortaya koymuştur. Bu durum, GBR ve VR gibi yöntemlerin enerji sistemleri optimizasyonunda etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Ayrıca, bu çalışmada kullanılan pirinç nozulların yüksek ısıl iletkenlik özelliği nedeniyle enerji kayıplarını azalttığı ve deneysel verilerde daha kararlı sıcaklık farkları elde edildiği gözlenmiştir. Bu da model eğitiminin daha dengeli verilerle yapılmasını sağlamış ve özellikle VR modelinin başarısına katkıda bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen başlıca sonuçlar aşağıda özetlenmiştir:

- EN ve SGDR modelleri, RHVT sisteminin doğrusal olmayan karakterini temsil etmekte yetersiz kalmış ve diğer modellere kıyasla yüksek hata değerleri ($RMSE > 4.5$, $MAPE > 8\%$) üretmiştir.
- BR ve GBR modelleri, doğrusal olmayan ilişkileri daha iyi yakalayarak düşük hata ve dengeli tahmin performansı göstermiştir.
- VR modeli, tüm performans metriklerinde en yüksek başarıyı elde etmiş; $RMSE = 2.93$, $MAE = 2.38$, $MAPE = 5.51\%$ ve $Adjusted R^2 = 0.872$ değerleriyle öne çıkmıştır.
- Artık analizleri, VR modelinin hatalarının sıfır etrafında simetrik dağıldığını, yani önyargısız tahminler ürettiğini ortaya koymuştur.
- Pirinç nozulların kullanımı, sistemin termal kararlılığını artırarak model eğitiminin doğruluğuna olumlu katkı sağlamıştır.

Bu sonuçlar, topluluk tabanlı makine öğrenmesi yöntemlerinin RHVT sistemlerinde ekserji tahmininde güçlü, güvenilir ve genellenebilir bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Çalışma, enerji sistemlerinin dijital modellemesi ve veri odaklı optimizasyonu açısından uygulanabilir bir referans oluşturmaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, farklı akışkan tiplerinin, nozul geometrilerinin ve basınç koşullarının modele dahil edilmesiyle tahmin doğruluğunun artırılması ve gerçek zamanlı kontrol sistemlerine entegrasyonun mümkün hale gelmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Awan, O. A. A., Sager, R., Petersen, N. H., Wirsum, M., & Juntasaro, E. (2025). Flow phenomena inside the Ranque-Hilsch vortex tube: A state-of-the-art review. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (Vol. 211). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115351>
- Bottou, L. (2010). Large-scale machine learning with stochastic gradient descent. In *COMPSTAT 2010* (pp. 177–186). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-7908-2604-3_16
- Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning*, 24(2), 123–140. <https://doi.org/10.1007/BF00058655>
- Huanbutta, K., Suwanpitak, K., Ponlakorn, P., Sonkongdang, P., Kongklai, I., Luangpraditkun, K., Semangoen, T., & Sangnim, T. (2025). Development and evaluation of drug-loaded niosomes fabricated by flow chemistry: A novel vortex tube reactor approach. *OpenNano*, 23. <https://doi.org/10.1016/j.onano.2025.100243>
- Dincer, K., Avci, A., Baskaya, S., & Berber, A. (2010). Experimental investigation and exergy analysis of the performance of a counter flow Ranque–Hilsch vortex tube with regard to nozzle cross-section areas. *International Journal of Refrigeration*, 33(5), 954–962. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2010.03.009>
- Doğan, A., Korkmaz, M., & Kirmaci, V. (2023). Estimation of Ranque–Hilsch vortex tube performance by machine learning techniques. *International Journal of Refrigeration*, 150, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.01.021>
- Friedman, J. H. (2001). Greedy function approximation: A gradient boosting machine. *Annals of Statistics*, 29(5), 1189–1232. <https://doi.org/10.1214/aos/1013203451>
- James, G., Witten, D., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2021). *An Introduction to Statistical Lagrandeur, J., Croquer, S., Poncet, S., & Sorin, M. (2020). Exergy analysis of the flow process and exergetic optimization of counterflow vortex tubes working with air. International Journal of Heat and Mass Transfer*, 152, 119527. <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2020.119527>
- Learning (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-0716-1418-1>
- Kaya, H., Guler, E., Kirmaci, V., & Buyukpatpat, B. (2021). LINEAR, kNN, SVM, and RF regression applications for temperature separation performance of a Ranque–Hilsch vortex tube using air and O₂. *Heat Transfer Research*, 52(18), 1–13. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2021040087>
- Kaya, H., Günver, F., Uluer, O., & Kirmaci, V. (2018). Experimental study about performance analysis of parallel connected Ranque–Hilsch counter flow vortex tubes with different nozzle numbers and materials. *Journal of Heat Transfer*, 140(11), 112801. <https://doi.org/10.1115/1.4040707>
- Kırmacı, V. (2009). Exergy analysis and performance of A Ranque-Hilsch counter flow vortex tube having various nozzle numbers at different inlet pressures of oxygen and air". *International Journal of Refrigeration*, 32(7), 1626–1633.
- Korkmaz, M., Doğan, A., & Kirmaci, V. (2023). Thermal temperature estimation by machine learning methods of counterflow Ranque–Hilsch vortex tube using different fluids. *Heat Transfer Research*, 54(12), 61–79. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2023046884>
- Korkmaz, M., Doğan, A., & Kirmaci, V. (2025). Performance analysis of a parallel-counterflow vortex tube using machine learning methods. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 150(10), 7901–7919. <https://doi.org/10.1007/s10973-025-14245-1>
- Rafiee, S. E., & Sadeghiazad, M. M. (2014). 3D CFD exergy analysis of the performance of a counter flow vortex tube. *International Journal of Heat and Technology*, 32(1–2), 71–77. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84905369060&partnerID=40>
- Rokach, L. (2010). Ensemble-based classifiers. *Artificial Intelligence Review*, 33(1–2), 1–39. <https://doi.org/10.1007/s10462-009-9124-7>
- Sharma, G., Ghosh, S., & Karmakar, S. (2016). Computational Fluid Dynamic Simulation of Single and Two-Phase Vortex Flow—A Comparison of Flow Field and Energy Separation. *Journal of Heat Transfer-Transactions of The Asme*, 138(082013). <https://doi.org/https://doi.org/10.1115/1.4033388>



- Zhang, B., Guo, Y., Li, N., He, P., & Guo, X. (2023). Experimental study of gas–liquid behavior in three-flow vortex tube with sintered metal porous material as the drain part. *Energy*, 263(PA), 125713. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.125713>
- Zou, H., & Hastie, T. (2005). Regularization and variable selection via the elastic net. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B*, 67(2), 301–320. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2005.00503.x>

MAKİNE ÖĞRENMESİ REGRESYON MODELLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİYLE ALÜMİNYUM NOZULLU İKİLİ VORTEKS TÜPÜ EKSERJİ VERİMLİLİĞİ TAHMİNİ

Murat KORKMAZ

Hacettepe University, Başkent OSB Technical Sciences Vocational School,
Department of Electrical and Energy, 06909 Sincan, Ankara

ORCID: 0000-0002-3721-2854

Ayhan DOĞAN

Hacettepe University, Başkent OSB Technical Sciences Vocational School,
Department of Computer Technologies, 06909 Sincan, Ankara

ORCID: 0000-0002-9872-8889

Volkan KIRMACI

Bartın University, Faculty of Engineering, Architecture and Design 7410 Merkez, Bartın

ORCID: 0000-0001-7076-1911

ÖZET

Bu çalışmada, ikili Ranque–Hilsch Vortex Tüpü (RHVT) sisteminin alüminyum malzemeden imal edilmiş nozullarla ekserji verimliliği çeşitli makine öğrenmesi (ML) modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Deneysel veriler temel alınarak şu beş farklı modelle eğitilmiş ve karşılaştırılmıştır; Lasso, Support Vector Regression (SVR), Decision Tree (DT), Category Boosting (CB) ve Huber Regressor (HB). Modellerin performansı dört temel hata metriği ile değerlendirilmiştir: kök ortalama kare hata (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), düzeltilmiş determinasyon katsayısı (Adjusted R^2) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE). Elde edilen sonuçlara göre, SVR modeli en yüksek doğruluğu göstermiştir (Adjusted $R^2 = 0.9756$, RMSE = 1.74, MAE = 1.22, MAPE = %4.57) ve RHVT ekserji verimliliğini oldukça yüksek güvenilirlikte tahmin etmiştir. HB ve CB modelleri benzer performans göstermiştir; ancak DT modelinde aşırı uyum ve daha yüksek hata değerleri gözlenmiştir (Adjusted $R^2 \approx 0.80$, MAPE $\approx$ %14). Artık (residual) analizleri, en iyi modellerin hatalarının yaklaşık normal dağıldığını, sistematik sapmaların ise düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, makine öğrenmesi tabanlı regresyon yaklaşımlarının, RHVT sistemlerinin ekserji analizlerinde kullanılabilir ve deneysel çalışmaları destekleyici etkili araçlar olduğunu göstermektedir. Özellikle SVR, düşük hata oranları ve istikrarlı tahmin performansı ile mühendislik uygulamalarında öne çıkan bir yöntem olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ranque–Hilsch Vortex tüpü, Ekserji verimliliği, Makine öğrenmesi, Alüminyum nozul

COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING REGRESSION MODELS FOR PREDICTING EXERGY EFFICIENCY IN A DUAL VORTEX TUBE WITH ALUMINUM NOZZLES

ABSTRACT

In this study, the exergy efficiency of a dual Ranque–Hilsch Vortex Tube (RHVT) system equipped with nozzles made of aluminum material was predicted using various machine learning (ML) regression models. Based on experimental data, five different models — Lasso,

Support Vector Regression (SVR), Decision Tree (DT), Category Boosting (CB), and Huber Regressor (HB) — were trained and compared. The performance of the models was evaluated using four primary error metrics: Root Mean Square Error (RMSE), Mean Absolute Error (MAE), Adjusted Coefficient of Determination (Adjusted R^2), and Mean Absolute Percentage Error (MAPE). According to the results, the SVR model demonstrated the highest accuracy ($R^2 = 0.9756$, RMSE = 1.74, MAE = 1.22, MAPE = 4.57%) and achieved highly reliable predictions of RHVT exergy efficiency. The HB and CB models exhibited comparable performance, while the DT model showed signs of overfitting and produced relatively higher error values ($R^2 \approx 0.80$, MAPE $\approx 14\%$). The residual analyses revealed that the errors of the best-performing models were approximately normally distributed, with minimal systematic deviations. These findings indicate that machine learning-based regression approaches can serve as effective and supportive tools for exergy analysis of RHVT systems, complementing experimental studies. In particular, SVR was identified as a prominent method for engineering applications due to its low error rates and stable predictive performance.

Keywords: Ranque–Hilsch vortex tube, Exergy efficiency, Machine learning, Aluminum nozzle

1. GİRİŞ

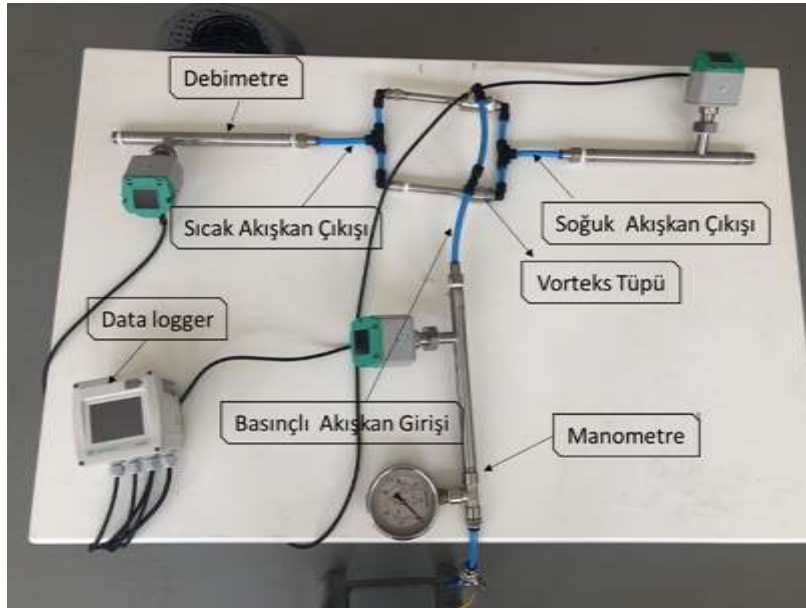
Ranque–Hilsch vorteks tüpleri, basınçlı akışkanlarda enerji ayrıştırma yetenekleri sayesinde soğutma ve ısıtma uygulamalarında hareketli parça gerektirmeyen alternatif sistemler olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu sistemlerde oluşan karmaşık akış yapıları ve yüksek tersinmezlikler, performansın geleneksel enerji analizleriyle tam olarak değerlendirilmesini güçleştirmektedir. Bu nedenle, vorteks tüplerinin ikinci yasa temelli incelenmesi, sistem verimliliğinin daha doğru ve gerçekçi biçimde ortaya konması açısından önem taşımaktadır. Bagre ve arkadaşları (2023) yaptıkları çalışmada, vorteks tüplerinde malzeme seçiminin performans üzerindeki etkisini deneysel olarak inceleyerek bu alandaki güncel literatürü değerlendirmiştir. Aynı geometrik özelliklere sahip, farklı malzemelerden üretilmiş vorteks tüpü ve nozul yapıları kullanılarak gerçekleştirilen karşılaştırmalar, termofiziksel özelliklerin enerji ayrışması üzerinde belirleyici rol oynadığını ortaya koymuştur. Elde edilen bulgular, alüminyum vorteks tüpünün 5 bar giriş basıncında en yüksek sıcaklık ayrışmasını sağladığını ve özellikle yüksek soğuk kütle oranlarında sıcak çıkış bölgesinde belirgin ekserji yıkımlarının meydana geldiğini göstermektedir (Bagre et al., 2023). Attalla ve arkadaşları (2017) yaptıkları çalışmada, karşıt akışlı vorteks tüplerinde nozul sayısı ile giriş basıncının soğutma performansı ve enerji ayrışması üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. Farklı nozul konfigürasyonlarının karşılaştırılması sonucunda, üç nozullu tasarımın en etkin yapı olduğu belirlenmiş ve geliştirilen istatistiksel olarak doğrulanmış korelasyonlar tasarım

sürecine yönelik güvenilir öngörüler sunmuştur. Deneysel bulgular ile analitik modeller arasındaki yüksek uyum, vorteks tüplerinin performans tahmin doğruluğunu artırarak ileri düzey optimizasyon çalışmalarına sağlam bir temel oluşturmuştur (Attalla et al., 2017). Heo ve arkadaşları (2025) yaptıkları çalışmada, vorteks tüplerinin performans tahmininde kara-kutu modellere alternatif olarak genellenebilir ve fiziksel olarak yorumlanabilir bir beyaz-kutu yaklaşımı önermiştir. Sembolik regresyonun boyutsuz parametrelerle bütünleştirilmesi ve aşırı uyumu azaltmaya yönelik özgün değişken seçimi sayesinde geliştirilen modelin, deneysel verilerle doğrulanarak vorteks tüplerinin tasarım ve optimizasyonu için güvenilir bir öngörü aracı sunduğu gösterilmiştir (Heo et al., 2025). Ji ve arkadaşları (2025) yaptıkları çalışmada, boğma basınç kayıplarını dikkate alan ve aynı anda soğutma, ısıtma ile elektrik üretimi gerçekleştirebilen vorteks tüpü-ısı pompası entegreli yenilikçi bir trigenerasyonlu CAES sistemi önermiştir. Duyarlılık, ekserji ve ekonomik analizlerin birlikte değerlendirilmesi, sistemin geleneksel CAES yapılarıyla rekabet edebilecek verim ve maliyet performansı sunduğunu; vorteks tüpü kaynaklı ekserji kayıpları ile kompresör-türbin yatırım maliyetlerinin tasarım ve optimizasyonda belirleyici olduğunu ortaya koymuştur (Ji et al., 2025). Zangana ve Barwari (2020) yaptıkları çalışmada, yakınsak-ıraksak geometri ile Ranque-Hilsch vorteks tüpünün performansını belirlemek amacıyla CFD ve deneysel analizleri birlikte kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, yakınsak-ıraksak RHVT tasarımının klasik RHVT'ye kıyasla daha yüksek sıcaklık ayrımı sağladığını ve soğuk çıkış sıcaklık farkı (ΔT_c) için sayısal ve deneysel bulgular arasında kabul edilebilir bir uyum bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca, boğaz çapının 2,5 mm olarak seçilmesinin uygun olduğu, minimum sıcaklığın soğuk çıkıştan önce oluştuğu ve akış soğuk uca ulaşmadan önce toplam basıncın en düşük seviyeye indiği belirlenmiştir (Zangana & Barwari, 2020). Oberti ve arkadaşları (2020) yaptıkları çalışmada, alt kritik CO₂ ile çalışan bir vorteks tüpü için farklı türbülans modellerini karşılaştırmış ve iç akış özelliklerinin daha doğru belirlenmesi amacıyla Span-Wagner durum denklemini kullanmıştır. Elde edilen sonuçlar, çıkış sıcaklıklarının tahmininde k- ω SST modelinin, standart k- ϵ ve SAS-SST yaklaşımlarına kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığını ortaya koymuştur (Oberti et al., 2023).

Bu çalışmada, alüminyum nozullara sahip ikili Ranque-Hilsch vorteks tüpü sisteminin ekserji verimliliği, farklı makine öğrenmesi tabanlı regresyon modelleri kullanılarak tahmin edilmiştir. Deneysel verilerle eğitilen modellerin tahmin yetenekleri, çeşitli hata metrikleri aracılığıyla karşılaştırılmış ve algoritmaların doğruluk ile kararlılık düzeyleri değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, özellikle SVR yönteminin RHVT sistemlerinin ekserji analizlerinde güvenilir ve yüksek doğruluklu bir öngörü aracı sunduğunu göstermektedir.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, alüminyum malzemeden imal edilmiş nozullara sahip ikili RHVT sistemi kullanılarak deneysel veriler elde edilmiştir (Şekil 1). Deney düzeneği, farklı nozul (Şekil 2) geometrilerinin sistem performansı üzerindeki etkilerini incelemeye olanak tanıyacak şekilde tasarlanmış olup, her bir nozul konfigürasyonu için ölçümler 150–700 kPa giriş basınç aralığında, 50 kPa’lık artışlarla gerçekleştirilmiştir. Böylece, her nozul için geniş bir çalışma aralığını kapsayan düzenli ve karşılaştırılabilir bir deney veri seti oluşturulmuştur. Deneyler sırasında giriş ve çıkış basınçları, yüksek hassasiyetli PAKKENS marka manometre kullanılarak izlenmiş; sıcaklık ölçümleri ± 1 °C duyarlılığa sahip dijital sıcaklık sensörleri ile gerçekleştirilmiştir. Akışkanın kütsel debisi, laboratuvar tipi bir debimetre yardımıyla ölçülmüş ve ölçüm güvenilirliğini artırmak amacıyla her bir deney noktası üç kez tekrarlanmıştır. Elde edilen basınç, sıcaklık ve debi verileri, ekserji girişi, ekserji çıkışı, ekserji kaybı ve ikinci yasa verimliliğinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Termodinamik özelliklerin belirlenmesinde CoolPack yazılımı kullanılmış olup, tüm hesaplamalar ideal gaz varsayımı altında gerçekleştirilmiştir. Deneysel ölçümlerden elde edilen veri seti, makine öğrenmesi tabanlı regresyon modellerinin eğitimi ve test edilmesinde kullanılarak, RHVT sisteminin ekserji verimliliğinin tahmin edilmesine yönelik kapsamlı bir analiz yürütülmüştür. Böylece, deneysel bulgular ile veri odaklı yaklaşımlar bütünleştirilerek sistem performansının öngörülmesine yönelik güvenilir bir metodolojik çerçeve oluşturulmuştur.



Şekil 1. Paralel bağlı RHVT deney seti

Şekil 2. Deney setinde kullanılan alüminyum nozullar



Bu çalışma, alüminyum nozullu ikili RHVT sisteminin ekserji verimliliğini farklı ML regresyon modelleriyle tahmin etmeyi amaçlamaktadır. RHVT sistemleri, sıkıştırılmış havanın potansiyel enerjisini sıcaklık farkına dönüştüren, hareketli parça içermeyen, enerji geri kazanımında kullanılan çevre dostu cihazlardır (Eiamsa-ard & Promvong, 2008).

Sistemde kullanılan nozullar alüminyumdan imal edilmiştir. Alüminyumun yüksek ısı iletkenliği, düşük yoğunluğu ve yüzey pürüzsüzlüğü, akış karakteristiğini iyileştirerek sistemin kararlı çalışmasına katkı sağlamaktadır. RHVT sistemlerinin performansının ML yöntemleriyle modellenmesine yönelik son dönem çalışmalarda (Doğan ve ark., 2023; Korkmaz ve ark., 2025), veri odaklı yaklaşımların RHVT performanslarının tahmininde etkili olduğu rapor edilmiştir. Deneyler farklı giriş basınçlarında (200–500 kPa) gerçekleştirilmiş, sıcak ve soğuk çıkış akımlarına ait sıcaklık, basınç ve debi değerleri kaydedilmiştir. Elde edilen ölçümlerden faydalanılarak sistemin ekserji verimliliği hesaplanmıştır. Deneysel düzenek, literatürde RHVT karakterizasyonu için önerilen genel deneysel standartlar göz önüne alınarak tasarlanmıştır (Korkmaz ve ark., 2025).

Tüm modellerin eğitim ve değerlendirme aşamalarında K-fold çapraz doğrulama ($K = 10$) yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemde veri kümesi on eşit alt kümeye ayrılmış, her bir model dokuz alt küme ile eğitilip kalan bir küme üzerinde test edilmiştir. Böylece tüm veriler hem eğitim hem de test sürecinde farklı kombinasyonlarda yer almış, modelin genelleme kabiliyeti daha güvenilir biçimde değerlendirilmiştir. Model performanslarının karşılaştırılmasında RMSE, MAE, MAPE ve R^2 metrikleri kullanılmıştır (Chai & Draxler, 2014; Willmott & Matsuura, 2005). K-fold yaklaşımı sayesinde, tek bir eğitim–test ayırımına bağlı kalmadan her modelin ortalama hata performansı ve varyansı hesaplanmıştır. Modelleme süreci kapsamında, deneysel veriler kontrol edilerek uygun formatta analiz için hazırlanmıştır. Modeller, çapraz doğrulama döngüsünün her bir adımında optimum parametrelerle yeniden eğitilmiş, elde edilen hata metriklerinin ortalama değerleri nihai performans karşılaştırmasında kullanılmıştır. Ayrıca artık (residual) dağılımları incelenmiş; SVR, HB ve CB modellerinde hataların yaklaşık normal dağılım gösterdiği belirlenmiştir.

2.1. Huber regressor

HB, klasik doğrusal regresyon modellerine göre aykırı değerlere karşı daha dayanıklı bir yaklaşımdır. Huber kaybı fonksiyonu, küçük hatalarda kare kaybı, büyük hatalarda ise mutlak kayıp davranışı gösterir (Huber, 1964). Bu özellik, hem kararlılık hem de esneklik kazandırır. HB, özellikle deneysel ölçüm hatalarının veya sensör kaynaklı gürültülerin baskın olduğu veri setlerinde güvenilir tahminler elde edilmesini sağlar (Rousseeuw & Leroy, 2005). Bu nedenle, RHVT deneylerinde HB modelinin tercih edilmesi, hataların aşırı etkisini azaltarak dengeli bir performans sağlamaktadır.

2.2. Lasso regressor

Lasso, regresyon katsayılarına L1 düzenleme (regularization) terimi ekleyerek gereksiz değişkenleri ortadan kaldırır ve modelin genelleme yeteneğini artırır (Tibshirani, 1996). Bu yöntem, çok değişkenli mühendislik problemlerinde özellikle değişken seçimi gerektiren durumlarda öne çıkar. Lasso'nun önemli avantajı, modelde yalnızca sistem davranışını açıklayan en etkili değişkenleri bırakmasıdır (Friedman, Hastie & Tibshirani, 2010). Bu özelliği sayesinde RHVT'deki basınç, sıcaklık ve debi ilişkilerinin göreceli önemini belirlemede başarılı bir araç olarak kullanılmıştır. Korkmaz ve ark. (2023) tarafından yapılan çalışmada da Lasso, RHVT'de sıcaklık farkı tahmininde etkili bir yöntem olarak rapor edilmiştir.

2.3. Support vector regression

SVR, doğrusal olmayan ve yüksek boyutlu veri uzaylarında güçlü genelleme performansı sunan bir regresyon yöntemidir (Smola & Schölkopf, 2004; Drucker et al., 1997). Bu algoritma, destek vektörleri aracılığıyla veriyi bir çekirdek (kernel) fonksiyonu yardımıyla dönüştürür ve hata toleransı (ϵ -insensitive loss) çerçevesinde optimum hiperdüzlemi belirler. Böylece yalnızca belirli eşik değerini aşan hatalar minimize edilir. SVR, özellikle sınırlı veri içeren mühendislik sistemlerinde, yüksek doğrulukla tahmin yapabilen bir yöntemdir. Doğan ve ark. (2023), RHVT sıcaklık tahmininde SVR'nin diğer regresyon yöntemlerine göre daha düşük hata oranları sunduğunu bildirmiştir. Bu çalışma kapsamında da SVR modeli, yüksek genelleme başarısı ve düşük hata metrikleriyle en etkili yöntemlerden biri olmuştur.

2.4. Category boosting

CB, gradient boosting algoritmasının gelişmiş bir türevidir ve sayısal ile kategorik değişkenleri aynı anda işleyebilme kapasitesine sahiptir (Prokhorenkova et al., 2018). CB, her adımda model hatalarını minimize etmek için yeni ağaçlar oluşturur ve bunları optimum biçimde birleştirir. Simetrik ağaç yapısı ve ordered boosting yaklaşımı, aşırı öğrenme eğilimini azaltırken küçük veri setlerinde kararlı sonuçlar sağlar (Dorogush, Ershov & Gulin, 2018). RHVT gibi sınırlı deneysel veriye sahip sistemlerde, CB'nin kararlılığı ve gürültüye dayanıklılığı onu rekabetçi bir seçenek haline getirmiştir.

2.5. Decision tree

DT, veriyi ardışık koşullara göre bölerek dallar ve yapraklar aracılığıyla karar kuralları oluşturur (Quinlan, 1993; Breiman et al., 1984). Modelin yapısı sezgiseldir ve değişkenlerin etkisi görsel olarak takip edilebilir. Ancak küçük veri setlerinde aşırı uyum eğilimi gösterebilir. Bu çalışmada DT, RHVT sistemine ait verilerde hızlı ancak göreceli olarak daha düşük genelleme başarısı göstermiştir.

2.5. Ekserji analizi

Ekserji analizi, bir enerji sisteminde meydana gelen tersinmezlikleri dikkate alarak kullanılabilir enerji potansiyelinin belirlenmesini ve sistem performansının ikinci yasa temelli olarak değerlendirilmesini sağlayan temel bir yöntemdir. Ranque–Hilsch vorteks tüplerinde türbülanslı akış yapıları, viskoz sürtünme, karışma etkileri ve ısı transferi gibi mekanizmalar, entropi üretimini artırarak sistemin faydalı enerjiye dönüşüm kapasitesini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle, vorteks tüplerinin gerçek performansının ortaya konmasında ekserji temelli analizler vazgeçilmez bir değerlendirme aracı sunmaktadır. Bu çalışmada, RHVT sistemi için ekserji hesaplamaları kontrol hacmi yaklaşımı esas alınarak ve sürekli akış koşulları altında gerçekleştirilmiştir (Kırmacı, 2009). Giriş ile sıcak ve soğuk çıkış akımlarına ait basınç, sıcaklık ve kütsel debi değerleri kullanılarak, ideal gaz varsayımı çerçevesinde her bir akım için spesifik ekserji bileşenleri hesaplanmıştır. Hesaplanan entropi üretimi üzerinden sistemdeki tersinmezlikleri temsil eden ekserji kaybı ve ikinci yasa verimliliği belirlenmiştir. Bu kapsamda elde edilen ekserji büyüklükleri, farklı nozul konfigürasyonları ve çalışma basınçları için karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiş ve geometrik tasarımın sistem içi tersinmezlikler üzerindeki etkisi nicel olarak ortaya konmuştur. Böylece, deneysel verilerden elde edilen ekserji temelli göstergeler, makine öğrenmesi tabanlı modellerin eğitimi ve doğrulanması için güvenilir bir veri altyapısı sağlamıştır. Sonuç olarak, ekserji analizi RHVT sistemlerinin termodinamik davranışının hem deneysel hem de veri odaklı yaklaşımlar çerçevesinde bütüncül olarak değerlendirilmesine olanak tanımaktadır.

$$i = e_i - e_o$$

(1)

$$e_i = (h_i - h_a) - T_a(s_i - s_a)$$

(2)

$$e_o = \mu_c e_c + (1 + \mu_c) e_h \quad (3)$$

$$e_c = (h_c - h_a) - T_a(s_c - s_a) \quad (4)$$

$$e_h = (h_h - h_a) - T_a(s_h - s_a)$$

(5)

$$\varepsilon = \frac{e_o}{e_i}$$

(6)

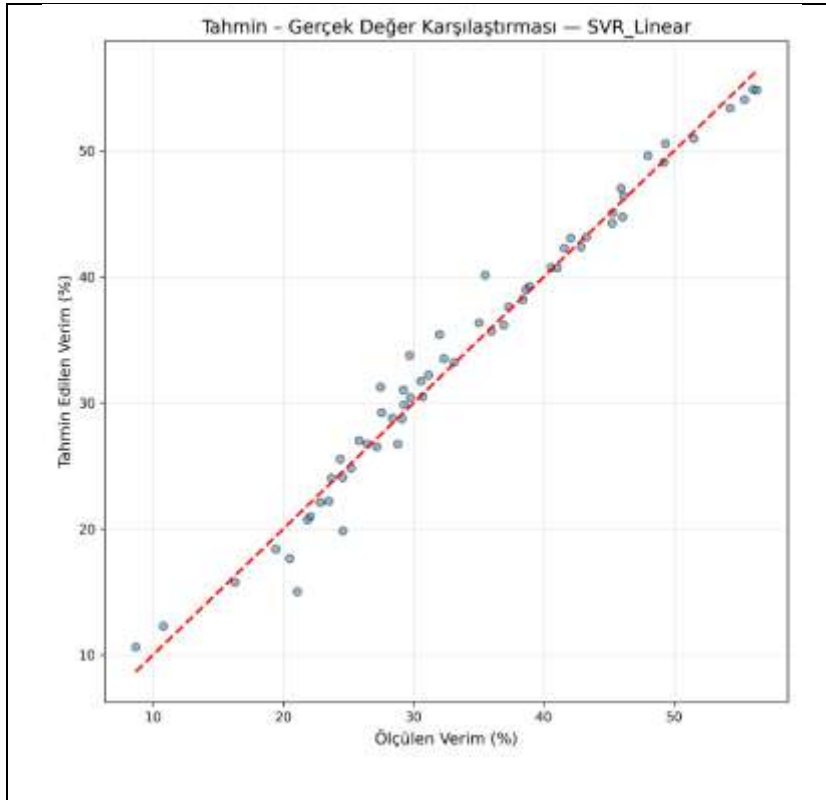
3. BULGULAR

Bu bölümde, RHVT sisteminin ekserji verimliliğini tahmin etmek amacıyla oluşturulan ML modellerine ait sonuçlar sunulmuştur. Tüm modellerin performansı, 10 katlı çapraz doğrulama yöntemi ile değerlendirilmiş ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. ML modellerinin performans metrikleri (10-fold çapraz doğrulama ortalamaları)

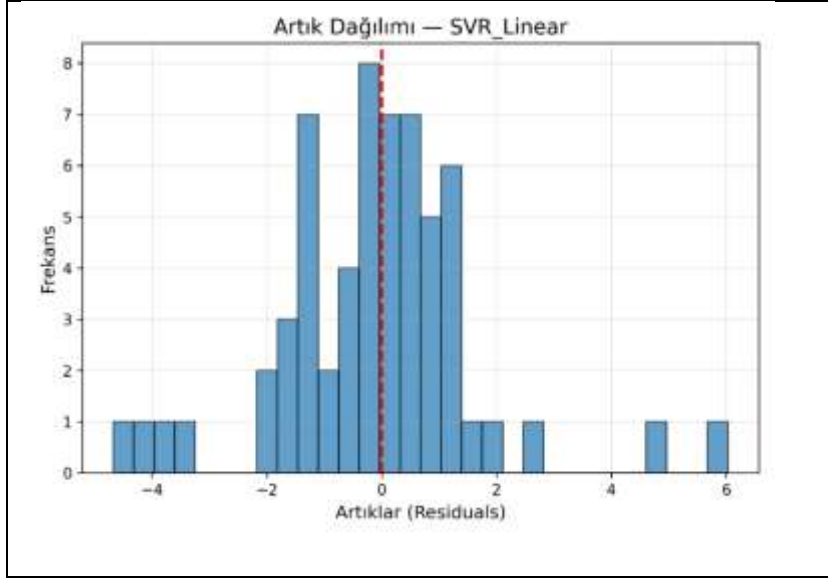
Model	R ²	RMSE	MAE	MAPE (%)
SVR	0.9756	1.74	1.22	4.57
HB	0.9618	1.96	1.35	5.21
CB	0.9587	2.04	1.41	5.68
Lasso	0.9243	2.43	1.71	7.12
DT	0.8025	3.56	2.87	13.94

SVR modeli, RHVT sisteminin ekserji verimliliğini tahmin etmede en yüksek doğruluğu sağlamıştır. Tahmin değerleri, gerçek verilerle güçlü bir korelasyon göstermekte ve veri noktaları referans doğrusu etrafında sıkı bir şekilde kümelenmektedir. Bu sonuç, modelin sistemdeki doğrusal ilişkiyi etkin biçimde yakaladığını ve ölçüm varyansına karşı dayanıklı olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. SVR modeline ait tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması.

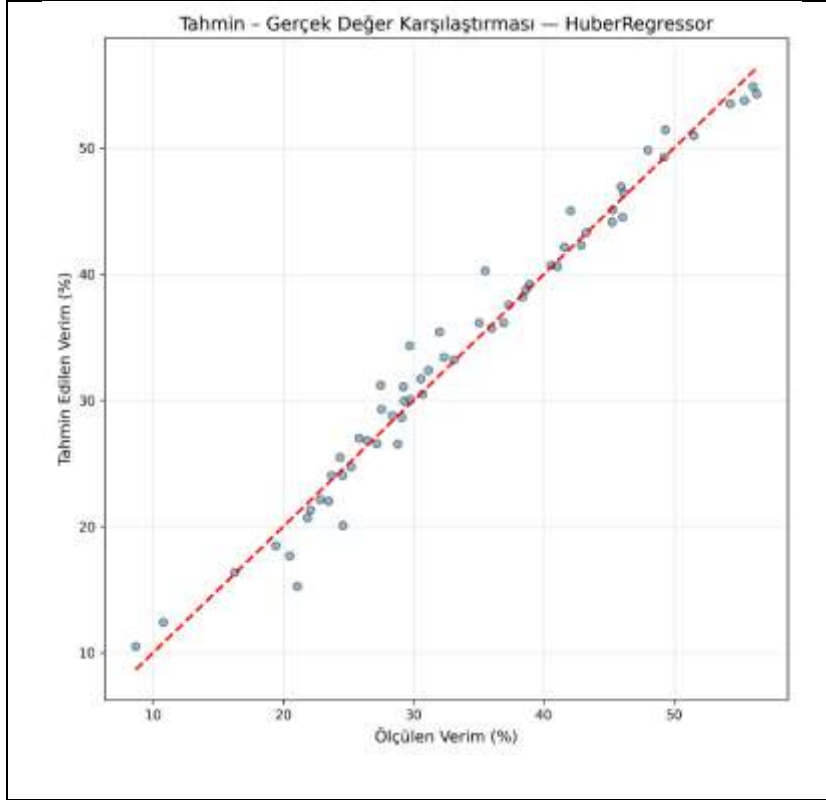
SVR modelinin artık (residual) dağılımı incelendiğinde, hataların sıfır etrafında simetrik dağıldığı görülmektedir. Ortalama hatanın sıfıra yakın olması, modelin önyargısız tahmin eğilimi gösterdiğini ortaya koymaktadır. Hataların normal dağılıma yakın olması, modelin genelleme başarısının güçlü olduğunu desteklemektedir (Şekil 4).



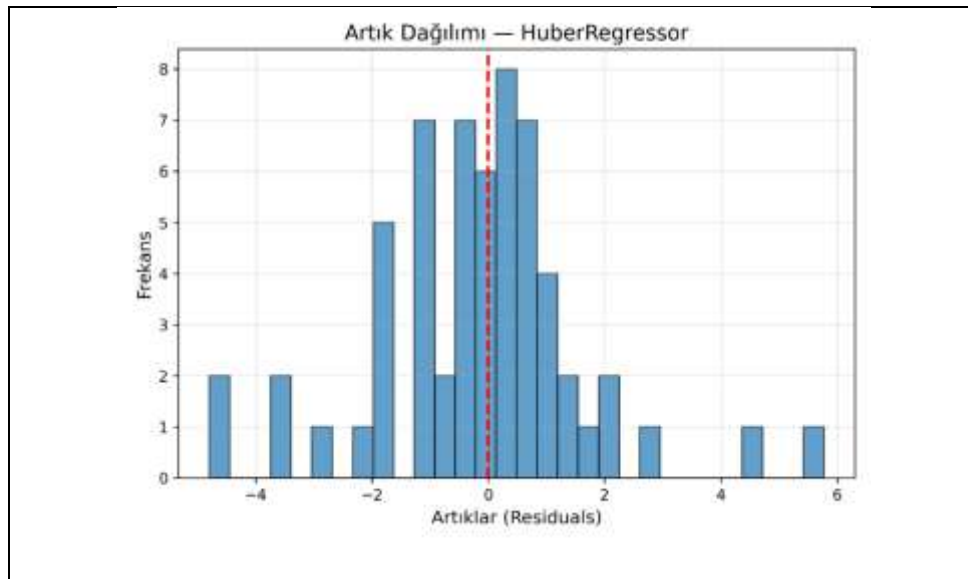
Şekil 4. SVR modeline ait artık (residual) dağılımı.

HB modeli, özellikle uç değerlerin bulunduğu veri setlerinde kararlı sonuçlar sunmuştur. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki dağılım genel olarak referans çizgisine yakındır ve modelin yüksek doğrulukla tahmin ürettiği görülmektedir. HB, ölçüm kaynaklı gürültülere karşı dayanıklılığını koruyarak dengeli bir performans göstermiştir (Şekil 5).

HB modelinin residual dağılımında hataların büyük kısmı sıfır etrafında yoğunlaşmıştır. Pozitif ve negatif sapmaların dengeli olması, modelin önyargısız ve kararlı tahmin eğilimine sahip olduğunu göstermektedir. Ayrıca residual varyansının düşük olması, modelin aşırı öğrenme eğiliminden uzak olduğunu işaret etmektedir (Şekil 6).

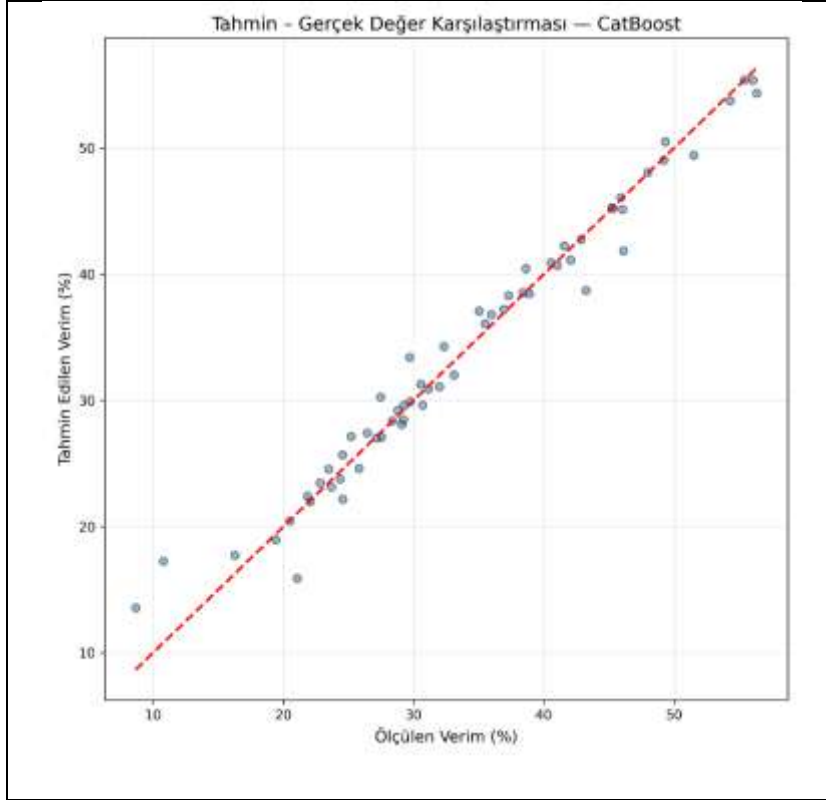


Şekil 5. HB modeline ait tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması.



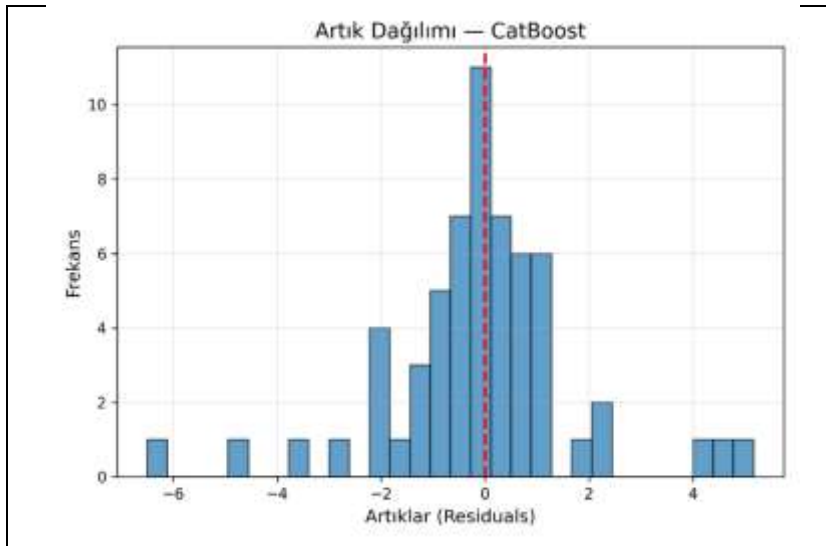
Şekil 6. HB modeline ait artık (residual) dağılımı.

CB modeli, tahmin gücü bakımından HB ile benzer performans sergilemiştir. Gerçek ve tahmin değerleri yüksek korelasyon göstermekte ve veri noktaları genel eğilim çizgisine yakın konumlanmaktadır. CB modeli, özellikle orta verimlilik aralıklarında istikrarlı tahminler üretmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. CB modeline ait tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması.

CB modeline ait residual dağılımında hataların simetrik ve dar bir aralıkta dağıldığı gözlenmiştir. Hataların düşük varyanslı olması, CB modelinin küçük veri setlerinde kararlı ve aşırı öğrenmeden uzak bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Şekil 8).

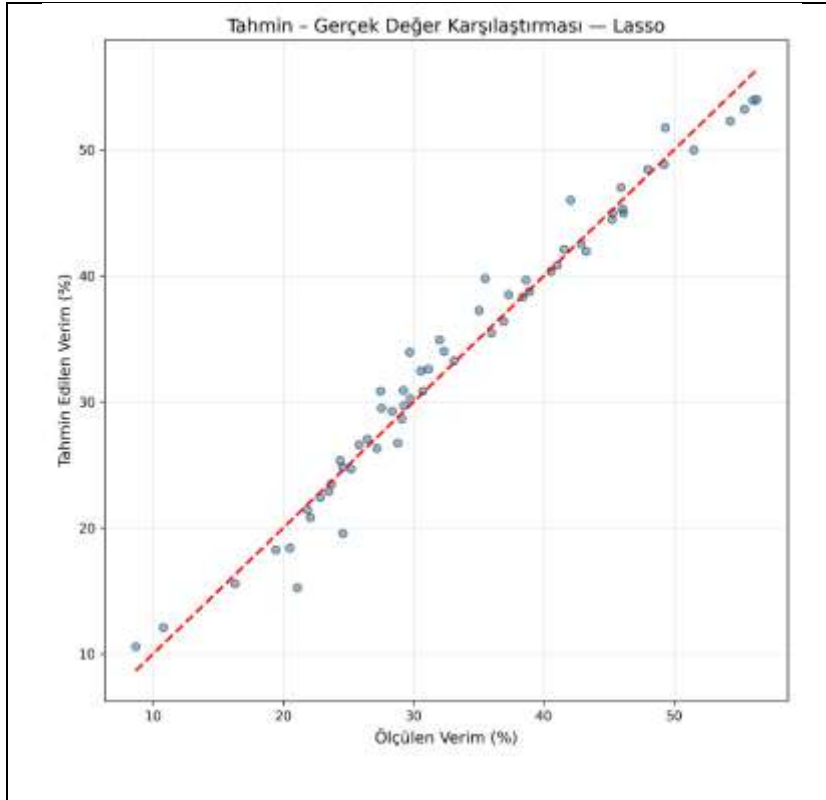


Şekil 8. CB modeline ait artık (residual) dağılımı.

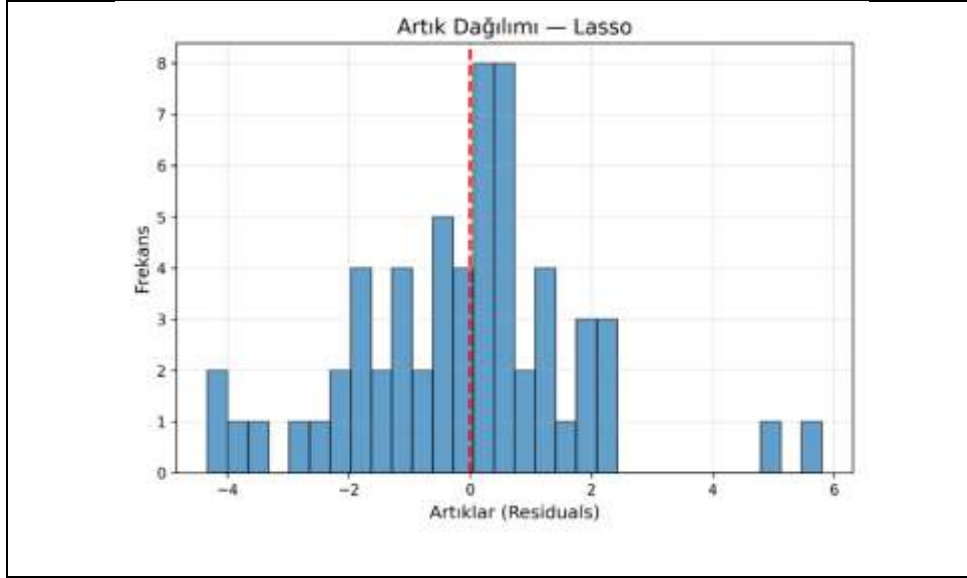
Lasso modeli, değişken önceliklendirme açısından etkili olmuş ancak tahmin doğruluğu bakımından diğer modellere kıyasla daha düşük performans göstermiştir. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki ilişki genel eğilimi yakalamakla birlikte, özellikle düşük verimlilik aralıklarında sistematik sapmalar gözlenmiştir (Şekil 9).

Lasso modelinin residual dağılımı, hataların sıfır etrafında asimetric biçimde dağıldığını göstermektedir. Pozitif hataların yoğunlaşması, modelin belirli aralıklarda sistematik önyargı eğilimi taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu durum, Lasso'nun doğrusal yaklaşımlarındaki sınırlılıklardan kaynaklanmaktadır (Şekil 10).

DT modeli, veri setini dallar aracılığıyla sınıflandırarak tahmin üretmiş ancak genelleme başarısı diğer modellere göre zayıf kalmıştır. Gerçek ve tahmin değerleri arasındaki fark, özellikle yüksek ekserji verimliliklerinde artmıştır. Bu durum, DT'nin küçük veri setlerinde aşırı uyum eğilimi gösterdiğini düşündürmektedir (Şekil 11).

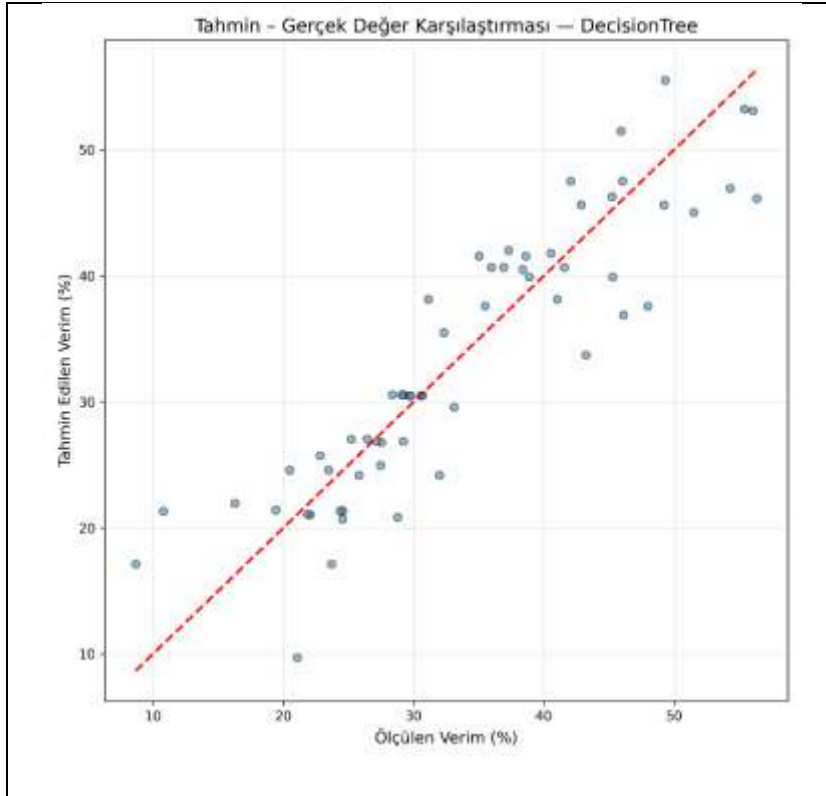


Şekil 9. Lasso modeline ait tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması.

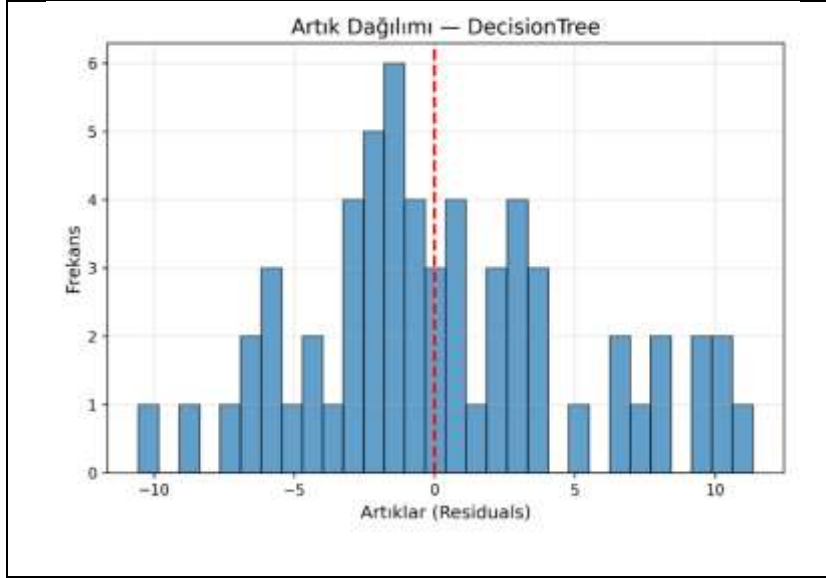


Şekil 10. Lasso modeline ait artık (residual) dağılımı.

DT modeline ait residual dağılımında hataların geniş aralıklara yayıldığı ve pozitif sapmaların baskın olduğu görülmüştür. Bu durum, modelin yüksek verimlilik değerlerini aşırı tahmin etme eğiliminde olduğunu göstermektedir (Şekil 12).



Şekil 11. DT modeline ait tahmin ve gerçek değerlerin karşılaştırılması.



Şekil 12. DT modeline ait artık (residual) dağılımı.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışma, alüminyum nozullu ikili RHVT sisteminin ekserji verimliliğini farklı ML algoritmaları kullanarak tahmin etmeye yönelik kapsamlı bir yaklaşım sunmaktadır. Bulgular, veri odaklı modelleme yöntemlerinin RHVT performansının öngörülmesinde klasik termodinamik analizlere kıyasla daha yüksek doğruluk ve esneklik sunduğunu ortaya koymuştur. Özellikle SVR modeli, en yüksek R^2 değerini (0.9756) ve en düşük hata metriklerini (RMSE = 1.74, MAE = 1.22, MAPE = %4.57) elde etmiştir. Bu sonuç, SVR'nin RHVT sistemlerindeki karmaşık akış ilişkilerini doğru biçimde temsil edebildiğini göstermektedir. Benzer biçimde, Doğan ve ark. (2023) RHVT sistemlerinin sıcaklık tahmininde SVR'nin diğer doğrusal regresyon yöntemlerine göre daha düşük hata oranı sunduğunu rapor etmiştir.

HB modeli, aykırı değerlere karşı gösterdiği dayanıklılıkla dengeli ve kararlı tahminler üretmiştir. Hataların sıfır etrafında simetrik dağılım göstermesi, modelin önyargısız tahmin eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bulgu, ölçüm kaynaklı gürültülerin baskın olduğu mühendislik sistemlerinde Huber temelli yöntemlerin kararlılığını vurgulayan çalışmalarla uyumludur (Rousseeuw & Leroy, 2005; Liu et al., 2026). HB'nin başarısı, RHVT gibi deneysel doğruluk gerektiren sistemlerde ölçüm belirsizliğini minimize edebilme kabiliyetiyle ilişkilidir.

CB modeli, HB'ye yakın doğrulukta sonuçlar üretmiş ve özellikle orta düzeydeki ekserji verimliliklerinde stabil davranış sergilemiştir. Bu durum, boosting tabanlı yaklaşımların küçük veri setlerinde yüksek genelleme başarısı gösterdiğine ilişkin literatür bulgularıyla örtüşmektedir (Prokhorenkova et al., 2018; Dorogush et al., 2018). CB modelinin residual analizinde hataların simetrik ve düşük varyanslı olması, modelin aşırı öğrenme eğiliminden

uzak kaldığını göstermektedir. Benzer şekilde, Korkmaz ve ark. (2025) RHVT sistemlerinde gradient boosting yöntemlerinin dengeli hata yapısı nedeniyle tercih edilebilir olduğunu bildirmiştir.

Lasso modeli, değişken seçimi açısından etkili olmuş ancak doğruluk bakımından diğer modellere göre sınırlı kalmıştır. Bu durum, RHVT sisteminin yüksek dereceli doğrusal olmayan etkileşimler içermesiyle ilişkilidir. Lasso'nun düzenleme etkisi, modelin yorumlanabilirliğini artırsa da doğruluk üzerinde kısıtlayıcı olmuştur (Friedman et al., 2010). Benzer eğilimler, enerji modelleme literatüründe de gözlenmiştir; örneğin Eiamsa-ard & Promvonge (2008) RHVT akışkan davranışını açıklamak için kullanılan parametrik regresyonların belirli bölgelerde sapma eğilimleri gösterebildiğini bildirmiştir.

DT modeli, açıklanabilirliği yüksek bir yöntem olmasına karşın genelleme kabiliyeti bakımından sınırlı kalmıştır. Artık dağılımında gözlenen yüksek varyans, DT'nin aşırı uyum eğilimini açıkça ortaya koymuştur. Bu bulgu, Quinlan (1993) ve Breiman et al. (1984) tarafından tanımlanan karar ağaçlarının küçük veri setlerinde düşük kararlılığa sahip olduğu yönündeki klasik literatürle tutarlıdır.

Genel olarak, elde edilen sonuçlar RHVT sisteminin performansının hem doğrusal hem de doğrusal olmayan bileşenlerin etkileşimiyle şekillendiğini göstermektedir. Lineer modeller (SVR, HB, Lasso) sistemin genel eğilimlerini başarıyla yakalarken, nonlinear yaklaşımlar (CB, DT) yerel davranış farklılıklarını temsil etmede avantaj sağlamıştır. Ancak, veri setinin sınırlı büyüklüğü nedeniyle lineer modellerin genelleme kabiliyetinin daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durum, RHVT gibi deneysel veri miktarının düşük olduğu sistemlerde model seçiminin doğruluk üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Çalışmada kullanılan ML yöntemlerinin tamamı, RHVT performansının istatistiksel karakterizasyonunda anlamlı sonuçlar üretmiştir. Özellikle SVR'nin yüksek doğrulukta sonuçlar üretmesi, modelin RHVT verilerinin doğrusal olmayan doğasını kernel temelli dönüşümlerle etkin biçimde yakalayabilmesinden kaynaklanmaktadır (Smola & Schölkopf, 2004). HB ve CB modellerinin residual analizlerinde hataların normal dağılıma yakın olması, bu yöntemlerin önyargısız tahmin kabiliyetine sahip olduklarını doğrulamaktadır. Bu bulgu, boosting ve robust regresyon yöntemlerinin enerji sistemlerinde tahmin kararlılığına yönelik literatürdeki genel eğilimle paraleldir (Han et al., 2025; Tian et al., 2026).

Elde edilen sonuçlar, veri odaklı modelleme yaklaşımlarının RHVT performans analizlerinde yalnızca tahmin doğruluğu açısından değil, aynı zamanda fiziksel yorumlanabilirlik açısından da önemli bir katkı sunduğunu göstermektedir. ML algoritmaları, klasik termodinamik denklemlerin açıklayamadığı karmaşık etkileşimleri nicel olarak yakalayabilmekte ve mühendislik sistemlerinin optimizasyonuna katkı sağlamaktadır.

Gelecekte yapılacak çalışmalarda, model doğruluğunu artırmak amacıyla veri setinin farklı giriş basınçları, geometrik varyasyonlar ve malzeme türleriyle genişletilmesi önerilmektedir. Sonuç olarak, bu çalışma ML tabanlı regresyon yöntemlerinin RHVT sistemlerinin performans analizinde güçlü, güvenilir ve açıklanabilir araçlar sunduğunu ortaya koymuştur. Özellikle SVR, HB ve CB modelleri yüksek genelleme kabiliyeti ve düşük hata metrikleriyle öne çıkarken, Lasso ve DT modelleri modelleme sürecinde parametre etkileşimlerini anlamada tamamlayıcı rol üstlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Attalla, M., Ahmed, H., Ahmed, M. S., & El-Wafa, A. A. (2017). Experimental investigation for thermal performance of series and parallel Ranque-Hilsch vortex tube systems. *Applied Thermal Engineering*, 123, 327–339. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.05.084>
- Bagre, N., Parekh, A. D., & Patel, V. K. (2023). Exergy analysis and experimental investigation of various vortex tube material with different combination of vortex generators. *International Journal of Refrigeration*, 150(February), 113–124. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.02.001>
- Breiman, L., Friedman, J. H., Olshen, R. A., & Stone, C. J. (1984). Classification and regression trees. Monterey, CA: Wadsworth International Group.
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)? - Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3), 1247–1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>
- Doğan, A., Korkmaz, M., & Kırmacı, V. (2023). Estimation of Ranque–Hilsch vortex tube performance using machine learning methods. *International Journal of Refrigeration*, 150, 77–88. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2023.01.021>
- Dorogush, A. V., Ershov, V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: Gradient boosting with categorical features support. arXiv preprint arXiv:1810.11363.
- Eiamsa-ard, S., & Promvonge, P. (2008). Review of Ranque–Hilsch effects in vortex tubes. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 12(7), 1822–1842. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2007.03.006>
- Friedman, J., Hastie, T., & Tibshirani, R. (2010). Regularization paths for generalized linear models via coordinate descent. *Journal of Statistical Software*, 33(1), 1–22. <https://doi.org/10.18637/jss.v033.i01>
- Han, Q., Zeng, Y., Wang, Y., & Alidoost, F. (2025). FluxHourly: Global long-term hourly 9 km terrestrial water–energy–carbon fluxes integrating model simulations, in-situ measurements, and machine learning with remote sensing. *Earth System Science Data*, 17(8), 7101–7123. <https://doi.org/10.5194/essd-17-7101-2025>
- Huber, P. J. (1964). Robust estimation of a location parameter. *Annals of Mathematical Statistics*, 35(1), 73–101. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177703732>
- Heo, H. B., Lee, J. H., Yoon, J. W., Yu, S., Kim, B. J., Im, S., & Park, S. H. (2025). Explainable surrogate modeling for predicting temperature separation performance of the vortex tube. *Case Studies in Thermal Engineering*, 66, 105728.
- Ji, Z., Teng, S., & Xi, H. (2025). Thermodynamic and economic performance analysis of compressed air energy storage system with a cold, heat and power tri-generation function combined with vortex tube. *Journal of Energy Storage*, 114. <https://doi.org/10.1016/j.est.2025.115932>
- Kırmacı, V. (2009). Exergy analysis and performance of A Ranque-Hilsch counter flow vortex tube having various nozzle numbers at different inlet pressures of oxygen and air". *International Journal of Refrigeration*, 32(7), 1626–1633.
- Korkmaz, M., Doğan, A., & Kırmacı, V. (2023). Thermal temperature estimation by machine learning methods of counterflow Ranque–Hilsch vortex tube using different fluids. *Heat Transfer Research*, 54(12), 61–79. <https://doi.org/10.1615/HeatTransRes.2023046884>
- Korkmaz, M., Doğan, A., & Kırmacı, V. (2025). Performance analysis of a parallel-counterflow dual vortex tube using data-driven models. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 150(10), 7901–7919. <https://doi.org/10.1007/s10973-025-14245-1>

- Liu, J., Ma, C., Zhou, W., Li, M., He, J., Totis, G., & Hua, C. (2026). Edge-cloud artificial intelligence digital twin thermal modeling for rotating sintered core heat pipes. *Energy and AI*, 23, 100666. <https://doi.org/10.1016/j.egyai.2025.100666>
- Prokhorenkova, L., Gusev, G., Vorobev, A., Dorogush, A. V., & Gulin, A. (2018). CatBoost: Unbiased boosting with categorical features. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 31, 6638–6648.
- Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for machine learning*. San Mateo, CA: Morgan Kaufmann Publishers.
- Rousseeuw, P. J., & Leroy, A. M. (2005). *Robust regression and outlier detection* (2nd ed.). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons.
- Smola, A. J., & Schölkopf, B. (2004). A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing*, 14(3), 199–222. <https://doi.org/10.1023/B:STCO.0000035301.49549.88>
- Tian, Z., Gu, Y., Bolat, P., Zhang, Y., & Gao, W. (2026). Prediction and multi-objective optimization of pilot-scale carbon capture system based on multi-source monitoring information and novel data-driven model. *Energy Conversion and Management*, 350, 120937. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2025.120937>
- Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 58(1), 267–288.
- Willmott, C. J., & Matsuura, K. (2005). Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1), 79–82. <https://doi.org/10.3354/cr030079>
- Oberti, R., Lagrandeur, J., & Poncet, S. (2023). Numerical benchmark of a Ranque–Hilsch vortex tube working with subcritical carbon dioxide. *Energy*, 263, 125793.
- Zangana, L. M. K., & Barwari, R. R. I. (2020). The effect of convergent-divergent tube on the cooling capacity of vortex tube: An experimental and numerical study. *Alexandria Engineering Journal*, 59(1), 239–246.



Issued: 31.12.2025
ISBN: '978-625-378-555-0'

