

CONFERENCE BOOK

www.bursakongresi.org



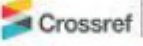


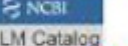
**24 - 26 Ocak 2025
Bursa**

ACADEMIA

 SEMANTIC SCHOLAR

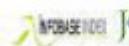
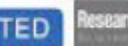
  

BURSA

**4. Uluslararası
Matematik ve
Mühendislik Kongresi**



ISBN :978-625-5962-21-8

ACADEMY GLOBAL PUBLISHING HOUSE





BURSA 4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING
JANUARY 24 - 26, 2025
BURSA

Edited By
ASSOC. PROF. DR. ABBAS GHAFARI

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Conferences: Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi

Prof. Dr. Hülya Çiçek	Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti
Prof. Dr. Ali Bilgili	Assoc. Prof. Ivaylo Staykov
Prof. Dr. Naile Bilgili	Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari
Prof. Dr. Başak Hanedan	Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş
Prof. Dr. Hajar Huseynova	Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova
Prof. Dr. Dwi Sulisworo	Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık
Prof. Zain Musa	Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz
Prof. Dr. Sameer Jain	Assoc. Prof. Dr. Sevrə Fırınıoğulları
Prof Yakup Babayev	Assist. Prof. Ihwan Ghazali
Prof. Dr. Suyatno	Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu
Prof. Dr. Hasan Akan	Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli	Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracıgan
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak	Assist. Prof. Dr. Songül ATAĞ
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti	Lecturer Mehmet Nuri Ödük
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran	Dr. Fatih İ. Kurşunmaden
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın	Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heydarlou
Assoc. Prof. Dody Hartanto	Dr. Dadash Mehravari
Assoc. Prof. Dr. Rungchacadaporn	Dr. Gültekin Gürçay
Assoc. Prof. Nazile Abdullazade	Dr. Aynurə Əliyeva
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi	Dr. Amaneh Manafidizajı
Assoc Prof. Dr. Feran Aşur	

All rights of this book belong to Academy Global Publishing House

Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

Academy Conference–2025 ©

CONFERENCE ID

BURSA
4TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING

DATE – PLACE
JANUARY 24 - 26, 2025
BURSA

ORGANIZATION
ACADEMY GLOBAL CONFERENCES

EVALUATION PROCESS
All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES
Turkey- Senegal- Portugal- South Korea- Kenya- Nigeria – Ghana- Zimbabwe- Italy-
Netherlands- Egypt- Indonesia – Slovenia- Bulgaria- Sudan- Algeria- Lebanon-
Vietnam- India- Rwanda- South Africa- Pakistan- South Korea – China – Jordan-
Canada- Oman- Spain- Sweden- Bangladesh-

PRESENTATION
Oral and Poster presentation

PERCENTAGE OF PARTICIPATION
At the conference, 46 papers were presented by participants from Turkey and 62 papers
by foreign participants.
Members of the organizing committees of the conference perform their duties with an
"official assignment letter"

Issued: 10.03.2025
ISBN: 978-625-5962-21-8

Scientific & Review Committee

Prof. Dr. Hülya Çiçek – Türkiye
Prof. Dr. Emine Koca – Türkiye
Prof. Dr. Fatma Koç – Türkiye
Prof. Dr. Valide Paşayeva - Türkiye
Prof. Dr. Ali Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Naile Bilgili - Türkiye
Prof. Dr. Başak Hanedan – Türkiye
Prof. Dr. Aysel Güven - Türkiye
Prof. Dr. Bülent Kurtişoğlu – Türkiye
Prof. Dr. Hajar Huseynova – Azerbaijan
Prof. Dr. Dwi Sulisworo – Indonesia
Prof. Dr. Natalia Latygina – Ukraina
Prof. Dr. Yunir Abdrahimov – Russia
Prof. Muntazir Mehdi – Pakistan
Prof. Dr. T.Venkat Narayana Rao – India
Prof. Dr. İzzet Gümüş – Türkiye
Prof. Dr. Mustafa Bayram – Türkiye
Prof. Dr. Saim Zeki Bostan – Türkiye
Prof. Dr. Hyeonjin Lee – China
Prof. Yakup Babayev - Azerbaijan
Prof. Dr. Suyatno – Indonesia
Prof. Dr. Zain Musa – Cambodia
Prof. Dr. Sameer Jain – India
Prof. Mehdi Mohammadzade – Iran
Prof. Dr. Hasan Akan – Türkiye
Prof. Dr. Ika Maryani - Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Yeliz Çakır Sahilli - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Berna Koçak - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dhesi Ari Astuti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Aydın - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Elif Akpınar Külekçi - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Feran Aşur – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Yasemin Taş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Bülent Işık - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nurkan Yılmaz - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sevrə Fırıncıoğulları - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulsemet Aydın – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mehmet Fırat Baran - Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Dilorom Hamroeva - Ozbekistan
Assoc. Prof. Dr. Abbas Ghaffari – Iran
Assoc. Prof. Ivaylo Staykov - Bulgaria
Assoc. Prof. Dr. Dini Yuniarti – Indonesia
Assoc. Prof. Dr. Ümit Ayata – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Həmzə Əliyev - Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Okan Sarıgöz – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Eda Bozkurt – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Ahmet Topal – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Abdulkadir Kırbaş – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mesut Bulut – Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Fahriye Emgili – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Sandeep Gupta – India
Assoc. Prof. Dr. Veysel Parlak – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Mahmut İslamoğlu – Türkiye
Assoc. Prof. Dr. Nazile Abdullazade – Azerbaijan
Assoc. Prof. Dr. Yeganə Qəhrəmanova – Azerbaijan
Assoc. Prof. Ali Vandschoari - İran
Assist. Prof. Dr. Göksel Ulay – Türkiye
Assist. Prof. K. R. Padma – India
Assist. Prof. Dr. Omid Afghan - Afghanistan
Assist. Prof. Dr. Maha Hamdan Alanazi - Saudi Arabia
Assist. Prof. Dr. Dzhakipbek Altaevich Altayev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amina Salihi Bayero – Nigeria
Assist. Prof. Dr. Ahmad Sharif Fakheer - Jordania
Assist. Prof. Dr. Dody Hartanto - Indonesia
Assist. Prof. Dr. Ihwan Ghazali - Malaysia
Assist. Prof. Dr. Mehdi Meskini Heyladou – Iran
Assist. Prof. Dr. Bazarhan İmangalieva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Keles Nurmaşulı Jaylıbay - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Mamatkuli Juraev – Ozbekistan
Assist. Prof. Dr. Kalemkas Kalibaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bouaraour Kamel – Algeria
Assist. Prof. Dr. Alia R. Masalimova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Amanbay Moldibaev - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Ayslu B. Sarsekenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Bhumika Sharma - India
Assist. Prof. Dr. Gulşat Şugaeva – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. K.A. Tleubergenova - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Cholpon Toktosunova – Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Hoang Anh Tuan – Vietnam
Assist. Prof. Dr. Songül Atak - Türkiye
Assist. Prof. Dr. Botagul Turgunbaeva - Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Dinarakhan Tursunalieva - Kirgizia
Assist. Prof. Dr. Yang Zitong – China
Assist. Prof. Dr. Gulmira Abndirasulova – Kazakhstan
Assist. Prof. Dr. Imran Latif Saifi – South Africa
Assist. Prof. Dr. Murat Genç – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Monisa Qadiri – India
Assist. Prof. Dr. Vaiva Balciuniene – Lithuania
Assist. Prof. Dr. Meltem Avan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Abışov Elşad Şərəfxan oğlu - Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Mahrukh Dovlatzade – Azerbaijan
Assist. Prof. Dr. Naci Büyükkaracıgan – Türkiye
Assist. Prof. Dr. Raihan Yusoph – Philippines
Dr. Que-Nhu Duong - Vietnam
Dr. Fatih İ. Kurşunmaden – Türkiye
Dr. Mehmet Nuri Ödük – Türkiye
Dr. Ayşe Baran - Türkiye
Dr. Dadash Mehravari – Iran
Dr. Aynurə Əliyeva - Azerbaijan
Dr. Sonali Malhotra – India
Dr. Amaneh Manafidizaji - Iran



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ
Personel Daire Başkanlığı



Sayı : E-16710634-03-903.07.02-2300384284
Konu : Doç.Dr.Elif AKPINAR
KÜLEKÇİ'nin Görevlendirilmesi

01.12.2023

MİMARLIK VE TASARIM FAKÜLTESİ DEKANLIĞINA

İlgi : 29.11.2023 tarihli ve E-53120705-000-2300381989 sayılı belge.

Fakülteniz Peyzaj Mimarlığı Bölümü öğretim üyelerinden Doç.Dr.Elif AKPINAR KÜLEKÇİ'nin, Yükseköğretim Genel Kurulunun 15.06.2023 tarihli, 10 sayılı oturumunda alınan 2023.10.183 sayılı kararı gereğince Doçentlik Başvuru Şartlarında bulunan ve doçent olacak adaylardan istenen "Diğer uluslararası/ ulusal bilimsel toplantının düzenleme komitesinde resmi olarak görevlendirilmiş üniversite akademisyen temsilcisi bulunması zorunludur." maddesi gereğince, Academy Global Conference & Journals tarafından yapılan kongrelerin düzenleme kurullarında yolluksuz ve gündeliksiz olarak görevlendirilmesi Rektörlüğümüzce uygun görülmüştür.

Bilgilerini ve gereğini rica ederim.

Prof.Dr. Ömer ÇOMAKLI
Rektör

Bu belge, güvenli elektronik imza ile imzalanmıştır.

Doğrulama Kodu: 87c7a395-d4b6-4f7a-abc6-5dee8674e3d1
Atatürk Üniversitesi Rektörlüğü 25240 Erzurum
Tel: +90 442 2311023
Elektronik Ağ: www.atauni.edu.tr
Kep Adresi: atauni@hs01.kep.tr

Doğrulama Adresi: <https://www.turkiye.gov.tr/ataturk-universitesi-ebys>

Bilgi: Mehmet KOÇ
Faks: +90 442 2361014
E-Posta: personel@atauni.edu.tr



BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND
SOCIAL SCIENCES
BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH
SCIENCES
BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND
ENGINEERING
ARTDergi 2nd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
January 24 - 26, 2025
BURSA

Kongre Bağlantı Linki :

Join Zoom Meeting

<https://us06web.zoom.us/j/88571518350?pwd=fOYazCWBmbAiWrHygjKSjkbbSvotfd.1>

Meeting ID: 885 7151 8350

Passcode: 202224



ÖNEMLİ AÇIKLAMA (Lütfen okuyunuz)

- ZOOM bağlantısı için yukarıda verilen bağlantıyı veya yine yukarıda verilen giriş bilgilerini kullanabilirsiniz.
- Oturum içerisinde en KIDEMLİ olan moderator olarak seçilir. Moderatörün oturum düzenini gözetmesi, akademisyen adaylarını yönlendirmesi beklenmektedir.
- Oturuma bağlanmadan önce Salon numaranızı adınızın önüne aşağıdaki gibi ekleyiniz. Bu sayede kongre açılışında beklemeden oturumlarınıza gönderilebileceksiniz. Ör. 5 Ahmet Ahmetoglu
- Sunum süresi 10 dakikadır. Bu sürenin aşılmamasını moderatörler temin edecektir.
- Sunum sonrası 5 dakikayı geçmeyen soru-cevap, tartışma süresi verilmektedir.
- Sunumlar TÜRKÇE veya İNGİLİZCE yapılabilir.
- Kameralar, oturum süresince toplam % 70 oranında açık olmak zorundadır.
- Sunum yapan katılımcının kamerası açık olmak zorundadır.
- Sunum yapmak zorunludur. Herhangi bir nedenle sunum yapmamış olan katılımcıya sertifika verilmesi ve çalışmasının yayınlanması söz konusu olamaz.
- Katılımcı, kendi oturumda, oturum bitene kadar bulunmak zorundadır.
- Katılımcıların kendi oturumları dışındaki oturumlara katılma zorunluluğu yoktur.
- ZOOM platformunun kapasite sınırı nedeniyle, DİNLEYİCİ, sadece kapasite izin verdiği sürece kabul edilebilmektedir.

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 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,

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr. Öğr. Üyesi GAMZE TEMİZEL	1	KİŞİSEL BAKIM ÜRÜNLERİNDE TÜKETİCİLERİN ÜRÜN TERCİHLERİNİ ETKİLEYEN FAKTÖRLERİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK BİR ARAŞTIRMA: P&G ÜRÜNLERİ ÖRNEĞİ	Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Esad YURTSEVER
		2	ADOBE UYGULAMALARININ DİJİTAL PAZARLAMA ÜZERİNDEKİ ROLÜ: SAW ÇOK KRİTERLİ KARAR YÖNTEMİ KULLANILARAK YAPILAN BİR ARAŞTIRMA	Dr. Öğr. Üyesi ONUR TÜRKER
		3	A RESEARCH TO DETERMINE THE BRAND VALUE OF RETAIL CLOTHING SECTOR COMPANIES WITH STORES IN SHOPPING MALLS AND LISTED ON THE STOCK EXCHANGE	Dr. Mehmet Arif TUNCER
		4	PAZARLAMADA DİNİ SEMBOLİZM	Y.Lisans Öğrencisi, Nisa Nur BÜRÇÜN Doç.Dr. Atilla YÜCEL
		5	SAĞLIK TURİZMİNDE MEMNUNİYET TEMASI İÇEREN YAYINLARININ BİBLİYOMETRİK ANALİZ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ	Doktora Öğrencisi, Yusuf Alper Baştürk Öğr.Gör. Dr. Erhan Dağ Dr. (PhD) Yaşar Demir
		6	PUBLIC AND NON-GOVERNMENTAL ORGANIZATIONS IN THE RELATIONSHIP BETWEEN SUSTAINABLE TOURISM AND COMMUNITY-BASED TOURISM	Dr. Öğr. Üyesi GAMZE TEMİZEL

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Assistant Professor, MUSA SADAK	1	ÖĞRENME GÜÇLÜĞÜ OLAN ÖĞRENCİLERE SUNULAN DESTEK EĞİTİM HİZMETLERİNE İLİŞKİN ÖĞRETMEN GÖRÜŞLERİNİN BELİRLENMESİ	Öğretmen Kubra URTEKİN Dr. Öğr. Üyesi Tuğba PÜRSÜN
		2	REVIEW OF STUDIES ON SCHOOL DROPOUT	Dr. Şeyma MIZRAK
		3	REVIEW OF STUDIES ON CAREER ADAPTATION	Dr. Şeyma MIZRAK
		4	TEACHERS' PERCEPTION OF SCHOOL AND STUDENTS' MATHEMATICS ACHIEVEMENT IN THE U.S.	Assistant Professor, MUSA SADAK
		5	TÜRKÇE DERS KİTAPLARINDA DEĞERLER	Doç. Dr. YAŞİN MAHMUT YAKAR SEMRA YAZAR
		6	2020-2024 YILLARI ARASINDA İLKÖĞRETİM VE ORTAÖĞRETİM KADEMELERİNDE MATEMATİK DERSİ KAPSAMINDA ÜSTBİLİŞSEL DÜŞÜNMEYE YER VEREN TEZLERİN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, İlayda HASDEMİR Prof. Dr., ŞENEL ELALDI
		7	TÜRKİYE'DE MÜLTECİ ÇOCUKLARIN EĞİTİMİNE YÖNELİK POLİTİKA VE UYGULAMALAR BAĞLAMINDA PİKTES PROJESİ	Prof. Dr. Hasan Basri MEMDUHOĞLU Hüseyin GÖKHAN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr.ESİN ŞENOL	1	EXPLORING NATURAL RICHES IN TOURISM: HOW VIETNAM CAN BRIDGE THE GAP WITH THAILAND	Trieu-Vy UNG Tuong-Vi NGUYEN Kieu-Trinh Thi NGUYEN Thanh-Thuy Thi LE Hong-Nhi LE Bich-Dao Thi TRAN Que-Nhu DUONG
		2	THE REGULATORY FRAMEWORK GOVERNING SUPERVISORY AUTHORITIES UNDER THE EU'S CORPORATE SUSTAINABILITY DUE DILIGENCE DIRECTIVE	Dr. Dudu Derya Güvenir
		3	SUSTAINABILITY AGREEMENTS IN EU COMPETITION LAW: A COMPARATIVE PERSPECTIVE WITH TURKISH LAW	Dr. Dudu Derya Güvenir
		4	6-7 EYLÜL OLAYLARI'NIN KIBRIS SORUNU ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRMESİ	EMİR ALTUNOK Prof. Dr. Serhan Yücel
		5	REASONS THAT MADE IT EFFECTIVE FOR THE PUBLIC FINANCIAL MANAGEMENT AND CONTROL LAW NO. 5018 (KMYKK) TO COME INTO FORCE IN TURKEY AND WHAT IS EXPECTED FROM IT AFTER IT COME INTO FORCE	Bağımsız Araştırmacı Dr.Sebiha YILDIZ
		6	EVALUATION OF MACROECONOMIC EFFECTS OF CARBON TAXES	Bağımsız Araştırmacı Dr.Sebiha YILDIZ
		7	MINIMUM WAGE AND MINIMUM WAGE DETERMINATION COMMISSION	Dr.ESİN ŞENOL

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Doç. Dr. Nihal TAŞ	1	ON THE MODULATIONS OF OBJECTS' MOVEMENT	Asst. Prof. Dr. ÇAĞLA RAMİS İLGÜZ
		2	THE TRAJECTORY OF PARTICLES DEPENDS ON THE PLANES	Asst. Prof. Dr. ÇAĞLA RAMİS İLGÜZ
		3	A generalized critical estimate in chemotaxis systems	Öğr. Gör. Dr. Halil İbrahim KURT
		4	3D Simulation of a Circle in Maple: Geometric Exploration and Visual Analysis	Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ Prof. Dr. Yasin SOYLU
		5	Dynamic Learning Object and Simulation Explaining Derivatives in Maple: A Mathematical Exploration and Learning Journey	Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ Prof. Dr. Yasin SOYLU
		6	ARF SAYISAL YARIGRUPLARIN RF-BAĞINTILARI	Prof.Dr. Belgin ÖZER Suna AYDOĞDU
		7	SOME MEIR-KEELER TYPE FIXED-DISC RESULTS ON S-METRIC SPACES	Doç. Dr. Nihal TAŞ
		8	INTERPOLATIVE KANNAN TYPE CYCLIC CONTRACTION ON S-METRIC SPACES	Doç. Dr. Nihal TAŞ

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ	1	CONSTRUCTION OF THE MOTHERHOOD MYTHS IN CONTEMPORARY TV COMMERCIALS: A STUDY ON MOTHER AND BABY COMMERCIALS	Kübra GÜNGÖR
		2	THE INTERPLAY OF ADVERTISING AND CREATIVITY	Zeynep ABACI Asst. Prof. Atiye GÜNER
		3	SPORDA İLETİŞİM: BİR META ANALİZ İNCELEMESİ	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ Yüksek Lisans Öğrencisi, Abdullah KAYABAŞ
		4	SPORUN KÜLTÜRLERARASI İLETİŞİME KATKISI	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ
		5	GÖSTERGEBİLİMSEL AÇIDAN FİLM ÇÖZÜMLEMESİ: KÖRLÜK FİLMİ ÖRNEĞİ	Prof.Dr.YUSUF YURDİGÜL NESRİN TOPAK MUHAMMET EMİN YAĞIZ
		6	GLADYATÖR 2 FİLMİNİN DRAMATURJİK ANALİZİ	Prof.Dr.YUSUF YURDİGÜL NESRİN TOPAK MUHAMMET EMİN YAĞIZ
		7	THE SURREAL TRANSFORMATION OF CITIES DURING THE COVID PERIOD: PANDEMIC AESTHETICS IN PHOTOGRAPHY	Assoc. Professor. EREN GÖRGÜLÜ
		8	ETHNOGRAPHY OF PHOTOGRAPHY: THE LIGHT OF EDUCATION IN LOST PHOTOGRAPHS	Assoc. Prof. EREN GÖRGÜLÜ Prof., Ali Muhammet BAYRAKTAROĞLU

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Prof. Dr. Ananda Mishra, Dr. Kavita Rao	1	TRUST DYNAMICS AND LEARNING BEHAVIORS IN VIRTUAL TEAM ENVIRONMENTS	Prof. Dr. Ananda Mishra, Dr. Kavita Rao
		2	ENHANCED AUTOMATED DIFFERENTIATION BETWEEN ALCOHOL DEPENDENCE AND SOBRIETY	Dr. Nuwan Perera
		3	RHETORICAL STRATEGIES IN COGNITIVE SCIENCE DISCOURSE: ANALYSIS OF <i>COGNITIVE</i>	Dr. Mariana Coutinho,, Giuseppe Romano
		4	MORAL REASONING AND BEHAVIORAL PATTERNS IN ADULTHOOD	Felipe Tavares, Carla De Luca
		5	INVESTIGATIONS INTO THE ROLE OF EMOTIONS IN MORAL DECISION-MAKING	Kwame Mensah
		6	END-TO-END METAPHOR DETECTION IN GREEK USING ADVANCED NEURAL NETWORK ARCHITECTURES	Andreas Krüger, and Thomas Fischer
		7	EFFECTS OF PROBABILITY AND INSTRUCTION ON SYLLOGISTIC CONDITIONAL REASONING	Assis. Prof. Dr. Mei Tanaka, Dr. Satoshi Yamamoto
		8	ANALYZING KANJI CHARACTER RECOGNITION PROCESSES USING EEG SIGNALS	Dr. Hiroshi Takagi, Keiko Nakamura
		9	A COGNITIVE FRAMEWORK FOR CLASSIFYING FREQUENCY SIGNALS	Dr. Pedro Monteiro,
		10	ANALYZING MICROBLOGS: EXPLORING THE PSYCHOLOGY OF POLITICAL LEANINGS	Meaghan Bowman
		11	INNOVATIVE APPROACHES TO TEACHING INTRODUCTORY STATISTICS IN HEALTH, SOCIAL, AND BEHAVIORAL SCIENCES: HISTORICAL PERSPECTIVES AND JUSTIFICATIONS	Dr. Sofia Andrade

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	P Assoc. Prof. Dr. Rafik Massoudi	1	EXPLORING IRISH IDENTITY: MANIFESTATIONS OF 'IRISHNESS' IN THE WORKS OF WILLIAM BUTLER YEATS AND SEAMUS HEANEY	Assoc. Prof. Dr. Rafik Massoudi,
		2	DISASTER TOURISM: EXPLORING DARK TOURISM THROUGH NATURAL CALAMITIES	Dr. Dorota Rucińska,
		3	THE INTERPLAY OF DEMOCRATIZATION AND MARKET LIBERALIZATION ON ANTI-CORRUPTION EFFORTS IN INDONESIA	Ahmad Naghizadeh,
		4	CULTURAL AND ARTISTIC TRANSFORMATION DURING THE MODERNIZATION ERA OF KING RAMA VI	Weena Eiamprapai,
		5	CREATING INNOVATIVE EVENTS THROUGH A DECONSTRUCTIVIST LENS	Dr. Maryam Kim, Mahmood Khoirul,
		6	IDENTITY RECONSTRUCTION: NARRATIVE (IN)CONSISTENCY DURING TRANSITIONAL PERIODS	Katerina Umam Antoniou,
		7	IMPACT OF ORGANIZATIONAL RESOURCES ON ENHANCING INDEPENDENCE FOR INDIVIDUALS WITH SEVERE DISABILITIES: A STUDY OF VOCATIONAL REHABILITATION IN SOUTH KOREA	Dr. Soungwan Memarian,
		8	THE RELATIONSHIP BETWEEN CAPITAL ACCUMULATION AND UNEMPLOYMENT IN NAMIBIA, NIGERIA, AND SOUTH AFRICA	Prof. Dr. Abubakar Shakeela
		9	THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON EUROPEAN GOVERNANCE: A COMPARATIVE ANALYSIS	Maria Thompson Luca Bianchi
		10	ETHICAL CHALLENGES IN LOCAL PUBLIC ADMINISTRATION: A CASE STUDY FROM SOUTHERN EUROPE	Dr. Ana Petrovic,
		11	STRATEGIES FOR MANAGING WATER CRISIS IN TOURISM-DEPENDENT COMMUNITIES	Dikko Aishath



BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES
BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES
BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING
ARTDergi 2nd INTERNATIONAL GROUP EXHIBITION
January 24 - 26, 2025
BURSA



BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Assoc. Prof. Dr. Faridah Hassan	1	EXAMINING THE IMPACTS OF ASSISTED REPRODUCTIVE TECHNOLOGIES ON WOMEN'S LIVES IN NEW DELHI: A FEMINIST PERSPECTIVE STUDY	Dr. Priya Dutta
		2	ADDRESSING THE ABUSE OF LEGAL AUTHORITY IN SOCIETY	Ph.D. Student Musa Adeyemi
		3	EXPLORING SOCIAL STRUCTURES, INVOLUNTARY RELATIONSHIPS, AND URBAN POVERTY DYNAMICS	Assoc. Prof. Dr. Faridah Hassan
		4	FACILITATING KNOWLEDGE TRANSFER THROUGH THE TRANSLATION OF TECHNICAL TEXTS	Prof. Dr. Abdullah El-Khatib
		5	INVESTIGATING THE INFLUENCE OF ISLAMIC ARTS ON WEAVING PATTERNS IN OMAN	Dr. Saeed Al-Hinai, Assis. Prof. Zahra Al-Mahrooqi
		6	APPROACHES TO MANAGING COMPLEXITY IN COMPLEX SYSTEM DESIGN: PARADIGMS, FORMALISMS, AND TRANSFORMATIONS	Assis. Prof. Hycham Barrere, Prof. Dr. Bruno Aboutaleb
		7	EUROPE'S ROLE IN PROMOTING LIBERTY, SECURITY, AND JUSTICE: AN INTERNATIONAL PERSPECTIVE	Dr. Elena Petrova
		8	UNDERSTANDING OUT-MIGRATION METHODOLOGIES IN GEORGIA	Lec. Dr. Shota Lomidze

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Prof. Dr. Sunil Menon	1	THE IMPACT OF ORGANIZATIONAL DYNAMIC CAPABILITIES ON INNOVATION PERFORMANCE	Assoc. Prof. Dr. Akira Nakamoto, Dr. Helen Amankwah,
		2	A COMBINED PARTICLE SWARM OPTIMIZATION AND NELDER-MEAD ALGORITHM FOR CALIBRATING THE NELSON-SIEGEL-SVENSSON MODEL	Dr. Ling Wei Assoc. Prof. Dr. Ahmed El-Amin, Dr. Sara Boukhaled,
		3	THE EFFECTS OF OIL PRICE FLUCTUATIONS ON RENEWABLE ENERGY INVESTMENT	Dr. Rafael Costa,
		4	LEAN HEALTHCARE: CHALLENGES AND FACILITATORS IN THE COLOMBIAN HEALTHCARE SYSTEM	Dr. Maria Fernanda Santos Assoc. Prof. Dr. Victor Hugo Mejía
		5	IDENTIFYING BARRIERS TO LEAN IMPLEMENTATION IN INDIAN MANUFACTURING INDUSTRIES	Prof. Dr. Sunil Menon
		6	ENHANCING LOCAL PRODUCTS: THE ONE VILLAGE ONE PRODUCT APPROACH AND CUSTOMER SATISFACTION	Dr. Abdul Rahman Khalid, Assoc. Prof. Dr. Eunice Adebayo,
		7	ANALYZING THE DECLINE OF ENGINEERING FIRMS DURING THE FINANCIAL CRISIS	Dr. Ibrahim Hassan,
		8	CONSUMER BEHAVIOR MODELS: THE ROLE OF EMOTIONS IN DECISION MAKING	Dr. Nina Johansson, Assis. Prof. Dr. Roberto Castillo,

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Assoc. Prof. Dr. Nima Karimi, Dr. Parvin Sadat	1	COMPETENCE-BASED EDUCATION FOR PURCHASING PROFESSIONALS IN AUSTRIA	Prof. Dr. Thomas Reichenbach
		2	FORMULATING AN AUDIT QUALITY FRAMEWORK FOR DEVELOPING MARKETS	Assoc. Prof. Dr. Anusha Kumarasinghe, Dr. Farah Habibullah, Amin Saeedpour
		3	FACTORS INFLUENCING PROFITABILITY IN INDIAN PHARMACEUTICAL COMPANIES UNDER THE NEW INTELLECTUAL PROPERTY REGIME	Shweta Ramanathan, Prof. Dr. Manoj Prakash
		4	EFFECTS OF MOTIVATION, TRUST, AND CULTURAL DIFFERENCES ON KNOWLEDGE SHARING VIA EMAIL	Dr. Khalid Al-Mansoori
		5	ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING EARNINGS RESPONSE COEFFICIENT IN EMERGING MARKETS	Assoc. Prof. Dr. Tariq Hassan, Dr. Layla Abdulrahman
		6	CHALLENGES AND BARRIERS IN ACCOUNTING INFORMATION SYSTEMS OF KUWAITI FIRMS	Prof. Dr. Salwa Al-Qatami
		7	SUPPLY CHAIN PLANNING WITH A FOCUS ON RISK AND ENVIRONMENTAL GOALS	Ghanem Al-Rashidi, Dr. Hassan Shadmani, Zahra Alavi
		8	ETHICAL GOVERNANCE AND CORPORATE SOCIAL RESPONSIBILITY IN NETWORK MARKETING ORGANIZATIONS	Dr. Anita Balakrishnan
			THE RELATIONSHIP BETWEEN FINANCIAL REPORTING TRANSPARENCY AND INVESTMENT EFFICIENCY: INSIGHTS FROM IRAN	Assoc. Prof. Dr. Nima Karimi, Dr. Parvin Sadat

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Prof. Hajar Huseynova	1	IMPORTANCE OF CONTEMPORARY LEXICOGRAPHY AND DICTIONARIES	Prof. Hajar Huseynova
		2	AN ANALYSIS ON THE ARMAĞAN DAĞARCIĞI OF ARA NESİL MAGAZINES	Dr. Öğr. Üyesi, Taner TURAN Yüksek Lisans Öğrencisi, Hava Nur DEMİR
		3	DO BINDING SOUNDS HAVE STYLISTIC VALUE?	Prof. Dr. Tahir BALCI
		4	HOMONYMY, SYNONYMY OR POLYSEMY? A SEMANTIC DISCUSSION	Prof. Dr. Tahir BALCI
		5	KAVRAM VE KAVRAM BOŞLUĞU	Doktora Öğrencisi, Fatma Gülşah EKİZOĞLU TOPRAK
		6	GÖREV TABANLI ÖĞRETİM YÖNTEMİYLE YABANCI DİL ÖĞRETİMİ	Doç.Dr. Ahmed ALDYAB
		7	YABANCI DİL ÖĞRETİMİ İÇERİK ODAKLI ETKİLEŞİMLİ ÖĞRETİM YÖNTEMİYLE	Doç.Dr. Ahmed ALDYAB
		8	Muhammad Fuzuli's philosophy of life	YUSİFOVA NAILƏ YUSİF QIZI

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Doç. Dr. Nazile Abdullazade	1	YENİ DÖVR AZƏRBAYCAN ƏDƏBİYYATI NÜMAYƏNDƏLƏRİNİN YARADICILIĞININ TƏDRİSİ TARİXİ (Cəlil Məmmədquluzadənin yaradıcılığı əsasında)	Doç. Dr. Nazile Abdullazade
		2	SABAHATTİN ALİ'NİN KUYUCAKLI YUSUF ADLI ROMANINDA SOSYOLOJİK VE PSİKOLOJİK BAĞLAMDA İNSAN	Nejla KARADENİZ
		3	Novel Genre and Epic	Doç. Dr. Sevrə Fırıncioğulları,
		4	Aesthetics, Marxist Aesthetics and Disintegrating Nature Art Class Positions	Doç. Dr. Sevrə Fırıncioğulları
		5	FROM ENGLAND TO THE ASİ RIVER: A COMPARATIVE ANALYSIS OF PRIDE AND PREJUDICE AND ASİ TV SERIES	Filolog, GÜLTEN AKGÜL
		6	CULTURAL CROSSROADS: A COMPARATIVE STUDY OF EVLİYÂ ÇELEBİ AND CHARLES DICKENS	Filolog, GÜLTEN AKGÜL
		7	PERVİN-İ İTİSAMİ DİVAN'INDA TOPLUMSAL KONULAR	Dr. Öğr. Üyesi SERPİL YILDIRIM

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Dr. Aysun Devrim YEMENİCİ	1	SAHİPLİK KÜLTÜRÜ BAĞLAMINDA SIEMENS ÖRNEĞİ	Doç. Dr. Sevgi IŞIK EROL
		2	ABD'DE ÇALIŞAN HİSSE SAHİPLİĞİ PLANI (ESOP)'NIN SAYILARLA DEĞERLENDİRİLMESİ	Doç. Dr. Sevgi IŞIK EROL
		3	İŞ SÜRECİ YENİDEN MÜHENDİSLİĞİNİ YENİDEN DÜŞÜNMEK: ÖRGÜTSEL DÖNÜŞÜME BÜTÜNCÜL BİR YAKLAŞIM	Cebrail Sina BAYRAM Prof.Dr.Bülent SEZEN
		4	DEVELOPING ARTIFICIAL INTELLIGENCE-SUPPORTED PYTHON CHATBOT AND ITS USE CASES	Ekrem Şahin Prof. Dr. Bülent Sezen
		5	İŞ-AİLE ÇATIŞMASI, ÖRGÜTSEL BAĞLILIK VE TÜKENMİŞLİK FAKTÖRLERİNİN YAŞAM TATMİNİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	Yükseklisans Öğrencisi, HATİCE PAZAR ÖZÇELİK
		6	THE EFFECT OF DIGITAL LEADERSHIP ON WORKPLACE LONELINESS	Dr. Aysun Devrim YEMENİCİ
		7	BİLGİ TEKNOLOJİLERİ KULLANIMI, YENİLİKÇİLİK VE FİRMA PERFORMANSI İLİŞKİSİ	Yüksek Lisans Öğrencisi Tuğba AYHAN Doç. Dr. Serhat ERAT

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk	1	METAFORİK MİMARLIK VE ESTETİK	Prof. Dr. Elmas ERDOĞAN Sıla KURT
		2	ERKEN OSMANLI DÖNEMİ KÜLLİYELERİ VE PEYZAJ TASARIMI : BURSA ÖRNEĞİ	Sıla KURT Prof. Dr. Elmas ERDOĞAN
		3	RUSYA, İRAN VE OSMANLI MEŞRUTİYET HAREKETLERİ: BENZERLİKLER VE FARKLILIKLAR	Araştırma Görevlisi Doktor İbrahim Yetiş
		4	ON A GROUP OF MOSQUES IN BURSA PROVINCE	Dr. Öğretim Üyesi Ebru ELPE
		5	WISH GRAVES IN BURSA PROVINCE	Dr. Öğretim Üyesi Ebru ELPE
		6	BURSA ATATURK HOUSE MUSEUM COLLECTION AND CONSERVATION PROPOSALS	Uzm. Sanat Tarihçi Fikret ALKAN Prof. Dr. Ayşegül KOYUNCU OKCA
		7	CHARACTERISTICS OF ANATOLIAN EARLY BRONZE AGE FABRICS IN THE LIGHT OF PUBLICATIONS	Prof. Dr. Ayşegül KOYUNCU OKCA Tuğba KAYMAKCI
		8	THE PERCEPTION OF THE TRIPOLIS WARS OF 1911-1912 IN THE GERMAN (NEURUPPIN) BILDERBOGEN	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk
		9	SOUTH AFRICAN WRITER N. GORDIMER'S VIEWS ON SOCIAL DISHARMONY AFTER THE APARTHEID REGIME AND THE REUNIFICATION OF THE TWO GERMAN STATES	Prof. Dr. Ali Osman Öztürk
		10	WOMEN AND POLYGAMY IN THE OTTOMAN EMPIRE	ONAN YILDIRIM Prof. Dr. ŞEFAETTİN SEVERCAN
		11	THE ROLE OF THE QARA-KHITAN STATE IN THE COLLAPSE OF THE GREAT SELJUK EMPIRE	Doktor, sedat SAYIN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Graduate Student, Sema ÇELİK	1	EXAMINING THE PREDICTORS OF PSYCHOLOGICAL WELL-BEING IN EMERGING ADULTS	Graduate Student, Sema ÇELİK Assoc. Dr. Ali ÇEKİÇ
		2	ORTHOREXİA NEVROSA: THE DARK SIDE OF HEALTHY EATING OBSESSION	Gulchin ASGAROVA Dr. Öğr. Üyesi Elif ÜNAL
		3	ATTACHMENT STYLE AND INFIDELITY IN ROMANTIC RELATIONSHIPS	Lisansüstü Öğrencisi Fidan İSMAYILZADE Dr. Öğr. Üyesi Elif ÜNAL
		4	DUYGULARI TANIMA VE İFADE ETME PSİKOEĞİTİM PROGRAMININ 9-11 YAŞ ÇOCUKLARIN DUYGU DÜZENLEME VE ÖZSAYGI DÜZEYLERİNE ETKİSİ	Lisansüstü Öğrencisi NAGİHAN ALPYÜREK Dr. Öğr. Üyesi Ezgi ÖZKAN
		5	ROMANTİK İLİŞKİLERDE BAĞLANMA STİLLERİ, MÜKEMMELİYETÇİLİK VE KENDİNİ AÇMA DÜZEYİ ARASINDAKİ İLİŞKİNİN İNCELENMESİ	Lisansüstü Öğrencisi FATİMA İBRAHİMZADE Dr. Öğr. Üyesi Ezgi ÖZKAN
		6	CONFLICT OF RESPONSIBILITY SHARING IN CHILD REARING	Prof. Dr. Ahmet AKIN Yüksek Lisans Öğrencisi, Sibel BÜLBÜL DEŞAT
		7	TRAUMA-INFORMED APPROACH IN SOCIAL WORK WITH WOMEN	PhD Student, HİLAL ULUTEPE Prof. Dr., AYŞE SEZEN SERPEN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Öğr. Üyesi MAHMUT ULU	1	EBÜ CA'FER ET-TÜSİ'NİN TEFSİRİNDE EHL-İ SÜNNETE MUHALİF GÖRÜŞ VE YAKLAŞIMLAR (TAKIYYE ÖRNEĞİ)	MESUT ALKIŞ
		2	ISHARI INTERPRETATIONS OF SURAH AL-FATIHA IN ABDULBAQHI AT-TABRIZI WORK TITLED TAFSIR QUR'AN-I MACHIT	Dr. Öğr. Üyesi MAHMUT ULU
		3	AMBITION AND TRUTH: ANALYZING HUMAN NATURE AND MORALITY IN FRANCIS BACON'S ESSAYS	Instructor Dr. DUYGU KORONCU ÖZBİLEN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Hui Lin	1	CHINESE INVESTMENTS IN RUSSIAN AGRICULTURE: CHALLENGES AND OPPORTUNITIES	Linfeng Huang, Maria Okot
		2	DESIGNING WORK ENVIRONMENTS TO ENHANCE EMPLOYEE WELL-BEING AND ORGANIZATIONAL INNOVATION	João Pereira, Amina Dlamini
		3	SUPPLY CHAIN MANAGEMENT AS A DRIVING FORCE IN THE EVOLUTION OF GASTRONOMY	Carlos Eduardo Lima, Aisha Kamara
		4	DIGITAL TRANSFORMATION IN ENTREPRENEURSHIP EDUCATION: OPPORTUNITIES AND CHALLENGES	Ana Júlia Ribeiro, Wei-Lin Zhang
		5	CONSUMERS' ATTITUDES TOWARDS HEALTH-CONSCIOUS MARKETING AND ITS IMPACT ON PURCHASING DECISIONS	Adesina Oluwatobi, Zanele Dlamini, Wei Ling Zhang
		6	INFLUENCE OF SUSTAINABLE FOOD MARKETING ON CONSUMER PURCHASING BEHAVIOR	Dr. Li Wei, Chen Zhang, Assoc. Prof. Dr. Hui Lin
		7	EFFECTIVE STRATEGIES FOR ENHANCING FOREIGN GUEST EXPERIENCE IN SOUTH KOREA'S HOSPITALITY INDUSTRY	Lec. Min-seok Kim, Ji-hyun Park, Dr. Soo-jin Lee
		8	COMPETITIVENESS OF SKI RESORTS IN MOROCCO: A DOMESTIC TOURISM PERSPECTIVE	Dr. Amina El Idrissi, Omar Benkacem

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Folake Ayomide,	1	EFFECT OF SOCIAL MEDIA ON COLLABORATIVE LEARNING IN HIGHER EDUCATION	Adebayo Oluwaseun, Dr. Folake Ayomide, Prof. Dr. Chidi Okonkwo
		2	TOURISM ENHANCEMENT THROUGH AUGMENTED REALITY IN HISTORICAL SITES	Ahmed S. Ibrahim, Fatima A. Kassem
		3	AGRITOURISM DEVELOPMENT IN AFRICA: EXPLORING NEW ECONOMIC OPPORTUNITIES	M. N. Fofana, R. A. Toure, K. D. Bamba
		4	SUSTAINABLE TOURISM PLANNING: A TERRITORIAL APPROACH FOR ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL BALANCE	Dr. Ana Costa, Dr. Rafael Silva
		5	THE EFFECT OF POLITICAL INSTABILITY ON THE DEVELOPMENT OF TOURISM AND ARCHAEOLOGICAL SITES: A STUDY OF EGYPT AFTER THE 2011 REVOLUTION	Assis. Prof. Dr. Ahmed M. Al-Sayed, Farida H. Kamal, Dr. Omar T. Fathy
		6	IMPACT OF SECURITY MEASURES ON FAN ATTENDANCE AT PROFESSIONAL FOOTBALL MATCHES	M. J. Lee, K. H. Park, J. S. Kim

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Assis. Prof. Dr. Thabo Dlamini	1	THE INFLUENCE OF THE GENERAL DATA PROTECTION REGULATION ON HUMAN RESOURCE PRACTICES IN SCHOOLS	Maria Oliveira, Assoc. Prof. Dr. João Costa
		2	THE ROLE OF MINIMUM SPEECH SIGNAL DATA IN VOICE IDENTIFICATION FOR FORENSIC ANALYSIS	Dr. Zhang Jun, Liu Mei
		3	THE IMPACT OF UNDERFUNDING ON POLICE CORRUPTION IN NIGERIA	Chijioke Okafor, Dr. Adebayo Afolabi
		4	THE INFLUENCE OF MISINFORMATION ON GOVERNANCE AND PUBLIC POLICY FORMULATION: A COMPARATIVE STUDY	Carlos Eduardo Souza, Mariana Lima de Andrade
		5	THE IMPACT OF INDUSTRIAL EFFLUENT MANAGEMENT POLICIES ON WATER PROTECTION IN AFRICA	Zanele Moyo Assis. Prof. Dr. Thabo Dlamini
		6	SOUTH KOREA AND BRAZIL ECONOMIC RELATIONS: A STUDY THROUGH THE WORLD TRADE ORGANIZATION	Lucas D. Oliveira, Mariana F. Silva
		7	COMBATING RADICALIZATION AND VIOLENT EXTREMISM: A COMPARATIVE STUDY OF BRAZIL, KENYA, AND SOUTH EAST ASIA	Carlos Silva, Amina Ndegwa
		8	THE IMPACT OF INTERNATIONAL ENVIRONMENTAL LAW ON SOUTH AFRICA: A CASE STUDY OF EARTHLIFE AFRICA JOHANNESBURG V MINISTER OF ENERGY AND OTHERS	Dr.Mwansa Chikondi

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 25 Ocak / Jan 25, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Prof. Dr. Carla Mendes	1	THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON GOVERNMENT POLICIES IN BRAZIL: A COMPREHENSIVE STUDY	Dr. Lucas Martins, Prof. Dr. Paula Oliveira
		2	PUBLIC SERVICE ETHICS IN LOCAL GOVERNANCE: A STUDY OF PERCEPTIONS AND CHALLENGES	Assis. Prof. Dr. Gabriel Costa, Prof. Dr. Carla Mendes
		3	LEGAL FRAMEWORK AND STRATEGIES FOR AIR POLLUTION MITIGATION AND ADAPTATION IN EAST AFRICAN LOCAL GOVERNMENTS	Dr. Laila Mwangi, Prof. Dr. Rashid Omar
		4	MORDECHAI VANUNU: THE NUCLEAR WHISTLEBLOWER AND THE CHALLENGE TO ISRAELI MILITARY ETHICS	Dr. David Cohen, Isabella Pereira
		5	ADDRESSING MENTAL HEALTH NEEDS TO REDUCE RECIDIVISM: THE ROLE OF EARLY DIVERSION IN CRIMINAL JUSTICE REFORM	Dr. Ali Salem, Assoc. Prof. Dr. Elena Nikitina
		6	LIMITS AND RESPONSIBILITIES IN FREEDOM OF EXPRESSION: LESSONS FROM AFRICA'S DIGITAL LANDSCAPE	Dr. Ifeoma Okoye, Ibrahim Bello
		7	THE EVOLUTION OF STUDENT UNDERSTANDING OF CONFLICT RESOLUTION IN POLICE TRAINING	Dr. Omar Khan, Fatimah Abdullah, Ibrahim Mohammed
		8	THE INFLUENCE OF SOCIAL MEDIA ON GOVERNMENT POLICIES IN BRAZIL: A COMPREHENSIVE STUDY	Dr. Lucas Martins, Prof. Dr. Paula Oliveira

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON HUMANITY AND SOCIAL SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Arş. Gör. Dr. Fetullah UYUMAZ Prof. Dr. Oğuzhan SEVİM	1	DENEYİMSSEL ÖĞRENME VE ERKEN ÇOCUKLUKTA UYGULANMASI	Prof. Dr. Güneş SALI
		2	ÇOCUKTA OYUN GELİŞİMİNE BİR BAKIŞ	Prof. Dr. Güneş SALI
		3	TÜRKİYE'DE ÖĞRETMEN ATAMA MÜLAKAT SINAV SİSTEMİNE YÖNELİK GÖRÜŞLERİN ÇOK YÖNLÜ ANALİZİ: ÖĞRETMEN ADAYLARI, EĞİTİMCİLER, AKADEMİSYENLER VE SİVİL TOPLUM ÖRGÜTLERİ PERSPEKTİFİYLE	Prof. Dr. METİN ELKATMIŞ İLAYDA OKAN
		4	TEKNOLOJİ TABANLI LİSANSÜSTÜ TÜRKÇE EĞİTİMİ ARAŞTIRMALARINA YÖNELİK BİR İÇERİK ANALİZİ	Prof. Dr. Oğuzhan SEVİM Arş. Gör. Dr. Fetullah UYUMAZ
		5	WEB 2.0 ARAÇLARININ ÖĞRETİMDE KULLANIMINA İLİŞKİN YAPILAN LİSANSÜSTÜ ÇALIŞMALARIN İNCELENMESİ: BİR İÇERİK ANALİZİ	Arş. Gör. Dr. Fetullah UYUMAZ Prof. Dr. Oğuzhan SEVİM
		6	ÜNİVERSİTE ÖĞRENCİLERİNİN SPORA KARŞI TUTUMLARININ İNCELENMESİ (Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Örneği)	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ Yüksek Lisans Öğrencisi, Abdullah KAYABAŞ
		7	ÖĞRENCİLERİN BEDEN EĞİTİMİ VE SPOR DERSİNE YÖNELİK TUTUMLARI VE ÖZYETERLİK DÜZEYLERİNİN İNCELENMESİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Emrah AKGÜL Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Doç Dr. Mehmet SARIKAYA	1	CRISIS IN THE RING: ETHICAL AND ADMINISTRATIVE CONFLICTS IN SPORTS REGARDING GENDER ELIGIBILITY AT THE PARIS 2024 OLYMPICS	SAMET ALİM Assoc. Prof. Dr. ZÜHAL YURTSIZOĞLU
		2	Parent Participation in Sports: A Study on the Youth Club	UMUT ÇOKNAZ Prof. Dr. HAKKI ÇOKNAZ
		3	T.C. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi'ndeki Bazı Fakülte Akademik Personelin Mental İyi Oluş Düzeylerinin İncelenmesi	UMUT ÇOKNAZ Prof. Dr. Çetin ÖZDİLEK, Fahri Berke KARAÇAY
		4	EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING ON BALANCE AND JUMPING IN 15-18 YEARS OLD FEMALE VOLLEYBALL PLAYERS	Ergün AKÇA
		5	GLUTENSİZ BESLENME TERAPÖTİK ETKİSİ: ATLETİK PERFORMANS	Uzm.Dyt. Mustafa BAHAR
		6	DOĞRU BESLENME STRATEJİLERİ: SPOR YARALANMALARI, EGZERSİZ SONRASI HIZLI İYİLEŞME	Uzm.Dyt. Mustafa BAHAR
		7	INVESTIGATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN DIGITAL ADDICTION AND PHYSICAL ACTIVITY LEVELS IN CHILDREN AND YOUNG PEOPLE	BUSE GÜNDÜZ DEMİR Prof. Dr. GÜLBİN RUDARLI
		8	An Examination of the Anthropometric Characteristics of Athletes Competing in the Final Races of the Athletics Events at the Paris 2024 Olympic Games	Doç Dr. Mehmet SARIKAYA Doç Dr. Akan BAYRAKDAR
		9	COMBATING ETHICAL ISSUES IN E-SPORTS: DOPING AND CHEATING	Doç. Dr. Akan BAYRAKDAR Dilruba Nur KAYA Doç Dr. Mehmet SARIKAYA
		10	BİBLİYOMETRİK ANALİZİS OF STUDİES ON ARTİFİCİAL İNTELLİGENCE İN SPORTS WİTH VOSVİEWER	Lisans Öğrencisi, Burkey Gökhan AVGİN Araştırma Görevlisi Dr., Gizem AKARSU TAŞMAN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ	1	TÜRK FUTBOLUNDA ALTYAPI VE SCOUTİNG SİSTEMİNİN ÖNEMİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, HARUN ÜSTÜNDAĞ
		2	A RESEARCH ON SPORTS INJURIES OCCURRING IN HANDBALL	Yls. Öğr., RUKİYE ASAN Yls. Öğr., YAKUP CAN KURT
		3	DİJİTAL ÇAĞDA SPOR TARAFTARLIĞI: DİJİTAL DÖNÜŞÜMÜN ETKİLERİ	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ Yüksek Lisans Öğrencisi, Abdullah KAYABAŞ
		4	DİJİTALLEŞME VE SPOR	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ
		5	SPORCULARIN SOSYAL MEDYA BAĞIMLILIĞI: PSİKOLOJİK VE PERFORMANS ÜZERİNE ETKİLERİ	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ Yüksek Lisans Öğrencisi, Abdullah KAYABAŞ
		6	SPORDA KADIN LİDERLİĞİ: SPOR DÜNYASINDA CİNSİYET EŞİTLİĞİ	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ
		7	GÜNÜMÜZDE SPORDA ŞİDDETİN YERİ	Prof. Dr. Mehmet DALKILIÇ
		8	PHYSICAL ACTIVITY LEVELS AND ANTHROPOMETRIC PROFILES OF UNIVERSITY STUDENTS	Dr. Öğr. Üyesi Meryem Elif ÖZTÜRK Merve BOZKURT Ayşenur İZMİRLİ İrem AZAK

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Dr. Öğr. Üyesi Benil KISTAK ALTAN	1	AGRICULTURAL CONTRIBUTIONS TO FUNCTIONAL FOODS AND THEIR IMPACT ON HEALTH AND SPORTS PERFORMANCE	Imam Muhyidiyn Mahmuod Abubakar Bashir
		2	6 HAFTALIK PLİOMETRİK ANTRENMANLARIN FUTSALCILARDA BAZI PERFORMANS PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Erol AYDEMİR Ahmet ATLI
		3	BADMİNTONCULARDA ISINMADA UYGULANAN FARKLI POST AKTİVASYON POTANSİYALİZASYON (PAP) YÜKLENMELERİNİN BAZI PERFORMANS PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	Oğuz AYGAN Ahmet ATLI
		4	AGE AND GENDER BASED PERFORMANCE DIFFERENCES IN TRIATHLON	Ali İŞİN Eren AKDAĞ
		5	EGZERSİZ GENÇLEŞTİRİR Mİ? SİRTUİNLER ÜZERİNE BİR İNCELEME	Arş. Gör. Emsal Çağla AVCU Gökçe AVCU Doç. Dr. Taner AKBULUT
		6	EGZERSİZ BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNİ DÜZENLEYEN BİR İLAÇ MI, YOKSA BİR TEHDİT Mİ? EGZERSİZ ŞİDDETİ ve SİTOKİN FIRTINASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	Gökçe AVCU Arş. Gör. Emsal Çağla AVCU Doç. Dr. Taner AKBULUT
		7	SERBEST YÜZME STİLİNDE SU ALTI DÖNÜŞÜNE ETKİ EDEN BİYOMEKANİK FAKTÖRLER VE GELİŞTİRME STRATEJİLERİ	Dr. Öğr. Üyesi Benil KISTAK ALTAN Prof. Dr. Çiğdem BULGAN ERCİN Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Arslan BAŞAR

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	PhD, Asuman CANAK	1	The P2X7R-NLRP3 axis in neuroinflammation	PhD, Asuman CANAK
		2	A RARE CAUSE OF A COMMON COMPLAINT: THE STORY OF RENAL INFARCTION	Erdiñ ŞENGÜLDÜR
		3	STERNAL FORAMEN VE ÇATALLI KSİFOİD PROSES: VAKA SUNUMU	Abdüsselam Avcı Sıddıka Halıcıoğlu Emine İpek Avcı
		4	BENEFITS OF MEDITATIVE EXERCISES IN INDIVIDUALS WITH METABOLIC SYNDROME	Uzman Hemşire Semra USTA Doç. Dr. Emine KAPLAN SERİN
		5	The impact of technological advances on physical activity: Has cardiovascular disease increased ?	Semra USTA Doç. Dr. Emine KAPLAN SERİN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:00 – 13:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Doç. Dr. Emine KAPLAN SERİN Dr. Öğr. Üyesi Tuba GÜNER EMÜL	1	THE ROLE OF MOBILE HEALTH-BASED PHYSICAL ACTIVITY IN CHRONIC DISEASE MANAGEMENT	HATİCE ŞİMŞEK Doç. Dr. BİRGÜL VURAL DOĞRU
		2	IS ACTIVE AGING POSSIBLE WITH PHYSICAL ACTIVITY?	HATİCE ŞİMŞEK Doç. Dr. BİRGÜL VURAL DOĞRU
		3	EFFECTS OF EARLY MOBILIZATION ON RECOVERY AFTER ABDOMINAL SURGERY: WHAT DOES THE EVIDENCE SAY?	Res. Assist Tuğba ÖZCAN Assist. Prof. Dr Bahar Çolak
		4	EXAMINATION OF NURSING STUDENTS FROM THE PERSPECTIVE OF PSYCHOSOCIAL DEVELOPMENT	Assist. Prof. Dr Bahar Çolak Res. Assist. Tuğba ÖZCAN
		5	Exercise Awareness in Individuals with Gestational Diabetes: Tai Chi Practice	Doç. Dr. Emine KAPLAN SERİN Dr. Öğr. Üyesi Tuba GÜNER EMÜL
		6	The Impact of Wearable Technology on Exercise in Individuals with Gestational Diabetes	Dr. Öğr. Üyesi Tuba GÜNER EMÜL Doç. Dr. Emine KAPLAN SERİN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Assoc. Prof. Dr. Marco Bianchi	1	MOLLUSCICIDAL EFFECTS OF AGERATUM CONYOZOIDES AND DATURA STRAMONIUM ON BULINUS GLOBOSUS AND LYMNAA NATALENSIS	Dr. Thabo M. Kgosi, Assoc. Prof. Dr. Adebayo K. Adeyemi
		2	RIVERS DRAIN IMPACT ON THE BLACK SEA COASTAL LINE BIOCEANOSIS WITHIN THE GREATER SOCHI AREA ASSESSED BY BIOASSAY METHOD	Prof. Dr. Ekaterina V. Ivanova
		3	OPPORTUNITIES FOR PRECISION FEED IN APICULTURE FOR MANAGING THE EFFICACY OF FEED AND MEDICINE	Dr. Luis Fernando Garcia, Assoc. Prof. Dr. Anita K. Olsson
		4	COMPARATIVE PRODUCTIVITY ANALYSIS OF MEDIAN SCALE BATTERY CAGE AND DEEP LITTER HOUSING CHICKEN EGG PRODUCTION IN RIVERS STATE, NIGERIA	Dr. Suleiman S. Bello, Prof. Dr. Emmanuel O. Adebayo
		5	THE USE OF HYDROCOLLOID DRESSING IN THE MANAGEMENT OF OPEN WOUNDS IN BIG CATS	Assoc. Prof. Dr. Marco Bianchi
		6	A PROFILE OF RECENT UPSURGE OF BRUCELLOSIS OF VETERINARY HEALTH CARE WORKERS ENGAGED IN BRUCELLA VACCINATION PROGRAM IN WEST BENGAL, INDIA	Dr. Rajesh Kumar, Assoc. Prof. Dr. Ranjan Chakraborty

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Assoc. Prof. Dr. Simone Leblanc	1	IMPROVING PERSONAL WELLNESS THROUGH INTEGRATED PATIENT CARE: A COMPREHENSIVE STUDY OF DIGITAL TOOLS AND ENGAGEMENT STRATEGIES	Dr. Laura Benson, Assoc. Prof. Dr. Rachel Simmons, Prof. Dr. Olivia Taylor, Dr. Robert Whitney
		2	DEVELOPING A PERFORMANCE FRAMEWORK FOR HEALTHCARE PROVIDERS IN NIGERIA: EXAMINING THE IMPACT OF LEADERSHIP STYLES IN TEACHING HOSPITALS	Assoc. Prof. Dr. Emeka Okoro, Dr. Yusuf Omar, Prof. Dr. Olajide Okafor
		3	A COMPREHENSIVE STUDY ON THE DRIVERS OF EARLY ANTENATAL CARE ATTENDANCE AMONG WOMEN IN BENIN: INSIGHTS FROM THE 2017/2018 BENIN DEMOGRAPHIC AND HEALTH SURVEY	Dr. Adama Diallo, Assis. Prof. Dr. Ibrahim Jalloh
		4	OCCUPATIONAL HAZARDS IN THE MEDICAL FIELD: A STUDY ON FACTORS AFFECTING HEALTHCARE WORKERS IN SANA'A, YEMEN	Dr. Amira Haddad, Assoc. Prof. Dr. Tariq Al-Mansoori
		5	DENTAL ETHICS IN PRACTICE: UNDERSTANDING MALPRACTICE RISKS AND COMPLIANCE CHALLENGES IN DENTAL CARE	Dr. Erjon Hoxha, Assis. Prof. Dr. Elira Pasha, Prof. Drita Meta, Assoc. Prof. Reza Sharifi
		6	PREDICTING CARDIOVASCULAR DISEASE RISKS: A MODEL-BASED APPROACH TO EARLY DIAGNOSIS	Assoc. Prof. Dr. Simone Leblanc
		7	UNDERSTANDING FIRE SAFETY IN HOSPITAL OPERATIONS: KNOWLEDGE AND PRACTICES OF OPERATING ROOM STAFF IN SANA'A, YEMEN	Dr. Hani Ziad, Assis. Prof. Faris Qasim, Prof. Dr. Khaled Al-Sabahi
		8	DEVELOPING INTERACTIVE THERAPEUTIC TOOLS FOR CHILDREN WITH CHRONIC ILLNESSES: THE CASE OF THE 'IRIS' VIDEO GAME	Dr. Mikael Ortiz, Ava Lee, Assoc. Prof. Dr. John Smith
		9	STUDYING HAND HYGIENE BEHAVIOR AMONG YOUTH IN ACCRA: IMPLICATIONS FOR PUBLIC HEALTH IN GHANA	Dr. Samuel Adeyemo, Assoc. Prof. Dr. Mariam Abdu

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Dr. Kassem Afsahi, Assis. Prof. Dr. Maryam Soheilifar	1	EVALUATION OF THE ANALYTIC FOR HEMODYNAMIC INSTABILITY AS A PREDICTION TOOL FOR EARLY IDENTIFICATION OF PATIENT DETERIORATION	Dr. Brian Benson, Assoc. Prof. Dr. Sooin Lee, Prof. Dr. Ashwin Belle
		2	EFFICACY OF RECOVERY TECH VIRTUAL REALITY REHABILITATION SYSTEM FOR SHOULDER IMPINGEMENT SYNDROME	Dr. Kassem Afsahi, Assis. Prof. Dr. Maryam Soheilifar
		3	MALARIA PRONE ZONES OF WEST BENGAL: A SPATIO-TEMPORAL SCENARIO	Prof. Dr. Meghna Maiti, Assoc. Prof. Dr. Utpal Roy
		4	USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES FOR AUTISM SPECTRUM DISORDER ANALYSIS AND DETECTION IN CHILDREN	Dr. Nora Alshahrani, Assoc. Prof. Dr. Abdulaziz Almaleh
		5	VIRTUAL REALITY IN COVID-19 STROKE REHABILITATION: PRELIMINARY OUTCOMES	Dr. Kassem Afsahi, Assis. Prof. Dr. Maryam Soheilifar, Prof. Dr. S. Hossein Hosseini
		6	SAFE, EFFECTIVE, AND COST-EFFICIENT AIR CLEANING FOR POPULATED ROOMS AND ENTIRE BUILDINGS BASED ON THE DISINFECTING POWER OF VAPORIZED HYPOCHLOROUS ACID	Dr. D. Boecker, Assoc. Prof. Dr. R. Breves, Prof. Dr. F. Herth, Dr. Z. Zhang, Assis. Prof. Dr. C. Bulitta
		7	SEXUALITY EDUCATION TRAINING PROGRAM EFFECT ON JUNIOR SECONDARY SCHOOL STUDENTS' KNOWLEDGE AND PRACTICE OF SEXUAL RISK BEHAVIOR	Dr. B. O. Diyaolu, Assoc. Prof. Dr. O. O. Oyerinde
		8	LITERATURE-BASED DISCOVERIES IN LUPUS TREATMENT	Dr. Oluwaseyi Jaiyeoba, Prof. Dr. Vetria Byrd

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Prof. Dr. Min Chen	1	BALANCE ENHANCEMENT IN ADOLESCENTS: STRATEGIES AND APPROACHES	Dr. Ahmed Al-Fahim, Assoc. Prof. Dr. Sara Hassan, Prof. Dr. Khaled Rahman
		2	THE EFFECT OF BODY ART ON ATHLETIC PERFORMANCE	Dr. Yong Zhang, Assoc. Prof. Dr. Min Chen
		3	FROM SOCIAL MEDIA TO SPORTING SUCCESS: PREDICTING NFL ACHIEVEMENTS THROUGH ONLINE OPTIMISM	Assoc. Prof. Dr. Roberto Martinez, Dr. Emma Collins
		4	THE EVOLUTION OF THE NIGERIAN FOOTBALL SYSTEM: MICRO PRACTICES IN A GLOBAL CONTEXT	Dr. Emmanuel Nkem, Prof. Dr. Joseph Odogwu, Assoc. Prof. Dr. Nancy Adams, Dr. Lincoln Matthews, Assis. Prof. Dr. David Ojai, Dr. Obiagio Udo
		5	RECOVERY METHODS FOR ATHLETES: THE ROLE OF WATER IMMERSION IN HOT CONDITIONS	Dr. Maria Fernanda Pereira
		6	MOVEMENT-BASED LEARNING: THE IMPACT OF MOVIMENTE© ON INCLUSION AND PERFORMANCE	Prof. Dr. Carlos Gomez, Dr. Lucas Marques, Assoc. Prof. Dr. Fernando Costa, Assis. Prof. Dr. Joao Pinto
		7	ACTUAL NURSING COMPETENCY AMONG NURSES IN HOSPITALS IN VIETNAM	Dr. Minh T. Nguyen, Assoc. Prof. Dr. Lam T. Pham
		8	THE OPINIONS OF NURSING STUDENTS REGARDING HUMANIZED CARE THROUGH VOLUNTEER ACTIVITIES AT A NURSING COLLEGE IN CHONBURI	Assoc. Prof. Dr. Apichat S. Thong, Prof. Dr. Kittiya P. Preechachart
		9	THE ROLE OF CONSTRAINTS IN NCAA DIVISION II ATHLETES' PERFORMANCE	Dr. Christopher Wilson, Assoc. Prof. Dr. Olivia Johnson

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Dr. Laila Abbas, Assoc. Prof. Dr. Nadir Othman	1	THE IMPACT OF WHOLE-BODY VERTICAL RHYTHM TRAINING ON FATIGUE, PHYSICAL ACTIVITY, AND QUALITY OF LIFE AMONG MIDDLE-AGED AND ELDERLY HEMODIALYSIS PATIENTS	Dr. Ahsan Iqbal, Prof. Dr. Sarah Khan
		2	KNOWLEDGE, ATTITUDE, AND PRACTICES REGARDING ANTENATAL CARE AMONG PREGNANT WOMEN AT PUBLIC HOSPITALS IN SANA'A CITY, YEMEN	Assoc. Prof. Dr. Omar Al-Farsi, Dr. Layla Al-Sabahi, Dr. Ali Mohammed
		3	FACTORS INFLUENCING THE USE OF CHILDHOOD VACCINATION SERVICES BY UNDOCUMENTED MIGRANT CAREGIVERS IN SABAH, MALAYSIA: A QUALITATIVE STUDY	Assis. Prof. Dr. Nadia Aziz, Dr. Zainab Binti Mohd, Prof. Dr. Amirah Rahman
		4	COLLABORATION WITHIN PALLIATIVE CARE NETWORKS IN URBAN AND RURAL AREAS OF SWITZERLAND	Dr. Laura Meier, Prof. Dr. Alexander Schulz, Dr. Peter Hoffmann, Assoc. Prof. Dr. Claudia Werner
		5	EXPLORING PHYSIOLOGICAL, PSYCHOLOGICAL STRESSORS, AND COPING STRATEGIES AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN THE KINGDOM OF SAUDI ARABIA	Dr. Salma Al-Dosari, Assoc. Prof. Dr. Jameela Al-Khater
		6	YOGA AS A COMPLEMENTARY MEDICINE APPROACH IN VULNERABLE PEDIATRIC CANCER PATIENTS	Assoc. Prof. Dr. Selma Özkan, Dr. Hüseyin Yıldız
		7	IMPACT OF PSYCHOTIC SYMPTOMS, SOCIAL SUPPORT, STRESSFUL LIFE EVENTS, AND MEDICATION USE SELF-EFFICACY ON SOCIAL DYSFUNCTION IN PERSONS WITH SCHIZOPHRENIA AND METHAMPHETAMINE MISUSE: A CROSS-SECTIONAL STUDY	Prof. Dr. Padma Kumari, Dr. Rajan Chandra, Assoc. Prof. Dr. Mira Ghosh
		8	A CASE STUDY ON CLINICAL PRECEPTORS' EXPERIENCES IN UNDERGRADUATE NURSING PROGRAMS	Dr. Alina Patrascu, Dr. Simona Munteanu
		9	NURSES' PERSPECTIVES ON THE CHARACTERISTICS OF AN 'EFFECTIVE NURSE LEADER' IN IRAQ	Dr. Laila Abbas, Assoc. Prof. Dr. Nadir Othman
		10	PHYSICAL PROPERTIES AND RESISTANT STARCH CONTENT OF RICE FLOUR RESIDUES HYDROLYZED BY α -AMYLASE	Dr. Hiam Al-Khatib, Assoc. Prof. Dr. Rania El-Khatib, Prof. Dr. Ahmed Mostafa

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON SPORTS AND HEALTH SCIENCES January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 11:30 – 13:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 12	Prof. Dr. Nyasha Mugabe,	1	TEMPERATURE OPTIMIZATION FOR COLD-WATER IMMERSION RECOVERY IN SWIMMERS	Dr. Isabella Ferreira, Prof. Dr. Lin Zhang
		2	DESIGNING INTERACTIVE MODULES FOR PERIOPERATIVE NURSING EDUCATION: A PEDAGOGICAL APPROACH	Assoc. Prof. Dr. Jin Ho Park, Assis. Prof. Dr. Fatima Adeyemi
		3	IMPLEMENTING IRT MODELS TO ENHANCE ASSESSMENT ACCURACY IN NURSING EDUCATION	Dr. Tariq Hussein, Assoc. Prof. Dr. Sun-Young Kim
		4	EXPLORING THE CHALLENGES AND SUPPORT ROLES OF CLINICAL PRECEPTORS IN NURSING EDUCATION	Prof. Dr. Nyasha Mugabe, Assis. Prof. Dr. Ahmed Benkacem
		5	INTEGRATING NUTRITIONAL INTERVENTIONS INTO CARE PLANS FOR PEDIATRIC CANCER PATIENTS	Ying Hua Zhang, Assoc. Prof. Dr. Carolina Borges
		6	IMPACT OF HEALTH PROMOTION INTERVENTIONS ON FEMALE INMATES IN VIETNAMESE CORRECTIONAL FACILITIES	Dr. Linh Tran, Sofia Almeida
		7	FOSTERING EFFECTIVE NURSE LEADERSHIP IN CHALLENGING HEALTHCARE CONTEXTS	Dr. Hassan Karim, Assoc. Dr. Thandiwe Ndlovu
		8	RESILIENCE AND COPING MECHANISMS AMONG HEMODIALYSIS PATIENTS IN RURAL COMMUNITIES	Maria Beatriz Gomes, Dr. Diego A. Pereira, Assis. Prof. Dr. Thandiwe Khumalo

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 1	Dr,AHMET YILDIRIM	1	DIVISION AND INTERSECTION OF G-CLASSES OF MATRICES	Hasan KELEŞ
		2	ON A SEQUENCE OF DERIVATIVES OF FUNCTION	Hasan KELEŞ
		3	ON DIVISION OF THE GENERALIZED MAX FRANK MATRICES	Hasan KELEŞ
		4	OPTİMAL KONTROL PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN NÜMERİK BİR YAKLAŞIM	Dr,ELMİRA ASHPAZZADEH Dr,MEHRDAD LAKESTANİ Dr,AHMET YILDIRIM
		5	AN ANALYTICAL STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRIC FUNCTIONS AND z-TRANSFORM	Dr, Alaattin Akyar
		6	EXAMINING THE CONCEPT OF ROUGH EQUIVALENCE AND LOCAL ROUGH EQUIVALENCE IN DETERMINING THE TREES FARMERS OWN	M. Mustafa BEYDAĞI
		7	CALCULATION OF CORNER LENGTH OF PATTERNED SQUARES	Mehmet Mustafa BEYDAĞI
		8	NEUTROSOPHIC APPROACH on NORMED LINEAR SPACE	ELİF AKAY

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 2	Asst. Prof., ARZU ERGÜL BOZKURT	1	ASSESSMENT OF SMALL SCALE FISHING ENTERPRISE IN WASSAI DAM MINJIBIR L.G.A. NORTHWEST KANO STATE, NIGERIA	Dambatta M. A M.A Haruna Bichi N.S I. Yahaya
			SAHARAN DUST EVENTS DURING WINTER IN THE WESTERN BALKANS	Gladiola Malollari Seit Shallari
		2	SIĞIR ORJİNİNLİ BACILLUS ANTHRACIS İZOLATLARININ ANTİBİYOTİK DİRENÇ PROFİLLERİNİN VE MULTİPLE-LOCUS VARIABLE-NUMBER TANDEM REPEAT ANALYSIS YÖNTEMİ İLE GENOTİPLERİNİN BELİRLENMESİ	Ahu KAYALARLI ACARTÜRK Prof. Dr. Timur GÜLHAN
		3	Innovative Blue Crab Culture Using Biofloc Technology	Dr. Övgü GENCER
		4	MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS USED FOR ANIMAL FEED AND ANIMAL HEALTH IN DEMİRCİLER VILLAGE (ARTVİN-BORÇKA)	Asst. Prof., ARZU ERGÜL BOZKURT Dr., NEBAHAT ÇİMEN

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 3	Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN	1	TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ FİNANSMANINDA KAMU KAYNAKLARININ ÖNEMİ	Doç.Dr. Nusret MUTLU Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Dr. Ümran ATAY Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM
		2	ÜRETEEN TÜKETİCİ OLARAK TARIM SEKTÖRÜNDE ENERJİ KULLANIMI: ZORLUKLAR VE FIRSATLAR	Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK Doç.Dr. Nusret MUTLU Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM Dr. Ümran ATAY
		3	ARMUTTA MEYVE KALİTESİ ALGISI	Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN
		4	ORDU EKOLOJİSİNDE YETİŞTİRİLEN “İSTANBUL” VE “AKÇAKOCA 77®” STANDART MUŞMULA ÇEŞİTLERİNİN POMOLOJİK ÖZELLİKLERİ	Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN Aykut DUMAN
		5	DETERMINATION OF PYROLYSIS AND KINETIC PARAMETERS OF PALM SEED AND OLIVE SEED	DILAN KÖKSAL ÖZTÜRK Prof. Dr. MENDERES LEVENT Dr. Öğr. Üyesi KADİR GÜNDOĞAN
		6	İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN METEOROLOJİK KURAKLIKLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YAMULA BARAJI HAVZASI ÖRNEĞİ	Yüksek Lisans Öğrencisi, Sezen KAYA Dr. Öğretim Üyesi, Gaye AKTÜRK
		7	USAGE OF LUCUMA POWDER AS SUGAR REPLACER IN REGULAR AND GLUTEN-FREE CAKES	Assistant Prof, Kübra AKTAŞ

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 4	Prof.Dr. Çağın Kandemir Çavaş	1	İŞLETMELER İÇİN KURYE VERİMLİLİK SİMÜLASYONU	Adem ÖRPEK
		2	BANKA ATM SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONU	Zeynep ÖRPEK
		3	TRANSFERRING THE HODGKIN-HUXLEY NERVE CELL MODEL TO FPGA AND INVESTIGATION OF ITS RESPONSE TO DIFFERENT EXCITING CURRENTS	Gamze Sena KARAMERT Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN
		4	HEALTH ANALYSIS USING FACE MAPPING METHOD WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUE	Sedanur YILMAZ Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN
		5	DDAW UYGULAMASININ ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA ENTEGRE EDİLMESİ VE ÇEVREYE KAZANIMLARI	Ar-Ge Elektrik Donanım Ekip Lideri, EZGİ ASLANE Ar-Ge Elektrik Donanım Mühendisi, TUĞBA IŞIK
		6	A HYBRID PREDICTION SYSTEM USING FUZZY LOGIC AND SVM: ON QSAR DATA MODELLING	Prof.Dr. Çağın Kandemir Çavaş
		7	ANALYSIS OF ENZYME SEQUENCES USING SPECTRAL CLUSTERING METHOD	Prof.Dr. Çağın Kandemir Çavaş

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 5	Dr. Öğr. Üyesi ENES KAYMAZ	1	İzmir-Bornova İlçesinde Kapalı Alanlarda Çalışanların Maruz Kaldığı Radyoaktif Radon Gazı Konsantrasyonlarının Ölçülmesi	Kamuran İlkin ÖZYURT Prof. Dr. Murat SAÇ Dr. Öğr. Üyesi Caner TAŞKÖPRÜ
		2	ÇOK MAKİNALI GÜÇ SİSTEMİNDE SVC-POD'UN GEÇİCİ KARARLILIK DURUMUNDA OPTİMAL YERLEŞİM YERİNİN BELİRLENMESİ	BAYRAM PEKTAŞ Prof. Dr. M. KENAN DÖŞOĞLU Dr. Öğr. Üyesi ENES KAYMAZ
		3	ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE FARKLI RÜZGAR HIZI VE SERİ KOMPAZASYON ORANLARINDA ALT SENKRON REZONANS ANALİZİ	BETÜL PEKDEMİR Prof. Dr. M. KENAN DÖŞOĞLU
		4	CHEMICAL PROFILE OF TUNCELI PULUMUR HONEY	GULNUR CELİK GOLCUR Prof. Dr. OLCAY KAPLAN INCE Prof. Dr. MUHARREM INCE
		5	DETERMINATION OF Ni ²⁺ IONS REMOVAL PERFORMANCE OF FUNCTIONALIZED COMPOSITE MATERIALS CONTAINING ZnO NANOPARTICLE	GULNUR CELİK GOLCUR Prof. Dr. OLCAY KAPLAN INCE Prof. Dr. MUHARREM INCE BURAK NAIL TAŞKIN
		6	BEHAVIOUR OF THE AG/TiO ₂ /GS/nSi SENSOR TO DETECT DIFFERENT ALCOHOL VAPOURS	Pınar DÜZGÜN Assoc. Prof. Dr. Süreyya AYDIN YÜKSEL Prof. Dr. Çiğdem NUHOĞLU
		7	CFRP TAKVİYELİ BETON KİRİŞLERDE KOMPOZİT-BETON ARAYÜZ MEKANİĞİNİN İNCELENMESİ	CAN MERT CİSDİK Dr. Öğretim Üyesi VOLKAN ACAR Prof. Dr. FERİT ÇAKIR

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:00 – 17:00 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 6	Dr. Öğr. Üyesi RAMAZAN AYAZ	1	GALVANNEAL KAPLAMANIN DUAL FAZLI ÇELİKLERİN AŞINMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	DİĞDEM ATABEK ONUR MURATAL YİĞİT GÖNÜLALAN Ar. Gör. HASAN İSMAİL YAVUZ Prof. Dr. RIDVAN YAMANOĞLU
		2	A NOVEL ROBUST ADAPTIVE LASSO ESTIMATOR: SIMULATION STUDIES AND PERFORMANCE EVALUATION	İsmail YENİLMEZ
		3	BALANCING EXPLORATION AND EXPLOITATION IN HYPERPARAMETER TUNING WITH HYBRID OPTIMIZATION APPROACHES	İsmail YENİLMEZ
		4	INTEGRATING CONDITION MONITORING AND DEEP LEARNING FOR DIESEL ENGINE FAULT DIAGNOSTICS	Asst. Prof. Dr. Erkan Caner OZKAT
		5	ORTA GERİLİM KABLO İZOLASYON MALZEMELERİNİN PERFORMANS FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ	YUSUF CAN GÖKTAŞ Dr. Öğr. Üyesi RAMAZAN AYAZ Dr. Öğr. Üyesi CELAL FADİL KUMRU
		6	SERT KROM KAPLANMIŞ 416 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKTE KAPLAMA PARAMETRELERİNİN ETKİSİ	Metalürji ve Malzeme Mühendisi, MERVE ÇAL Doç. Dr., Yakup Yürektürk

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 7	Prof. Dr. Z. K. Kante	1	RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY	Assoc. Prof. Dr. N. Kibet, Dr. R. Owusu, Prof. Dr. A. T. Mwangi
		2	INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES	Dr. S. M. Shams, Assis. Prof. Dr. H. C. Okoro
		3	AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS	Prof. Dr. M. Chirwa, Assoc. Prof. Dr. D. Ngugi, Dr. T. K. Mwaura
		4	ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES	Dr. F. G. Udo, Assis. Prof. Dr. A. T. Babbaj, Prof. Dr. J. M. Adebayo
		5	MODELING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS	Dr. S. R. Dube, Assoc. Prof. Dr. J. X. Liu, Prof. Dr. Z. K. Kante
		6	OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH	Dr. F. P. Batista, Assis. Prof. Dr. A. K. Sanya
		7	NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES	Prof. Dr. G. O. Acharya, Dr. N. F. Ali
		8	STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL	Dr. L. Q. Wang, Assoc. Prof. Dr. J. W. Lee

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 8	Dr. Luis Santiago,	1	OPTIMIZING PERFORMANCE IN MARTIAL ARTS FOR ATHLETES WITH VISUAL IMPAIRMENTS: AN AHP APPROACH	Assoc. Prof. Dr. Ahmed Z. Khan, Dr. Nadia Ibrahim
		2	EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY ON METABOLIC MARKERS IN HIGH-PERFORMANCE ATHLETES	Dr. Camila Pereira
		3	ENHANCEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF TURBOCHARGERS UNDER VARIABLE OPERATING CONDITIONS	Dr. Kenji Nakamura, Prof. Dr. Michael T. Lawson
		4	ADVANCEMENTS IN NUMERICAL METHODS FOR STUDYING MANDIBULAR DISORDERS: INNOVATIONS AND APPLICATIONS	Dr. Mariam Al-Fahim, Prof. Dr. Takashi Ueno
		5	OPTIMIZING RISK PREDICTION USING NORMALIZED DATA IN LONG-TERM FINANCIAL MODELS	Dr. Luis Santiago, Assoc. Prof. Dr. Zhao Li, Prof. Ibrahim K. Darboe
		6	IMPROVING ACOUSTIC PERFORMANCE IN SPEAKER SYSTEMS THROUGH OPTIMIZED AIR VISCOSITY	Dr. Elena V. Mikhailova, Ricardo J. Moreno, Sofia T. Oliveira
		7	TOPOLOGICAL FEATURES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT CURVATURE	Dr. Hassan A. Madi, Prof. Erika R. Jensen
		8	NOVEL APPROACHES TO SIMULATING REACTION-DIFFUSION DYNAMICS ON CURVED GEOMETRIES	Dr. Idris Amara, Assis. Prof. Dr. Zhang Wei, Prof. David L. Johnson

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 9	Prof. Dr. Ming Liu,	1	TREATMENT OF VACTERL ASSOCIATION WITH LYMPHOCYTE THERAPY IN PREGNANT WOMEN	Ali Akbar, Assis. Prof. Dr. Khaled Al-Farsi,
		2	INTEGRATING HEALTHCARE WITH SMART IDENTITY CARDS: A FRAMEWORK FOR ADOPTION AND PRIVACY	Dr. Samar Al-Mansoori
		3	GENE SELECTION OPTIMIZATION IN LUNG AND OVARIAN CANCER USING STATISTICAL METHODS AND ALGORITHMS	Dr. Rania Mustafa, Prof. Dr. Hassan Al-Jabari, Dr. Omar Basyuni
		4	EFFECTS OF BLEEDING DURING EARLY PREGNANCY ON PERINATAL OUTCOMES: A COMPARATIVE STUDY	Dr. Zainab Farah, Assoc. Prof. Dr. Noor Al-Sayed, Dr. Hafiza Rahman
		5	ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF CARBON-COATED LIFE _{P4} AS CATHODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES	Prof. Dr. Ming Liu, Dr. Yifan Wang, Assis. Prof. Dr. Xiang Zhang
		6	IMPROVEMENTS IN ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF AL-DOPED LINI ₁ /3CO ₁ /3MN ₁ /3O ₂ CATHODES FOR HIGH-VOLTAGE LITHIUM-ION BATTERIES	Dr. David Kim, Assoc. Prof. Dr. Mei Lin, Dr. Jun Hwang
		7	FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF 3D SNO LEAFY NANOSTRUCTURES FOR LI-ION BATTERIES	Prof. Dr. Ahmed Zayed, Dr. Layla Al-Hashmi, Assoc. Rania Ibrahim
		8	PROPANE DEHYDROGENATION OVER PLATINUM-TIN CATALYSTS SUPPORTED ON MAGNESIUM ALUMINATE WITH VARYING MG/AL RATIOS	Dr. Emmanuel Nkurunziza, Dr. Lydia Mwangi

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 10	Assoc. Prof. S. Chaturvedi	1	COMPARATIVE ANALYSIS OF VMAT AND IMRT FOR OPTIMIZED CANCER TREATMENT	Dr. H. Ahmed, Assoc. Prof. A. Murad
		2	UNDERSTANDING AUTISM IN THE MIDDLE EAST: CHALLENGES AND INTERVENTIONS	Prof. Dr. R. Abdullah, Dr. Z. Al-Farsi, Assis. Prof. S. Al-Qarawi
		3	VALIDATING IGG ELISA FOR DIET-RELATED ALLERGIES IN DOGS	Dr. L. Gonzalez
		4	GENETIC DIVERSITY OF OCT1 IN ZULU POPULATIONS: IMPLICATIONS FOR DRUG RESPONSE	Dr. P. Zuma, Assoc. Prof. K. Khumalo, D. Ngubane
		5	EFFECTIVENESS OF ANTIGRAVITY TRAINING IN REDUCING OBESITY IN CHILDREN	Dr. W. El-Khatib, Prof. Dr. F. El-Amine
		6	ENHANCEMENT OF PHOTOVOLTAIC OUTPUT PREDICTION USING ADVANCED SOLAR DATA DECOMPOSITION METHODS	Dr. N. Yadav, Prof. Dr. A. Rathore, Assoc. Prof. S. Chaturvedi
		7	OPTIMIZATION OF ENERGY STORAGE IN SOLAR-INTEGRATED DISTRIBUTION NETWORKS	Prof. Dr. J. Okoro, Assis. Prof. T. Adebayo, Dr. L. Ikenna
		8	TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS	Dr. R. Basha, Assoc. Prof. Z. Taha
		9	TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS	Assoc. Prof. A. İbrahim, Dr. K. Khalil

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 11	Prof. Dr. Hassan Ali	1	SECURE ADS-B SYSTEMS USING HYBRID MODULATION TECHNIQUES	Dr. Linh T. Nguyen, Prof. Mei C. Huang, Assoc. Prof. Dr. Jia L. Wong
		2	PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR COOLING SYSTEMS WITH VARIABLE GENERATOR PRESSURE	Lamia M. Hussein, Assis. Prof. Dr. Hiroshi Tanaka, Prof. Dr. Kenji T. Yamada
		3	IMPACT OF VARIABLE PRIMARY STREAM CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF EJECTOR COOLING SYSTEMS	Dr. Rafael Moreira, Assoc. Prof. Dr. Jie Zhang, Ahmed Saleh, Samuel Okoro
		4	TIME-DOMAIN ANALYSIS OF FLOATING WAVE ENERGY CONVERTER PERFORMANCE	Yuki Nakamura, Prof. Dr. Mei Lin, Dr. Peter Mensah
		5	EVALUATION OF A HIGH-VOLTAGE GAIN DC/DC CONVERTER FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS	Chen Wei, Assis. Prof. Dr. Fatima Haddad, Prof. Dr. Marco dos Santos
		6	ANALYSIS OF CHILDHOOD POISONING ADMISSIONS IN LIBYA: THREE-YEAR RETROSPECTIVE STUDY	Assoc. Prof. Dr. Fatima Al-Bakri, Mohamed Hassan, Dr. Elena Petrov
		7	EFFECTS OF PROLACTIN ALTERATIONS ON MALE REPRODUCTIVE FUNCTION IN WHITE RATS	Prof. Dr. Hassan Ali
		8	IMPACT OF DEXAMETHASONE ON REPRODUCTIVE HEALTH IN JUVENILE RATS	A. Rahimi, Assoc. Prof. Dr. M. Amara

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 12	Dr. João P. Silva,	1	ROBUST CONTROL STRATEGIES FOR 3-DOF HELICOPTER DYNAMICS USING LQR-PID TECHNIQUES	Manuel Silva, Sophia Kim
		2	IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS	Fatou Ndiaye, Dr. Elias Moreno
		3	ADVANCED EYE-TRACKING SYSTEM FOR WHEELCHAIR NAVIGATION USING EOG SIGNALS	Diana Oliveira, Ahmed Khan,
		4	DESIGN OF LOW-COST EMG SIGNAL AMPLIFIERS FOR WEARABLE TECHNOLOGIES	Ahmed O. Ibrahim, Chike N. Okeke, Sophia Mensah
		5	PERFORMANCE ENHANCEMENT OF SINGLE-PHASE INVERTERS USING PWM CONTROL METHODS	Dr. João P. Silva, Maria C. Costa
		6	LOAD FREQUENCY CONTROL OPTIMIZATION VIA GENETIC ALGORITHM APPROACHES	Dr. Wanjiku N. Mwangi, Dr. Joseph A. Otieno
		7	AERODYNAMIC ANALYSIS OF MORPHING STABILIZERS FOR EXECUTIVE AIRCRAFT	Hassan M. Yusuf, Yoon S. Park, Fatima B. Sadiq
		8	ROBUST CONTROL STRATEGIES FOR 3-DOF HELICOPTER DYNAMICS USING LQR-PID TECHNIQUES	Manuel Silva, Aisha Ahmed, Sophia Kim
		9	IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS	Fatou Ndiaye, Dr. Elias Moreno

BURSA 4th INTERNATIONAL CONFERENCE ON MATHEMATICS AND ENGINEERING January 24 - 26, 2025 BURSA Meeting ID: 885 7151 8350 Passcode: 202224 26 Ocak / Jan 26, 2025 / 15:30 – 17:30 Time zone in Turkey (GMT+3)				
Salon	Moderator		Bildiri No ve Başlığı / Paper ID and Title	Authors
HALL / SALON 13	Dr. Tendai Ndlovu	1	INTEGRATED APPROACHES TO SMART MANUFACTURING AND MECHATRONICS DESIGN	Kenji Takahashi, Dr. Funmi Adebayo
		2	ADVANCED SIMULATION TECHNIQUES FOR ELECTRIC SKID-STEERING VEHICLES	Dr. Ibrahim Cissé, Assis. Prof. Dr. Hans De Vries
		3	ANALYSIS OF EXPANSION-INDUCED IRONING IN ADVANCED WELL CASING TECHNOLOGIES	Dr. Felipe Carvalho, Leila Hamdi
		4	DEVELOPMENT OF INDOOR DRONE SYSTEMS FOR CREATIVE INDUSTRY INNOVATIONS	Assoc. Prof. Dr. Ahmed Hassan, Dr. Claudia Marini
		5	EMOTIONALLY INTELLIGENT ROBOTS FOR SOCIAL INTERACTION	Dr. Minji Park, Prof. Dr. Dr. Bruno Oliveira
		6	ADVANCING EMOTION-SENSITIVE AI IN ROBOTIC SYSTEMS: A STUDY OF MULTIMODAL EMOTION RECOGNITION APPROACHES	Dr. Adewale Ogunleye, Assoc. Prof. Dr. Mei Ling, Lec. Sofia Martinez
		7	IMPACT ASSESSMENT OF LEAN MANUFACTURING ON ORGANIZATIONAL SUCCESS: A STRUCTURAL ANALYSIS FRAMEWORK	Dr. Tendai Ndlovu
		8	DESIGN AND ANALYSIS OF A DUAL-ACTUATED MICROGRIPPER FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	Assis. Prof. Dr. Dr. Fatou Ndiaye, Dr. Carlos Gómez, Phd. Dr. Jian Huang
		9	INTEGRATED APPROACHES TO SMART MANUFACTURING AND MECHATRONICS DESIGN	Kenji Takahashi, Dr. Funmi Adebayo

Contents

THE TRAJECTORY OF PARTICLES DEPENDS ON THE PLANES.....	1
ON THE MODULATIONS OF OBJECTS' MOVEMENT	2
A generalized critical estimate in chemotaxis systems.....	3
MAPLE'DA TÜREVI ANLATAN DİNAMİK ÖĞRENME NESNESİ VE SİMÜLASYONU: MATEMATİKSEL KEŞİF VE ÖĞRENME YOLCULUĞU	5
MAPLE'DA ÇEMBERİN 3D SİMÜLASYONU: GEOMETRİK KEŞİF VE GÖRSEL ANALİZ	15
ARF SAYISAL YARIGRUPLARIN RF-BAĞINTILARI.....	23
SOME MEIR-KEELER TYPE FIXED-DISC RESULTS ON S-METRIC SPACES	24
INTERPOLATIVE KANNAN TYPE CYCLIC CONTRACTION ON S-METRIC SPACES	32
DIVISION AND INTERSECTION OF G-CLASSES OF MATRICES	38
ON A SEQUENCE OF DERIVATIVES OF FUNCTION	43
ON DIVISION OF THE GENERALIZED MAX FRANK MATRICES	53
OPTİMAL KONTROL PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN NÜMERİK BİR YAKLAŞIM.....	61
AN ANALYTICAL STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRIC FUNCTIONS AND z-TRANSFORM	62
CALCULATION OF CORNER LENGTH OF PATTERNED SQUARES	64
EXAMINING THE CONCEPT OF ROUGH EQUIVALENCE AND LOCAL ROUGH EQUIVALENCE IN DETERMINING THE TREES FARMERS OWN	65
NORMLU LİNEER UZAYLARDA NÖTROSOFİK YAKLAŞIM.....	72
SAHARAN DUST EVENTS DURING WINTER IN THE WESTERN BALKANS.....	74
INNOVATIVE BLUE CRAB CULTURE USING BIOFLOC TECHNOLOGY	78
MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS USED FOR ANIMAL FEED AND ANIMAL HEALTH IN DEMİRCİLER VILLAGE (ARTVİN-BORÇKA)	84
ÜRETEEN TÜKETİCİ OLARAK TARIM SEKTÖRÜNDE ENERJİ KULLANIMI: ZORLUKLAR VE FIRSATLAR	85
TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ FİNANSMANINDA KAMU KAYNAKLARININ ÖNEMİ ..	100
ARMUTTA MEYVE KALİTESİ ALGISI	108
ORDU EKOLOJİSİNDE YETİŞTİRİLEN 'AKÇAKOCA 77*' VE 'İSTANBUL' STANDART MUŞMULA ÇEŞİTLERİNİN POMOLOJİK ÖZELLİKLERİ.....	117
DETERMINATION OF PYROLYSIS AND KINETIC PARAMETERS OF PALM SEED AND OLIVE SEED.....	127
ORTA GERİLİM KABLO İZOLASYON MALZEMELERİNİN PERFORMANS FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ .	142
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN METEOROLOJİK KURAKLIKLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YAMULA BARAJI HAVZASI ÖRNEĞİ	144
USAGE OF LUCUMA POWDER AS SUGAR REPLACER IN REGULAR AND GLUTEN-FREE CAKES.....	158
İŞLETMELER İÇİN KURYE VERİMLİLİK SİMÜLASYONU	169
BANKA ATM SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONU	175

TRANSFERRING THE HODGKIN-HUXLEY NEURON MODEL TO FPGA AND INVESTIGATION OF ITS RESPONSE TO DIFFERENT EXCITING CURRENTS.....	183
HEALTH ANALYSIS USING FACE MAPPING METHOD WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUE	197
DDAW UYGULAMASININ ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA ENTEGRE EDİLMESİ VE ÇEVREYE KAZANIMLARI.....	212
ANALYSIS OF ENZYME SEQUENCES USING SPECTRAL CLUSTERING METHOD.....	226
A HYBRID PREDICTION SYSTEM USING FUZZY LOGIC AND SVM: ON QSAR DATA MODELLING	233
İZMİR-BORNOVA İLÇESİNDE KAPALI ALANLARDA ÇALIŞANLARIN MARUZ KALDIĞI RADYOAKTİF RADON GAZI KONSANTRASYONLARININ ÖLÇÜLMESİ	244
ÇOK MAKİNALI GÜÇ SİSTEMİNDE SVC-POD'UN GEÇİCİ KARARLILIK DURUMUNDA OPTİMAL YERLEŞİM YERİNİN BELİRLENMESİ.....	245
ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE FARKLI RÜZGAR HIZI VE SERİ KOMPAZASYON ORANLARINDA ALT SENKRON REZONANS ANALİZİ	258
DETERMINATION OF Ni ²⁺ IONS REMOVAL PERFORMANCE OF FUNCTIONALIZED COMPOSITE MATERIALS CONTAINING ZnO NANOPARTICLE	269
CHEMICAL PROFILE OF TUNCELI PULUMUR HONEY	270
Ag/TiO ₂ /GS/nSi SENSÖRÜNÜN FARKLI ALKOL BUHARILARINI ALGILAMA DAVRANIŞI	271
BEHAVIOUR OF THE AG/TiO ₂ /GS/nSi SENSOR TO DETECT DIFFERENT ALCOHOL VAPOURS	272
CFRP TAKVİYELİ BETON KİRİŞLERDE KOMPOZİT-BETON ARAYÜZ MEKANIĞININ İNCELENMESİ.....	273
GALVANNEAL KAPLAMANIN DUAL FAZLI ÇELİKLERİN AŞINMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ	275
BALANCING EXPLORATION AND EXPLOITATION IN HYPERPARAMETER TUNING WITH HYBRID OPTIMIZATION APPROACHES.....	283
A NOVEL ROBUST ADAPTIVE LASSO ESTIMATOR: SIMULATION STUDIES AND PERFORMANCE EVALUATION.....	291
INTEGRATING CONDITION MONITORING AND DEEP LEARNING FOR DIESEL ENGINE FAULT DIAGNOSTICS	298
SERT KROM KAPLANMIŞ 416 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKTE KAPLAMA PARAMETRELERİNİN ETKİSİ	299
RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY.....	300
INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES	301
AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS	302
ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES	303
MODELLING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS	304
NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES.....	305
OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH.....	306
STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL.....	307

OPTIMIZING PERFORMANCE IN MARTIAL ARTS FOR ATHLETES WITH VISUAL IMPAIRMENTS: AN AHP APPROACH	308
EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY ON METABOLIC MARKERS IN HIGH-PERFORMANCE	309
ENHANCEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF TURBOCHARGERS UNDER VARIABLE OPERATING CONDITIONS	310
ADVANCEMENTS IN NUMERICAL METHODS FOR STUDYING MANDIBULAR DISORDERS: INNOVATIONS AND APPLICATIONS	311
OPTIMIZING RISK PREDICTION USING NORMALIZED DATA IN LONG-TERM FINANCIAL MODELS	312
IMPROVING ACOUSTIC PERFORMANCE IN SPEAKER SYSTEMS THROUGH OPTIMIZED AIR VISCOSITY	313
TOPOLOGICAL FEATURES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT CURVATURE	314
NOVEL APPROACHES TO SIMULATING REACTION-DIFFUSION DYNAMICS ON CURVED GEOMETRIES.	315
TREATMENT OF VACTERL ASSOCIATION WITH LYMPHOCYTE THERAPY IN PREGNANT WOMEN	316
INTEGRATING HEALTHCARE WITH SMART IDENTITY CARDS: A FRAMEWORK FOR ADOPTION AND PRIVACY	317
GENE SELECTION OPTIMIZATION IN LUNG AND OVARIAN CANCER USING STATISTICAL METHODS AND ALGORITHMS	318
EFFECTS OF BLEEDING DURING EARLY PREGNANCY ON PERINATAL OUTCOMES: A COMPARATIVE STUDY	319
ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF CARBON-COATED LiFePO_4 AS CATHODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES	320
Prof. Dr. Ming Liu, Dr. Yifan Wang, Assis. Prof. Dr. Xiang Zhang Department of Materials Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, China	320
IMPROVEMENTS IN ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF AL-DOPED $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ CATHODES FOR HIGH-VOLTAGE LITHIUM-ION BATTERIES	321
COMPARATIVE ANALYSIS OF VMAT AND IMRT FOR OPTIMIZED CANCER TREATMENT	322
UNDERSTANDING AUTISM IN THE MIDDLE EAST: CHALLENGES AND INTERVENTIONS	323
FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF 3D SNO LEAFY NANOSTRUCTURES FOR LI-ION BATTERIES	324
PROPANE DEHYDROGENATION OVER PLATINUM-TIN CATALYSTS SUPPORTED ON MAGNESIUM ALUMINATE WITH VARYING MG/AL RATIOS	325
VALIDATING IGG ELISA FOR DIET-RELATED ALLERGIES IN DOGS	326
GENETIC DIVERSITY OF OCT1 IN ZULU POPULATIONS: IMPLICATIONS FOR DRUG RESPONSE	327
EFFECTIVENESS OF ANTIGRAVITY TRAINING IN REDUCING OBESITY IN CHILDREN	328
ENHANCEMENT OF PHOTOVOLTAIC OUTPUT PREDICTION USING ADVANCED SOLAR DATA DECOMPOSITION METHODS	329
OPTIMIZATION OF ENERGY STORAGE IN SOLAR-INTEGRATED DISTRIBUTION NETWORKS	330
TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS	331
SECURE ADS-B SYSTEMS USING HYBRID MODULATION TECHNIQUES	332

PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR COOLING SYSTEMS WITH VARIABLE GENERATOR PRESSURE	333
IMPACT OF VARIABLE PRIMARY STREAM CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF EJECTOR COOLING SYSTEMS	334
TIME-DOMAIN ANALYSIS OF FLOATING WAVE ENERGY CONVERTER PERFORMANCE	335
EVALUATION OF A HIGH-VOLTAGE GAIN DC/DC CONVERTER FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS	336
ANALYSIS OF CHILDHOOD POISONING ADMISSIONS IN LIBYA: THREE-YEAR RETROSPECTIVE STUDY ..	337
EFFECTS OF PROLACTIN ALTERATIONS ON MALE REPRODUCTIVE FUNCTION IN WHITE RATS	338
IMPACT OF DEXAMETHASONE ON REPRODUCTIVE HEALTH IN JUVENILE RATS.....	339
INTEGRATED APPROACHES TO SMART MANUFACTURING AND MECHATRONICS DESIGN.....	340
ADVANCED SIMULATION TECHNIQUES FOR ELECTRIC SKID-STEERING VEHICLES.....	341
ANALYSIS OF EXPANSION-INDUCED IRONING IN ADVANCED WELL CASING TECHNOLOGIES	342
DEVELOPMENT OF INDOOR DRONE SYSTEMS FOR CREATIVE INDUSTRY INNOVATIONS	343
EMOTIONALLY INTELLIGENT ROBOTS FOR SOCIAL INTERACTION.....	344
ADVANCING EMOTION-SENSITIVE AI IN ROBOTIC SYSTEMS: A STUDY OF MULTIMODAL EMOTION RECOGNITION APPROACHES.....	345
IMPACT ASSESSMENT OF LEAN MANUFACTURING ON ORGANIZATIONAL SUCCESS: A STRUCTURAL ANALYSIS FRAMEWORK	346
DESIGN AND ANALYSIS OF A DUAL-ACTUATED MICROGRIPPER FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS	347
ROBUST CONTROL STRATEGIES FOR 3-DOF HELICOPTER DYNAMICS USING LQR-PID TECHNIQUES ...	348
IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS	349
ADVANCED EYE-TRACKING SYSTEM FOR WHEELCHAIR NAVIGATION USING EOG SIGNALS	350
DESIGN OF LOW-COST EMG SIGNAL AMPLIFIERS FOR WEARABLE TECHNOLOGIES	351
PERFORMANCE ENHANCEMENT OF SINGLE-PHASE INVERTERS USING PWM CONTROL METHODS...	352
LOAD FREQUENCY CONTROL OPTIMIZATION VIA GENETIC ALGORITHM APPROACHES	353
AERODYNAMIC ANALYSIS OF MORPHING STABILIZERS FOR EXECUTIVE AIRCRAFT.....	354
IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS	356

THE TRAJECTORY OF PARTICLES DEPENDS ON THE PLANES

Asst. Prof. Dr. ÇAĞLA RAMİS İLGÜZ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, cramis@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-2809-8324

ABSTRACT

Describing the trajectory of a particle refers to the path that a particle follows through space as a function of time. It is mathematically denoted along the x-, y-, and z-axes but locally we may use any orthonormal frames depending on the path. As the particle moves along the path, realistic motion simulations can be interpreted according to where the position vector is located. In this study, the position vector is handled in the main planes such as rectifying and then we give a method to find the path under certain force fields where the particle's velocity and acceleration vectors are.

Keywords : Orthonormal frame, rectifying plane, rectifying curve.

ON THE MODULATIONS OF OBJECTS' MOVEMENT

Asst. Prof. Dr. ÇAĞLA RAMİS İLGÜZ

Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, cramis@nevsehir.edu.tr - 0000-0002-2809-8324

ABSTRACT

Describing the movement of objects where the distances between any two points in the body remain constant during motion is a fundamental concept in mechanics. This concept combines aspects of translation, rotation, and a combination of both in various dimensions. Mathematical versions of movements can be described using quaternion algebra, transformation matrices, or differential equations, particularly when analyzing dynamics. In this study, transformation matrices are modulated and applied to Newton's and Euler's differential equations.

Keywords : Rotation minimizing, momentum, Newton-Euler formula.

A generalized critical estimate in chemotaxis systems

Öğr. Gör. Dr. Halil İbrahim KURT

Artvin Çoruh Üniversitesi

bayhalilkurt@artvin.edu.tr

ORCID ID: 0000-0002-9549-6445

ÖZET

Consider the following IVP problem with the smooth initial data and homegeneous Neumann boundary condition, known as Keller-Segel type chemotaxis system,

$$\begin{cases} u_t = \Delta u - \nabla \cdot (\chi(u, v) \nabla v) + f(u), & x \in \Omega, t > 0, \\ \tau v_t = \Delta v + g(u, v), & x \in \Omega, t > 0, \\ \frac{\partial u}{\partial \nu} = \frac{\partial v}{\partial \nu} = 0, & x \in \partial\Omega, t > 0, \\ u(x, 0) = u_0(x) & x \in \Omega, t > 0 \end{cases} \quad (1)$$

where $\Omega \subset \mathbb{R}^n$ with $n \geq 1$ is a smooth bounded domain; $\chi(u, v)$ is the chemotactic sensitivity function; $f(u)$ is the logistic growth source; and $g(u, v)$ is the reaction function. The term chemotaxis describes the directional movement of mobile cells or living species in response to certain chemicals in their environments and has a significant role in a diverse range of biological processes, such as population dynamics, tumor progression, immune responses, etc.

The fundamental problems in chemotaxis models consist of issues such as local existence, uniqueness, finite time blow-up, global existence, boundedness, persistence, asymptotic stability of classical solutions, etc. Over the years, these problems have been extensively investigated for many variations of the chemotaxis models presented above. Within all of these problems, the L^p -boundedness of solutions is a key factor in studying the dynamical properties of the system (1). In order to obtain the L^p -boundedness of solutions, it is essential to establish some relations between the terms $u, v, \nabla u, \nabla v$ with the help of the second equation. Among others, one of the most important estimates in the literature is obtained when the coefficient $\tau = 0$ and the function $g(u, v) = -v + u$, that is,

$$\int_{\Omega} \frac{|\nabla v|^{2p}}{v^k} \leq M \int_{\Omega} \frac{u^p}{v^{k-p}} + C \int_{\Omega} v^{2p-k}, \quad (2)$$

for some positive constants $M, C > 0$.

In this study, we will provide some generalizations to the estimate (2) in the case of the parameter $\tau > 0$ and an arbitrarily chosen function $g(u, v)$.

Keywords : Chemotaxis, elliptic estimates, parabolic estimates, L^p -boundedness, global existence, global boundedness.

MAPLE'DA TÜREVI ANLATAN DİNAMİK ÖĞRENME NESNESİ VE SİMÜLASYONU: MATEMATİKSEL KEŞİF VE ÖĞRENME YOLCULUĞU

Dynamic Learning Object and Simulation Explaining Derivatives in Maple: A Mathematical Exploration and Learning Journey

Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ
Atatürk Üniversitesi, alibabapur1983@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5958-5056
Prof. Dr. Yasin SOYLU
Atatürk Üniversitesi, yasinsoylu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2951-0069

ÖZET

Bu çalışma, Maple yazılımı kullanılarak türev konusunun öğretimi için geliştirilen dinamik bir öğrenme nesnesi ve simülasyonunun tanıtımını amaçlamaktadır. Geliştirilen öğrenme nesnesi, öğrencilere türev kavramını etkileşimli bir şekilde keşfetme imkanı sunmakta ve bu süreçte Maple'ın güçlü matematiksel hesaplama ve görselleştirme olanaklarından faydalanılmaktadır. Simülasyon, türevin hem geometrik hem de analitik yönlerinin anlaşılmasını desteklemek üzere tasarlanmış olup, öğrencilere türev konusunda derinlemesine bir anlayış kazandırmayı hedeflemektedir. Bu çalışma, matematik öğretim süreçlerini zenginleştirmeyi ve öğrencilerin türev gibi soyut kavramları daha somut bir biçimde kavramalarına yardımcı olmayı amaçlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Maple Yazılımı, Türev, Dinamik Öğrenme Nesnesi, Simülasyon, Matematiksel Keşif

ABSTRACT

This study aims to introduce a dynamic learning object and simulation developed for teaching the concept of derivatives using Maple software. The developed learning object provides students with the opportunity to explore the concept of derivatives interactively, utilizing Maple's powerful mathematical computation and visualization capabilities. The simulation is designed to support the understanding of both the geometric and analytic aspects of derivatives, aiming to provide students with a deep understanding of the concept. This study seeks to enrich mathematics teaching processes and help students grasp abstract concepts such as derivatives in a more concrete way.

Keywords: Maple Software, Derivative, Dynamic Learning Object, Simulation, Mathematical Exploration

Giriş

Matematiksel düşünme, soyut kavramların somutlaştırılması yoluyla gelişen ve öğrencilerin problem çözme becerilerini güçlendiren önemli bir süreçtir. Bu süreçte matematiksel kavramların daha etkili bir şekilde öğretilmesi için teknoloji tabanlı araçların kullanımı giderek artmaktadır. Aydoğdu, Erşen ve Tutak (2014), materyal destekli matematik öğretiminin öğrencilerin başarılarını ve tutumlarını olumlu yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Aynı şekilde, Aşkar (2004), eğitimde öğrenme nesnelerinin kullanımıyla ilgili yeni bir paradigma oluşturmuş, bu araçların öğrencilere soyut matematiksel kavramları daha somut ve etkileşimli bir biçimde sunma potansiyelini vurgulamıştır. Bu bağlamda, özellikle türev gibi karmaşık matematiksel kavramların öğretiminde teknolojinin sağladığı avantajlar ön plana çıkmaktadır.

Türev, özellikle analiz derslerinde öğrencilere soyut bir kavram olarak sunulmakta ve çoğu öğrenci için anlaşılması güç bir konu olmaktadır. Çakıroğlu, Baki ve Akkan (2012), dinamik öğrenme nesnelerinin, öğrencilerin bu tür soyut kavramları daha iyi anlamalarını sağladığını ve öğrenme süreçlerinde kavramsal bir derinlik kazandırdığını belirtmiştir. Maple yazılımı, matematiksel hesaplamaların ve görselleştirmenin gücünden faydalanan bu tür zorlukların üstesinden gelmeyi mümkün kılmaktadır. Maple, öğrencilerin türev gibi konularda etkileşimli ve görsel deneyimler yaşamalarına imkan tanırken, soyut matematiksel ilişkileri somutlaştırarak anlamalarını kolaylaştırmaktadır.

Maple yazılımı, matematiksel konuları görselleştirmek ve öğrencilerin bu konularla ilgili düşünsel süreçlerini desteklemek amacıyla geliştirilmiş güçlü bir araçtır. Baki (2002), bilgisayar destekli matematik öğretiminin öğrencilere sadece teknik beceriler kazandırmakla kalmayıp, aynı zamanda onların analitik ve eleştirel düşünme becerilerini de geliştirdiğini vurgulamaktadır. Özellikle türev konusundaki uygulamalar, öğrencilerin bu kavramı daha derinlemesine keşfetmelerini sağlar. Maple'in 3D simülasyonları, türev gibi kavramları öğrencilerin daha iyi anlamalarına olanak tanır ve konunun her bir aşamasının görsel bir şekilde sunulmasını sağlar.

Dinamik geometri yazılımları, geometri ve analiz gibi derslerde öğrencilere öğrenme nesnelerini sunma konusunda etkili bir araçtır. Stewart (2011), türev gibi konularda etkileşimli bir öğrenme ortamı yaratmanın öğrencilerin konuyu daha kolay kavramalarını sağladığını belirtmiştir. Maple yazılımında türev konusunun 3D simülasyonları, öğrencilerin türev kavramını hem teorik hem de görsel açıdan anlamalarına yardımcı olur. Bu simülasyonlar, öğrencilerin konuyu daha somut bir şekilde keşfetmelerini sağlar, bu da onların kavramsal anlama becerilerini güçlendirir.

Buteau ve Mgombelo (2012), öğrenme nesnelerinin matematik öğretiminde kullanımının, öğrencilerin soyut kavramları anlamalarını önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Dinamik öğrenme nesneleri, öğretmenlere ve öğrencilere, kavramları somutlaştırarak öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirme fırsatı sunar. Bu tür bir yaklaşım, özellikle türev gibi soyut kavramların öğretiminde önemli bir etkiye sahiptir. Maple’de oluşturulan türev simülasyonları, öğrencilerin bu kavramları daha az soyut, daha anlaşılır bir biçimde keşfetmelerine olanak sağlar.

Çeşitli eğitim teknolojileri, öğrenme süreçlerinde önemli değişiklikler yaratmaktadır. Bonaveri ve arkadaşları (2015), teknoloji kullanımının öğrenci başarısını artırmada büyük bir rol oynadığını ifade etmiştir. Özellikle animasyonlar ve simülasyonlar, matematiksel kavramların daha etkili bir şekilde anlaşılmasını sağlar. Maple yazılımı da türev gibi konuları animasyon ve simülasyonlarla sunarak öğrencilerin bu kavramları daha iyi içselleştirmelerine olanak tanımaktadır. Bu süreç, öğrencilerin türevle ilgili kavramsal anlamalarını artırarak, onların matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur.

Öğrenme nesnelerinin eğitimde kullanımının matematiksel öğrenme üzerinde büyük bir etkisi vardır. Aydoğdu ve arkadaşları (2014) materyal destekli öğretim ile öğrencilerin matematiksel başarılarını artırdığını ortaya koymuşlardır. Maple yazılımında geliştirilen türev simülasyonları, öğrencilerin hem teorik hem de pratik düzeyde öğrenmelerine olanak tanır. Bu simülasyonlar, öğrencilere soyut matematiksel kavramları daha somut bir biçimde sunarak, öğrenme süreçlerini daha verimli hale getirir.

Maple yazılımının türev gibi konularda sağladığı görselleştirmeler, öğrencilere sadece sayısal sonuçları değil, aynı zamanda bu sonuçların geometrik ve fonksiyonel anlamlarını da kavratmaktadır. Kohen ve Nitzan-Tamar (2022), matematiksel modelleme ve problem çözme süreçlerinde görselleştirmenin öğrenci başarısını önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Maple,

öğrencilere türev konusunu hem geometrik hem de analitik düzeyde keşfetme fırsatı sunar, bu da onların matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine yardımcı olur.

Sonuç olarak, Maple yazılımı ile türev gibi soyut matematiksel kavramların öğretimi, öğrencilere etkili ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Bu tür dinamik öğrenme nesneleri, öğrencilerin türev kavramını daha iyi anlamalarına ve bu kavramı çeşitli perspektiflerden keşfetmelerine olanak tanır. Maple, eğitimdeki teknolojik potansiyelini kullanarak öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmekte ve öğrenme süreçlerini daha verimli hale getirmektedir. Dinamik öğrenme nesneleri ve simülasyonlar, türev gibi matematiksel kavramların öğretiminde güçlü bir araçtır ve bu araçların kullanımı, öğrencilerin matematiksel keşif ve öğrenme yolculuklarında önemli bir adım atmalarını sağlamaktadır.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, Maple yazılımı kullanılarak türev kavramını anlatan dinamik öğrenme nesneleri (DMÖN) ve simülasyonlarının geliştirilmesi ve bu araçların matematik öğretimindeki etkinliğinin incelenmesidir. Matematiksel kavramların öğretiminde, soyut bilgilerin somutlaştırılması büyük bir önem taşımaktadır. Bu bağlamda, türev gibi karmaşık matematiksel konuların, dinamik görselleştirme ve etkileşimli öğrenme yöntemleriyle daha anlaşılır hâle getirilmesi hedeflenmektedir (Baki, 2002; Aydoğdu, Erşen & Tutak, 2014). Maple yazılımının güçlü grafikleme ve hesaplama yetenekleri, türev konusunun görselleştirilmesine olanak tanıyarak, öğrencilere kavramsal anlamalarını derinleştirecek bir öğrenme deneyimi sunacaktır. Bu çalışma, Maple yazılımı aracılığıyla türev öğretiminde dinamik öğrenme nesnelerinin kullanımını araştırarak, bu tür teknolojilerin matematiksel keşif ve öğrenmeye olan katkılarını incelemeyi amaçlamaktadır (Buteau & Mgombelo, 2012).

Önem

Matematiksel kavramların öğretiminde teknolojinin kullanımı, öğrencilerin kavramsal anlayışlarını geliştirme açısından kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle türev gibi soyut ve zorlayıcı konularda, dinamik öğrenme nesneleri ve simülasyonlar, öğrencilere bu kavramları görsel ve etkileşimli yollarla keşfetme imkânı sunarak, anlamalarını derinleştirmektedir (Aydoğdu, Erşen & Tutak, 2014). Baki (2002), bilgisayar destekli matematik öğretiminin öğrenenler üzerinde olumlu etkiler yaratacağını belirtmiştir. Maple yazılımı, bu tür teknolojik

yaklaşımlarla türev gibi soyut konuları somutlaştırarak, öğrencilerin hem teorik hem de uygulamalı düzeyde bu kavramları öğrenmelerini sağlar (Stewart, 2011). Ayrıca, dinamik geometri yazılımları ve öğrenme nesneleri, öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini geliştirme konusunda önemli fırsatlar sunmaktadır (Badeleh, 2017).

Bu çalışma, türev öğretiminde teknoloji kullanımının öğrenme sürecine olan katkılarını inceleyerek, matematiksel düşünme becerilerini geliştirme sürecinde önemli bir adım atmaya amaçlamaktadır. Ayrıca, bu tür teknolojik yaklaşımlar öğrencilerin öğrenme süreçlerine daha fazla katılım göstermelerini sağlayarak, derslere olan ilgiyi artırmaktadır (Bonaveri et al., 2015). Maple gibi yazılımlar, matematiksel kavramların görselleştirilmesi ve daha somut hale getirilmesi için etkili araçlar sunmaktadır. Bu çalışma, dinamik öğrenme nesneleri ve simülasyonların, türev öğretiminde etkili bir öğrenme deneyimi yaratma potansiyelini ortaya koyarak, matematiksel öğretimin geleceğine katkıda bulunmayı amaçlamaktadır (Kohen & Nitzan-Tamar, 2022).

Bulgular

Bu çalışmada, Maple programı kullanılarak Dinamik Matematik Öğrenme Nesneleri'nin (DMÖN) modellenmesi için gereken komutlar açıklanmıştır. Ayrıca, Türev ünitesini temsil eden bir simülasyonun adım adım nasıl oluşturulacağı ele alınmıştır. Maple programında, örnek bir Türev uygulamasını gösteren bir öğrenme nesnesi oluşturmanın aşamaları şu şekilde özetlenebilir:

1. Adım: Maple'ı Başlatma ve Yeni Bir Çalışma Sayfası Açma

Maple'ı açın ve yeni bir çalışma sayfası başlatın.

2. Adım: Gerekli Kütüphaneleri Yükleme

Türev hesaplama ve grafikleri çizmek için gerekli olan kütüphaneleri yükleyin.

with(plots):

with(Student[Calculus1]):

3. Adım: Fonksiyonu Tanımlama

Öncelikle türevini alacağınız bir fonksiyonu tanımlayın. Örneğin, $f(x) = x^2 + 3x + 2$ fonksiyonunu kullanabilirsiniz.

```
f := x -> x^2 + 3*x + 2;
```

4. Adım: Fonksiyonun Grafiğini Çizme

Tanımladığınız fonksiyonun grafiğini çizmek için aşağıdaki komutu kullanın:

```
plot(f(x), x = -5..5, color = blue, title = "Fonksiyonun Grafiği", labels = ["x", "f(x)"]);
```

5. Adım: Türevini Hesaplama

Fonksiyonun türevini hesaplamak için diff komutunu kullanın:

```
f_prime := diff(f(x), x);
```

6. Adım: Türev Fonksiyonunu Tanımlama ve Çizme

Hesapladığınız türev fonksiyonunu tanımlayın ve grafiğini çizin:

```
f_prime_func := unapply(f_prime, x);
```

```
plot(f_prime_func(x), x = -5..5, color = red, title = "Türev Fonksiyonunun Grafiği", labels = ["x",  
"f'(x)"]);
```

7. Adım: Türev Kavramını Anlatma

Bir noktadaki türev, o noktadaki teğet doğrusunun eğimini ifade eder. Bunu göstermek için belirli bir noktadaki türev değerini hesaplayın ve bu noktadaki teğet doğrusunu çizin.

a. Teğet Noktasını Belirleme

Teğet doğrusu çizileceği noktayı belirleyin. Örneğin, $x = 1$ noktasını kullanabilirsiniz.

```
a := 1;
```

b. Teğet Doğrusunu Hesaplama

Teğet doğrusu için gerekli olan eğim ve y-kesim noktasını hesaplayın:

```
slope := eval(f_prime, x = a);
```

```
y_intercept := eval(f(a) - slope*a);
```

```
tangent_line := slope*x + y_intercept;
```

c. Fonksiyon ve Teğet Doğrusunun Birlikte Grafiği

Fonksiyon ve teğet doğrusunu aynı grafikte gösterin:

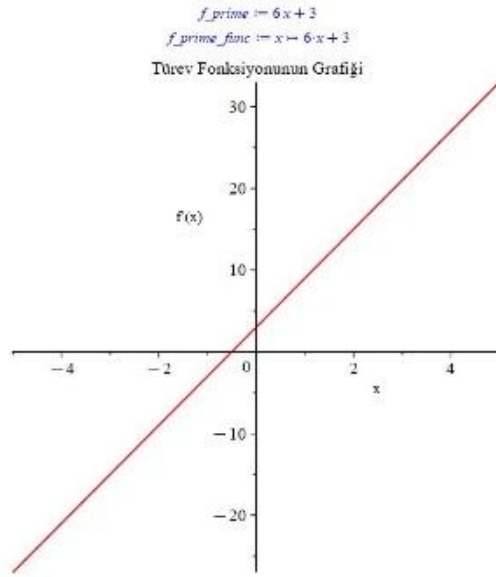
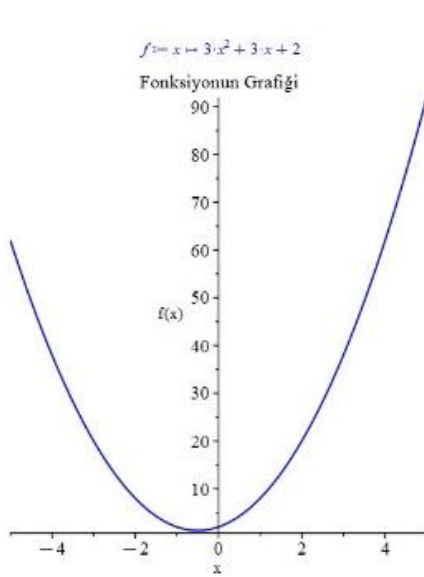
```
plot([f(x), tangent_line], x = -5..5, color = [blue, red], title = "Fonksiyon ve Teğet Doğrusu", labels =  
["x", "y"], legend = ["Fonksiyon", "Teğet Doğrusu"]);
```

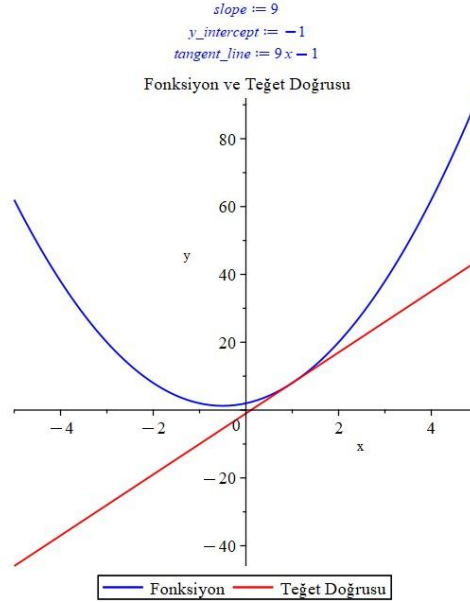
8. Adım: Dinamik Teğet Doğrusu Simülasyonu

Teğet doğrusunu dinamik hale getirmek için bir animasyon oluşturun. Bunun için animate fonksiyonunu kullanabilirsiniz:

```
animate(  
  plot,  
  [f(x), x = -5..5, color = blue],  
  x = -5..5,  
  frames = 100,  
  title = "Dinamik Teğet Doğrusu",  
  labels = ["x", "y"]  
);
```

Bu adımları takip ederek, Maple'da türev kavramını anlatan bir simülasyon oluşturabilirsiniz. Bu simülasyon, bir fonksiyonun türevini hesaplama, türev fonksiyonunu çizme ve teğet doğrularını görselleştirme gibi konuları kapsar.





```
> with(plots):  
with(Student[Calculus1]):  
f:=x->3*x^2+3*x+2;  
plot(f(x),x=-5..5,color=blue,title="Fonksiyonun Grafiği",labels=["x","f(x)"]);  
f_prime:=diff(f(x),x);  
f_prime_func:=unapply(f_prime,x);  
plot(f_prime_func(x),x=-5..5,color=red,title="Türev Fonksiyonunun Grafiği",labels=["x","f'(x)"]);  
a:=1;  
slope:=eval(f_prime,x=a);  
y_intercept:=eval(f(a)-slope*a);  
tangent_line:=slope*x+y_intercept;  
plot([f(x),tangent_line],x=-5..5,color=[blue,red],title="Fonksiyon ve Teğet Doğrusu",labels=["x","y"],legend=["Fonksiyon","Teğet Doğrusu"]);  
animate(  
plot,  
[f(x),x=-5..5,color=blue],  
x=-5..5,  
frames=100,  
ritile="Dinamik Teğet Doğrusu",  
labels=["x","y"]  
);
```

Sonuç

Bu çalışma, Maple yazılımı kullanılarak türev konusunun öğretiminde dinamik öğrenme nesnelerinin (DMÖN) ve simülasyonların etkinliğini incelemiştir. Elde edilen bulgular, teknoloji destekli öğretim yöntemlerinin, özellikle türev gibi soyut kavramların öğrenilmesinde öğrencilerin anlamalarını derinleştirdiğini ve öğrenme süreçlerini zenginleştirdiğini göstermektedir. Maple yazılımının güçlü grafik ve hesaplama özellikleri, türev kavramının görselleştirilmesini mümkün kılarak, öğrencilerin bu kavramı daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmuştur (Baki, 2002; Memişoğlu, 2005).

Dinamik öğrenme nesneleri, türev konusunun hem teorik hem de uygulamalı yönlerinin etkili bir şekilde öğrenilmesini sağlamıştır. Öğrenciler, etkileşimli simülasyonlar sayesinde türev hesaplamalarını daha kolay bir şekilde kavramış ve matematiksel düşünme becerilerini geliştirmiştir. Bu durum, teknoloji destekli öğretimin geleneksel yöntemlere göre daha etkili bir öğrenme yolu sunduğunu ortaya koymaktadır (Öztürk, 2011; Thomas, Weir & Hass, 2018). Sonuç olarak, türev öğretiminde kullanılan dinamik öğrenme nesnelerinin ve simülasyonlarının, öğrencilerin akademik başarıları üzerinde olumlu bir etki yarattığı ve matematiksel kavramları daha derinlemesine anlamalarına olanak sağladığı sonucuna varılmaktadır. Bu çalışma, matematiksel öğretim süreçlerinde teknoloji kullanımının potansiyelini ortaya koyarak, gelecekteki eğitim uygulamalarına katkı sağlamaktadır (Dur, 2016; Ekmez, 2016).

Kaynakça

- 1.Aşkar, P. (2004). Eğitim teknolojisi için yeni bir kavram: Öğrenme nesneleri. 12. Eğitimi Bilimleri Kongresi Bildiriler Cilt II, 1148-1155. Gazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü.
- 2.Aydoğdu, M., Erşen, A. N., & Tutak, T. (2014). Materyal destekli matematik öğretiminin ortaokul 6. sınıf öğrenci başarısına ve tutumuna etkisi. *Turkish Journal of Educational Studies*, 1(3), 166-185.
- 3.Badeleh, A. (2017). The impact of electronic content and workshop teaching on learning and retention of mathematics. *Quarterly of Educational Psychology Allameh Tabataba'i University*, 13(44).
- 4.Baki, A. (2002). *Öğrenen ve öğretmenler için bilgisayar destekli matematik*. İstanbul: Ceren Yayınları.
- 5.Bonaveri, P. D., Blanco, L. S., Calvo, M. J., & Cepeda, G. (2015). The use of computers and technology increase student achievement and improve attitude. *Escenarios*, 13(2), 114-134.
- 6.Buteau, C., & Mgombelo, J. (2012). Learning mathematics needed for teaching through designing, implementing and testing learning objects. *IUMPST: The Journal*, 3, Technology. ISSN 2165-7874.

- 7.Çakıroğlu, U., Baki, A., & Akkan, Y. (2012). The effects of using learning objects in two different settings. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 11, 81-191.
- 8.Kay, R. H., & Knaack, L. (2008). Investigating the use of learning objects in secondary school mathematics. *Interdisciplinary Journal of E-Learning and Learning Objects*, 4.
- 9.Kohen, Z., & Nitzan-Tamar, O. (2022). Contextual mathematical modelling: Problem-solving characterization and feasibility. *Education Sciences*, 12(7), 454. <https://doi.org/10.3390/educsci12070454>.
- 10.Stewart, J. (2011). *Calculus: Early Transcendentals*. Brooks/Cole.
- 11.Tutkun, Ö. F., Öztürk, B., & Demirtaş, Z. (2011). Matematik öğretiminde bilgisayar yazılımları ve etkililiği. *Dünya'daki Eğitim ve Öğretim Çalışmaları Dergisi*, 1(1), 133-139.

MAPLE'DA ÇEMBERİN 3D SİMÜLASYONU: GEOMETRİK KEŞİF VE GÖRSEL ANALİZ

3D Simulation of a Circle in Maple: Geometric Exploration and Visual Analysis

Dr. Öğr. Üyesi Ali BABAPOUR GOLEZANİ
Atatürk Üniversitesi, alibabapur1983@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5958-5056
Prof. Dr. Yasin SOYLU
Atatürk Üniversitesi, yasinsoylu@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2951-0069

ÖZET

Bu çalışma, Maple yazılımı kullanılarak bir çemberin üç boyutlu simülasyonunu oluşturmayı ve bu simülasyon aracılığıyla çemberin geometrik özelliklerini görsel olarak incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, kullanıcıların çemberin temel özelliklerini etkileşimli bir şekilde keşfetmelerini sağlayarak, soyut matematiksel kavramların somutlaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Maple'ın güçlü grafikleme ve hesaplama yetenekleri sayesinde çemberin 3D görüntüsü oluşturulmuş ve farklı açılardan incelenmesi mümkün kılınmıştır. Bu sayede, matematiksel görselleştirmeler yoluyla öğrenme deneyimi zenginleştirilmiş, öğrencilerin geometrik kavramları daha iyi anlamaları ve matematiksel düşünme becerilerini geliştirmeleri hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maple Yazılımı, Çember, 3D Simülasyon, Geometrik Keşif, Görsel Analiz

ABSTRACT

This study aims to create a three-dimensional simulation of a circle using Maple software and visually explore the geometric properties of the circle through this simulation. The study allows users to interactively discover the basic properties of the circle, thereby helping to concretize abstract mathematical concepts. Thanks to Maple's powerful graphing and computational capabilities, a 3D representation of the circle is generated, and it can be examined from different angles. In this way, the learning experience is enriched through mathematical visualizations, with the goal of enhancing students' understanding of geometric concepts and improving their mathematical thinking skills.

Keywords: Maple Software, Circle, 3D Simulation, Geometric Exploration, Visual Analysis

Giriş

Matematik, soyut kavramların somutlaştırılması ve gerçek dünyadaki problemleri çözme yeteneğinin geliştirilmesi açısından önemli bir disiplindir. Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle birlikte, matematik eğitiminde bilgisayar destekli öğretim (BDÖ) yöntemleri öğrencilerin kavramsal anlamalarını derinleştirme ve öğrenmeyi daha etkileşimli hale getirme potansiyeline sahiptir (Bayturan, 2011). Bu kapsamda, çeşitli yazılımlar matematik eğitiminde kullanılarak soyut kavramların görselleştirilmesi ve anlaşılabilir hale getirilmesi sağlanmaktadır. Maple, bu amaca hizmet eden etkili matematik yazılımlarından biridir ve hem öğrenciler hem de öğretmenler için çok yönlü bir araç sunar (Dost, 2009; Çelik, 2014).

Geometri, matematik eğitiminde soyut düşünme becerilerinin geliştirilmesinde temel bir rol oynamaktadır. Özellikle çember gibi temel geometrik kavramların anlaşılması, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmeleri açısından kritik bir öneme sahiptir (Ekmez, 2016). Dinamik geometri yazılımlarının 3D simülasyonlar üretme kapasitesi, bu tür kavramların öğrencilere daha somut ve etkileşimli bir biçimde sunulmasına olanak tanımakta ve böylece öğrenme sürecini daha verimli hale getirmektedir (Dur, 2016; Özçakır, 2013). Bu yazılımlar, soyut matematiksel kavramların somutlaştırılmasını sağlayarak öğrencilerin geometrik düşünme becerilerini güçlendirmekte ve öğrenme deneyimlerini zenginleştirmektedir.

3D simülasyonlar, öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini geliştirmelerine ve geometrik kavramların daha anlaşılır hale gelmesine olanak tanıyan önemli bir potansiyele sahiptir (Uzun, 2013). Ayrıca, bu tür teknolojik yaklaşımlar, öğrencilerin derslere olan ilgisini artırarak öğrenme deneyimlerini daha etkileşimli ve zengin bir hale getirmektedir (Ersoy, 2003). Bu teknoloji, öğrencilerin soyut matematiksel kavramları somutlaştırmalarına yardımcı olarak öğrenme süreçlerini daha etkili ve verimli bir şekilde desteklemektedir.

Matematik öğretiminde kullanılan teknolojilerin başarıya olan etkisi uzun yıllardır araştırılmaktadır. Memişoğlu (2005), bilişim teknolojilerinin matematik derslerinde kullanımıyla öğrencilerin başarılarının ve tutumlarının olumlu yönde değiştiğini belirtmiştir. Öztürk (2011) ise bilgisayar destekli öğretim yöntemleriyle hazırlanan animasyonların, öğrencilerin öğrenme sürecine katkı sağladığını vurgulamaktadır. Bunun yanında, Thomas, Weir ve Hass (2018) gibi kaynaklar, matematiksel görselleştirmenin öğrenme sürecindeki önemini küresel bir perspektiften ele almıştır.

Bu bağlamda, çemberin geometrik özelliklerinin görselleştirilmesi ve analizi, analitik düşünme ve problem çözme becerilerinin geliştirilmesi için önemli bir olanak sunar. Maple'da geliştirilen 3D simülasyonlar, öğrencilere sadece iki boyutlu çizimler sunmakla kalmaz, aynı zamanda çemberin uzamsal bağlamda nasıl işlediğini de anlamalarına yardımcı olur (Thomas, Weir ve Hass, 2018).

Bu çalışma, Maple platformunun bu potansiyelini ortaya koyarak matematiksel keşif ve görsel analizin nasıl geliştirilebileceğini göstermeyi hedeflemektedir. Ayrıca, Hacettepe Üniversitesi'nde yapılan araştırmalar (Dost, 2009) ve dinamik geometri yazılımlarının öğrenme süreçlerine etkisi üzerine yapılan diğer çalışmalar (Ekmez, 2016) bu tür araçların eğitimdeki önemine işaret etmektedir.

Sonuç olarak, Maple yazılımı ile yapılan çemberin 3 boyutlu grafik simülasyonu, matematik eğitiminde ve araştırmalarında önemli bir yenilikçi yaklaşım olarak değerlendirilebilir. Bu tür simülasyonlar, öğrencilerin ve araştırmacıların matematiksel kavramları daha iyi anlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olur. Bu çalışmanın bulguları, matematik eğitime ve araştırmalarına yeni bir perspektif kazandırarak, bu alanlardaki çalışmaları daha etkili hale getirebilir.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, matematik eğitiminde soyut kavramların somutlaştırılmasını sağlamak amacıyla Maple yazılımı kullanılarak çember kavramının 3D simülasyonunu gerçekleştirmektir. Bu simülasyonun, öğrencilerin geometrik kavramları daha iyi anlamalarına, uzamsal düşünme becerilerini geliştirmelerine ve analitik düşünme yeteneklerini güçlendirmelerine nasıl katkı sağladığını incelemektir. Ayrıca, bu çalışma, bilgisayar destekli öğretim yöntemlerinin matematiksel keşif, görselleştirme ve problem çözme becerilerini nasıl güçlendirdiğini ve öğrencilerin derslere olan ilgilerini nasıl artırabileceğini araştırmayı amaçlamaktadır.

Önem

Bu çalışmanın önemi, matematik eğitiminde soyut kavramların daha somut ve anlaşılır hale getirilmesinde teknolojinin etkisini vurgulamasıdır. Matematiksel kavramlar, özellikle geometri gibi soyut alanlarda, öğrencilerin zihinsel haritalarını şekillendirmekte zorlanabilecekleri konular arasında yer alır. Maple yazılımı ile geliştirilen 3D simülasyonlar,

bu soyut kavramları görselleştirerek öğrencilerin konuya dair derinlemesine bir anlayış geliştirmelerini sağlar. Ayrıca, bu tür teknolojik araçlar, öğrencilerin uzamsal düşünme becerilerini güçlendirir ve problem çözme süreçlerinde daha etkin olmalarına yardımcı olur. Bilgisayar destekli öğretim yöntemleri, öğrencilere daha etkileşimli ve ilgi çekici bir öğrenme deneyimi sunarak, matematik derslerine olan ilgiyi artırır. Bu çalışma, eğitimde kullanılan teknolojilerin potansiyelini ortaya koyarak, geleneksel öğretim yöntemleriyle karşılaştırıldığında daha etkili bir öğrenme süreci sunmayı amaçlamaktadır (Dost, 2009; Dur, 2016; Çelik, 2014; Ersoy, 2003; Özçakır, 2013; Thomas, Weir ve Hass, 2018; Uzun, 2013).

Bulgular

Bu çalışmada, Maple yazılımı kullanılarak Dinamik Matematiksel Öğrenme Nesneleri (DMÖN) geliştirilmiş ve bu süreçte kullanılan komutlar ayrıntılı bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca, matematiksel temellerden biri olan Çemberin 3D Simülasyonu ile ilgili bir simülasyon tasarlanmış ve bu simülasyonun oluşturulma süreci adım adım açıklanmıştır. Maple programında, örnek bir Çemberin 3D Simülasyonu ve öğrenme nesnesinin oluşturulma adımları aşağıda açıklanmaktadır.

Adım 1: Maple'ı Açın ve Yeni Bir Çalışma Sayfası Oluşturun

Adım 2: Çemberin Denklemini ve Parametrik Temsilini Tanımlayın

Çemberin standart denklemi $(x-h)^2+(y-k)^2=r^2$ şeklindedir. Bu denklemi kullanarak çemberin merkezini ve yarıçapını tanımlayacağız. Daha sonra parametrik olarak çemberi tanımlayacağız.

restart;

with(plots):

Adım 3: Çemberin Parametrik Temsilini Tanımlayın

Çemberi parametrik olarak $x(t)=h+r\cos(t)$ ve $y(t)=k+r\sin(t)$ şeklinde tanımlayabiliriz. Burada h ve k çemberin merkezinin koordinatları, r ise yarıçapıdır.

$h := 0;$ # Çemberin merkezinin x koordinatı

$k := 0;$ # Çemberin merkezinin y koordinatı

$r := 3;$ # Çemberin yarıçapı

$x := t \rightarrow h + r * \cos(t);$

$y := t \rightarrow k + r * \sin(t):$

Adım 4: 3D Grafik Oluşturun

Çemberi 3D olarak göstermek için z eksenini de ekleyerek parametrik denklemleri kullanacağız. Bu, çemberi x-y düzleminde bir 3D grafikte göstermemizi sağlayacak.

```
circle := plot3d(  
    [x(t), y(t), 0],  
    t = 0 .. 2*Pi,  
    color = blue,  
    thickness = 2,  
    labels = ["x", "y", "z"],  
    title = "3D Çember",  
    axes = boxed,  
    orientation = [30, 75]  
);  
  
center := pointplot3d([h, k, 0], symbol = solidcircle, symbolsize = 10, color = red):  
  
display([circle, center],  
    labels = ["x", "y", "z"],  
    title = "3D Çember ve Merkezi",  
    axes = boxed,  
    orientation = [30, 75]);
```

Bu kodu çalıştırarak, Maple'da çemberin 3D simülasyonunu oluşturabilirsiniz. Bu simülasyon, çemberin geometrik özelliklerini ve parametrik temsilini anlamanıza yardımcı olacaktır.

```

> restart;
with(plots):
h := 0 : # Çemberin merkezinin x koordinatı
k := 0 : # Çemberin merkezinin y koordinatı
r := 3 : # Çemberin yarıçapı

x := t → h + r*cos(t) :
y := t → k + r*sin(t) :
circle := plot3d(
[x(t),y(t),0],
t=0..2*Pi,
color=blue,
thickness=2,
labels=["x","y","z"],
title="3D Çember",
axes=boxed,
orientation=[30,75]
):

center := pointplot3d([h,k,0],symbol=solidcircle,symbolsize=10,color=red):

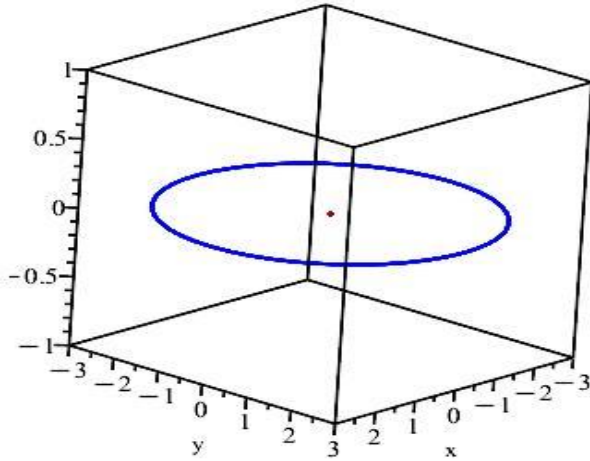
display([circle,center],
labels=["x","y","z"],
title="3D Çember ve Merkezi",
axes=boxed,
orientation=[30,75]
);
restart;
with(plots):

h := 0 : # Çemberin merkezinin x koordinatı
k := 0 : # Çemberin merkezinin y koordinatı
r := 3 : # Çemberin yarıçapı

x := t → h + r*cos(t) :
y := t → k + r*sin(t) :

```

3D Çember ve Merkezi



Sonuç

Bu çalışmada matematiksel kavramların daha derinlemesine anlaşılmasını sağlamak için Maple yazılımı kullanılarak çemberin standart denklemi ve parametrik temsili üzerinde çalışılmıştır. Çemberin standart denklemi, merkezi (h,k) ve yarıçapı r olan bir çemberi

tanımlayarak, çemberin geometrik özelliklerini matematiksel olarak ifade etmektedir. Bu denklem, çemberin tüm noktalarının merkezi ile olan uzaklıklarının sabit olduğunu göstermektedir. Ayrıca, çemberin parametrik temsili, açı θ parametresi ile çember üzerindeki noktaların konumlarını belirleyerek, çemberin dinamik ve görsel bir şekilde analiz edilmesine olanak tanımaktadır.

Maple yazılımı kullanarak oluşturulan bu dinamik matematiksel öğrenme nesneleri, öğrencilerin matematiksel kavramları görselleştirerek, daha somut bir şekilde anlamalarına yardımcı olmaktadır. Çalışma, çemberin hem analitik hem de parametrik temsillerini sunarak, öğrencilerin geometri ve trigonometri derslerindeki soyut kavramları somutlaştırmalarına katkı sağlamaktadır. Ayrıca, bu tür teknolojik araçların kullanımı, öğrencilerin matematiksel düşünme becerilerini geliştirmelerine ve derse olan ilgilerini artırmalarına olanak tanımaktadır. Bu bağlamda, Maple yazılımının matematik eğitimindeki potansiyeli, öğrencilerin problem çözme, analitik düşünme ve uzamsal düşünme yeteneklerini destekleyen önemli bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kaynakça

1. Bayturan, S. (2011). Ortaöğretim matematik eğitiminde bilgisayar destekli öğretimin, öğrencilerin başarıları, tutumları ve bilgisayar öz-yeterlik algıları üzerindeki etkisi. Dokuz Eylül Üniversitesi: Doktora tezi.
2. Çelik, B. (2014). *Maple ve Maple ile matematik* (3rd ed.). Dora Yayıncılık.
3. Dost, Ş. (2009). Maple yaklaşımıyla matematik uygulamaları. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Yayınları*. <https://openaccess.hacettepe.edu.tr/xmlui/handle/11655/9503>
4. Dur, Z. (2016). 7. sınıf öğrencilerinin bir dinamik geometri ortamında kullandıkları sürükleme ve ölçme araçlarının enstrümantal oluşumlarının incelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi.
5. Ekmez, E. (2016). Deneysel doğrulamadan formel ispata uzanan süreçte dinamik geometri yazılımlarının potansiyeli. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 7(1), 24-34. <https://doi.org/10.16949/turcomat.65927>
6. Ersoy, Y. (2003). Teknoloji destekli matematik eğitimi-1: Gelişmeler, politikalar ve stratejiler. *İlköğretim Online*, 2(1), 18-27.

7. Memişoğlu, B. (2005). Matematik öğretiminde bilişim teknolojilerinin kullanımı.
8. Özçakır, B. (2013). The effects of mathematics instruction supported by dynamic geometry activities on seventh grade students' achievement in area of quadrilaterals (Yüksek Lisans Tezi). Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
9. Öztürk, T. (2011). Matematik öğretiminde bilgisayar destekli öğretim yöntemiyle hazırlanan animasyon tekniğinin kullanımı.
10. Thomas, G. B., Weir, M. D., & Hass, J. (2018). *Thomas' Calculus*. Pearson.
11. Uzun, N. (2013). Dinamik geometri yazılımlarının bilgisayar destekli öğretim ve akıllı tahta ile zenginleştirilmiş öğrenme ortamlarında kullanımının öğrencilerin akademik başarısına, uzamsal görselleştirme becerisine ve uzamsal düşünme becerisine ilişkin tutumlarına etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi.

ARF SAYISAL YARIGRUPLARIN RF-BAĞINTILARI

Prof.Dr. Belgin ÖZER

Gaziantep Üniversitesi, emirhan@gantep.edu.tr – 0000-0002-0686-2774

Suna AYDOĞDU

Gaziantep Üniversitesi, sunaaa0299@gmail.com – 0009-0007-9123-4863

ÖZET

Arf sayısal yarıgrupları ile ilgili çalışmalar ilk önce Cahit Arf tarafından 1949'da başlamıştır. Pedro Garcia Sanchez ve Halil İbrahim Karakaş gibi birkaç günümüz matematikçileri de Arf sayısal yarıgruplar üzerinde çalışmalar yapmıştır. Bu çalışma bir Arf sayısal yarıgrubunun RF(satırca indirgenmiş)-bağıntılarının bulunabilmesi amacıyla düzenlenmiştir. Arf sayısal yarıgrupları maksimal gömme boyutuna sahiptir. Maksimal gömme boyutuna sahip olmak üreteçteki en küçük eleman ile üreteçteki eleman sayısının eşit olduğu anlamına gelir. Arf sayısal yarıgrubunun üreteç sistemi Apery kümesi ile elde edilmiştir. İletkeni ve katlılığı bilinen Arf sayısal yarıgrubunun nasıl yazılabileceği verilmiştir. Sözde Frobenius kümesinin elemanları kullanılarak RF(satırca indirgenmiş)-matrisinin nasıl elde edilebileceği açıklanmıştır. Araştırmada Arf sayısal yarıgruplarının RF(satırca indirgenmiş)-matrisleri satır vektörlerine ayrılmıştır. Bu satır vektörleri kullanılarak Arf sayısal yarıgruplarının RF(satırca indirgenmiş)-bağıntılarının nasıl bulunduğu açıklanmıştır. Bir Arf sayısal yarıgrubun RF(satırca indirgenmiş)-bağıntılar metodu kullanılarak, bu Arf sayısal yarıgrubunun idealleri bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler : Arf sayısal yarıgruplar, katlılık, RF-matrisleri, Sözde Frobenius kümesi

SOME MEIR-KEELER TYPE FIXED-DISC RESULTS ON S-METRIC SPACES

Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ

Balıkesir University, nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

ABSTRACT

Fixed-point theory has been extensively studied using different approaches in these years. In general, metric fixed-point theory is investigated under three techniques. One of them is to generalize the used contractive condition. For example, the notion of Meir-Keeler type contractive condition is a generalized contractive condition. Second technique is to generalize the used metric spaces. For example, the concept of an S-metric space is one of the generalized metric spaces. Last technique is the fixed-circle problem (or fixed-disc problem) as a geometric approach. From the above generalizations, in this study, we obtain new Meir-Keeler type fixed-disc results on S-metric spaces with necessary examples.

Keywords : S-metric space, fixed-disc theorem, Meir-Keeler type contraction.

1. INTRODUCTION

Fixed point theory has been a central topic in mathematical analysis for decades, with wide-ranging applications in diverse fields such as topology, functional analysis, economics, and more. A fixed point of a mapping is a point that is mapped to itself, and such points often reveal deep structural properties of the underlying space. The study of fixed points dates back to the seminal works of Brouwer, Kakutani, and others, and over time, the theory has expanded to various generalizations and new frameworks.

In recent years, considerable attention has been paid to the extension of fixed point theorems to more generalized settings. For instance, Sedghi, Shobe, and Aliouche (2012) introduced a generalization of fixed point theorems in S -metric spaces, a refinement of traditional metric spaces. Their work expanded the applicability of fixed point results by considering a broader class of spaces that exhibit a more flexible structure. The significance of their contribution lies in the fact that S -metric spaces allow for more nuanced behavior, thereby enabling the discovery of new fixed point results that are not accessible through conventional metric spaces.

Additionally, Özgür and Taş (2019) focused on the concept of fixed-circle theorems within metric spaces. Their research highlights the importance of studying fixed points when the number of fixed points is more than one. Fixed-circle theorems contribute not only to theoretical mathematics but also to applications in applicable areas like activation functions.

The continued exploration and generalization of fixed point theorems is vital for advancing both the theory and its applications. By considering new classes of spaces and additional structural assumptions, researchers can uncover deeper insights into the dynamics of mathematical systems. The results presented by Sedghi et al. and Özgür and Taş represent significant steps in this direction, broadening our understanding of fixed points and their potential for solving complex problems in both mathematics and applied disciplines.

2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some necessary concepts related to S -metric spaces as follows:

Definition 2.1. [1] Let X be a nonempty set and the mapping $S : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ satisfies the following conditions:

$$(S_1) \quad S(x, y, z) = 0 \Leftrightarrow x = y = z \text{ for all } x, y, z \in X,$$

$$(S_2) \quad S(x, y, z) \leq S(x, x, t) + S(y, y, t) + S(z, z, t) \text{ for all } x, y, z, t \in X.$$

Then S is called an S -metric and the pair (X, S) is called an S -metric space.

Lemma 2.2. [1] Let (X, S) be an S -metric space and $x, y \in X$. Then we have

$$S(x, x, y) = S(y, y, x).$$

Definition 2.3. [2,3] Let (X, d) be a metric space. Then the function $S_d : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ defined by

$$S_d(x, y, z) = d(x, z) + d(y, z),$$

for all $x, y, z \in X$ is an S -metric on X . The S -metric S_d is called the S -metric generated by d .

In the literature, there exist some examples of an S -metric which is not generated by any metric d . For example, let X be the set of real numbers and the function $S : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ be defined as

$$S(x, y, z) = |x - z| + |x + z - 2y|,$$

for all $x, y, z \in X$ [3]. Then the function S is an S -metric and it is not generated by any metric.

Definition 2.4. [4] Let (X, S) be an S-metric space. A circle $C_{x_0, r}^S$ is defined by

$$C_{x_0, r}^S = \{x \in X : S(x, x, x_0) = r\},$$

with the center x_0 and the radius r .

Definition 2.5. [4] Let (X, S) be an S-metric space, $C_{x_0, r}^S$ be a circle and $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping. If $Tx = x$ for all $x \in C_{x_0, r}^S$ then the circle $C_{x_0, r}^S$ is called a fixed circle of T .

Definition 2.6. [1,5] Let (X, S) be an S-metric space. A disc $D_{x_0, r}^S$ is defined by

$$D_{x_0, r}^S = \{x \in X : S(x, x, x_0) \leq r\},$$

with the center x_0 and the radius r .

Definition 2.7. [5] Let (X, S) be an S-metric space, $D_{x_0, r}^S$ be a disc and $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping. If $Tx = x$ for all $x \in D_{x_0, r}^S$ then the disc $D_{x_0, r}^S$ is called a fixed disc of T .

3. MAIN RESULTS

Let the number ρ be defined as

$$\rho = \inf \{S(Tx, Tx, x) : Tx \neq x, x \in X\} \quad (3.1)$$

and the function $\mu : X \rightarrow [0, \infty)$ be defined as

$$\mu(x) = S(Tx, Tx, x) \quad (3.2)$$

for all $x \in X$.

Theorem 3.1. Let (X, S) be an S-metric space, $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping, ρ be defined as in (3.1) and μ be defined as in (3.2). If there exists $x_0 \in X$ such that

$$(1) S(Tx, Tx, x_0) \leq \rho \text{ and } 0 \leq \mu(x) \leq 1 \text{ for all } x \in C_{x_0, \rho}^S,$$

$$(2) \text{ For all } x \in X,$$

$$\mu(x) > 0 \Rightarrow \mu(x) < [\mu(x) - \mu(x_0)]m_s(x, x_0),$$

where

$$m_s(x, y) = \max \left\{ S(x, x, y), aS(Tx, Tx, x) + (1-a)S(Ty, Ty, y), \right. \\ \left. (1-a)S(Tx, Tx, x) + aS(Ty, Ty, y), \frac{S(Ty, Ty, x) + S(Tx, Tx, y)}{2} \right\}, \quad 0 \leq a < 1,$$

then $Tx_0 = x_0$ and the circle $C_{x_0, \rho}^S$ is a fixed circle of T .

Proof. Let $\rho = 0$. Then we get

$$C_{x_0, \rho}^S = \{x_0\}.$$

We suppose $\mu(x_0) > 0$. By (2), we have

$$\mu(x_0) = S(Tx_0, Tx_0, x_0) < [\mu(x_0) - \mu(x_0)]m_s(x_0, x_0) = 0,$$

a contradiction. It should be

$$\mu(x_0) = 0,$$

that is, $Tx_0 = x_0$.

Let $\rho > 0$ and $x \in C_{x_0, \rho}^S$. We assume $\mu(x) > 0$. By (1) and (2), we obtain

$$\begin{aligned} \mu(x) &= S(Tx, Tx, x) < [\mu(x) - \mu(x_0)]m_s(x, x_0) \\ &= S(Tx, Tx, x) \max \left\{ S(x, x, x_0), aS(Tx, Tx, x) + (1-a)S(Tx_0, Tx_0, x_0), \right. \\ &\quad \left. (1-a)S(Tx, Tx, x) + aS(Tx_0, Tx_0, x_0), \frac{S(Tx_0, Tx_0, x) + S(Tx, Tx, x_0)}{2} \right\} \\ &= S(Tx, Tx, x) \max \left\{ \rho, aS(Tx, Tx, x), (1-a)S(Tx, Tx, x), \frac{\rho + S(Tx, Tx, x_0)}{2} \right\} \quad (3.3) \\ &\leq S(Tx, Tx, x) \max \{ \rho, aS(Tx, Tx, x), (1-a)S(Tx, Tx, x) \} \\ &= S(Tx, Tx, x) \cdot \Delta \end{aligned}$$

Case 1: Let $\Delta = \rho$. By (3.3) and (1), we get

$$S(Tx, Tx, x) < S(Tx, Tx, x) \rho \leq [S(Tx, Tx, x)]^2,$$

a contradiction.

Case 2: Let $\Delta = aS(Tx, Tx, x)$. By (3.3) and (1), we get

$$S(Tx, Tx, x) < S(Tx, Tx, x).aS(Tx, Tx, x) = a[S(Tx, Tx, x)]^2,$$

a contradiction.

Case 3: Let $\Delta = (1-a)S(Tx, Tx, x)$. By (3.3) and (1), we get

$$S(Tx, Tx, x) < S(Tx, Tx, x)(1-a)S(Tx, Tx, x) = (1-a)[S(Tx, Tx, x)]^2,$$

a contradiction.

From the above cases, it should be $Tx = x$ and so $C_{x_0, \rho}^S$ is a fixed circle of T . $\square$

Corollary 3.1. Let (X, S) be an S -metric space, $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping, ρ be defined as in (3.1) and μ be defined as in (3.2). If there exists $x_0 \in X$ such that

$$(1) S(Tx, Tx, x_0) \leq \rho \text{ and } 0 \leq \mu(x) \leq 1 \text{ for all } x \in D_{x_0, \rho}^S,$$

$$(2) \text{ For all } x \in X,$$

$$\mu(x) > 0 \Rightarrow \mu(x) < [\mu(x) - \mu(x_0)]m_s(x, x_0),$$

then $Tx_0 = x_0$ and the disc $D_{x_0, \rho}^S$ is a fixed disc of T .

Remark 3.1. (i) Theorem 3.1 generalizes Theorem 2.3 proved in [6].

(ii) Corollary 3.1 generalizes Corollary 2.2 given in [6].

Example 3.1. Let X be the set of real numbers and the function $S : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ be defined as

$$S(x, y, z) = |x - z| + |y - z|,$$

for all $x, y, z \in X$ [1]. Then (X, S) is an S -metric space. Let us define a self-mapping $T : X \rightarrow X$ as

$$Tx = \begin{cases} 2 & , \quad x = 3 \\ x & , \quad \text{otherwise} \end{cases},$$

for all $x \in X$. Then, we get

$$\rho = \inf \{S(Tx, Tx, x) : x = 3\} = 2$$

and so T satisfies the conditions of Theorem 3.1 (resp. Corollary 3.1) with $x_0 = 0$. Consequently, T fixes the circle $C_{0,2}^S = \{-1, 1\}$ and the disc $D_{0,2}^S = [-1, 1]$.

Definition 3.1. [7] Let X be the set of all real numbers and Υ be the family of all functions $F : (0, \infty) \rightarrow X$ such that

(F1) F is strictly increasing,

(F2) For each sequence $\{x_n\}$ in $(0, \infty)$ the following holds

$$\lim_{n \rightarrow \infty} x_n = 0 \Leftrightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} F(x_n) = -\infty,$$

(F3) There exists $k \in (0, 1)$ such that $\lim_{x \rightarrow 0^+} x^k F(x) = 0$.

Theorem 3.2. Let (X, S) be an S -metric space, $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping, ρ be defined as in (3.1) and μ be defined as in (3.2). If there exist $x_0 \in X$, $\tau > 0$ and $F \in \Upsilon$ such that

(1) $S(Tx, Tx, x_0) \leq \rho$ and $0 \leq \mu(x) \leq 1$ for all $x \in C_{x_0, \rho}^S$,

(2) For all $x \in X$,

$$\mu(x) > 0 \Rightarrow \tau + F(\mu(x)) < F([\mu(x) - \mu(x_0)]m_S(x, x_0)),$$

then $Tx_0 = x_0$ and the circle $C_{x_0, \rho}^S$ is a fixed circle of T .

Proof. Let $\rho = 0$. Then we get

$$C_{x_0, \rho}^S = \{x_0\}$$

and by (2), we have $Tx_0 = x_0$. Let $\rho > 0$ and $x \in C_{x_0, \rho}^S$ such that $Tx \neq x$. By (1), (2) and the property of F , we get

$$\begin{aligned}
& \tau + F(\mu(x)) = \tau + F(S(Tx, Tx, x)) < F([\mu(x) - \mu(x_0)]m_s(x, x_0)) \\
& = F\left(S(Tx, Tx, x) \max \left\{ \begin{array}{l} S(x, x, x_0), aS(Tx, Tx, x) + (1-a)S(Tx_0, Tx_0, x_0), \\ (1-a)S(Tx, Tx, x) + aS(Tx_0, Tx_0, x_0), \\ \frac{S(Tx_0, Tx_0, x) + S(Tx, Tx, x_0)}{2} \end{array} \right\} \right) \\
& = F\left(S(Tx, Tx, x) \max \left\{ \rho, aS(Tx, Tx, x), (1-a)S(Tx, Tx, x), \frac{\rho + S(Tx, Tx, x_0)}{2} \right\} \right) \quad (3.4) \\
& \leq F(S(Tx, Tx, x) \max \{ \rho, aS(Tx, Tx, x), (1-a)S(Tx, Tx, x) \}) \\
& = F(S(Tx, Tx, x) \cdot \Delta)
\end{aligned}$$

Case 1: Let $\Delta = \rho$. By (3.4), we have

$$\tau + F(S(Tx, Tx, x)) \leq F(\rho S(Tx, Tx, x)) \leq F([S(Tx, Tx, x)]^2),$$

a contradiction.

Case 2: Let $\Delta = aS(Tx, Tx, x)$. By (3.4), we get

$$\tau + F(S(Tx, Tx, x)) \leq F(S(Tx, Tx, x) aS(Tx, Tx, x)) < F([S(Tx, Tx, x)]^2),$$

a contradiction.

Case 3: Let $\Delta = (1-a)S(Tx, Tx, x)$. By (3.4), we have

$$\tau + F(S(Tx, Tx, x)) \leq F(S(Tx, Tx, x)(1-a)S(Tx, Tx, x)) < F([S(Tx, Tx, x)]^2),$$

a contradiction.

From the above cases, it should be $Tx = x$ and so $C_{x_0, \rho}^S$ is a fixed circle of T . $\square$

Corollary 3.2. Let (X, S) be an S -metric space, $T : X \rightarrow X$ be a self-mapping, ρ be defined as in (3.1) and μ be defined as in (3.2). If there exist $x_0 \in X$, $\tau > 0$ and $F \in \Upsilon$ such that

$$(1) S(Tx, Tx, x_0) \leq \rho \text{ and } 0 \leq \mu(x) \leq 1 \text{ for all } x \in D_{x_0, \rho}^S,$$

(2) For all $x \in X$,

$$\mu(x) > 0 \Rightarrow \tau + F(\mu(x)) < F([\mu(x) - \mu(x_0)]m_s(x, x_0)),$$

then $Tx_0 = x_0$ and the disc $D_{x_0, \rho}^S$ is a fixed disc of T .

Remark 3.2. (i) Theorem 3.2 generalizes Theorem 2.4 proved in [6].

(ii) Corollary 3.2 generalizes Corollary 2.3 given in [6].

Example 3.2. Let us consider Example 3.1. Then T satisfies the conditions of Theorem 3.2 (resp. Corollary 3.1) with $x_0 = 0$ and $F = \ln x$. Consequently, T fixes the circle $C_{0,2}^S = \{-1, 1\}$ and the disc $D_{0,2}^S = [-1, 1]$.

KAYNAKÇA

- [1] Sedghi, S., Shobe, N. and Aliouche, A. A generalization of fixed point theorems in S-metric spaces, *Matematiski Vesnik*, 64 (3) (2012) 258-266.
- [2] Hieu, N. T., Ly, N. T. and Dung, N. V. A generalization of Ciric quasi-contractions for maps on S-metric spaces, *Thai Journal of Mathematics*, 13 (2), (2015) 369-380.
- [3] Özgür, N. Y. and Taş, N. Some new contractive mappings on S-metric spaces and their relationships with the mapping (S25), *Mathematical Sciences*, 11 (1) (2017) 7-16.
- [4] Özgür, N. Y and Taş, N. Fixed-circle problem on S-metric spaces with a geometric viewpoint, *Facta Universitatis, Series: Mathematics and Informatics*, 34 (2019) 459-472.
- [5] Mlaiki, N., Çelik, U., Taş, N., Özgür, N. Y. and Mukheimer, A. Wardowski type contractions and the fixed-circle problem on S-metric spaces, *Journal of Mathematics*, 9 (2018).
- [6] Taş, N. and Karaağaç, K. New diconitnuity and fixed disc results via Meir-Keeler and Caristi techniques on metric spaces, *Bulletin of the International Mathematical Virtual Institute*, 13 (1), (2023) 119-127.
- [7] Wardowski, D. Fixed points of a new type of contractive mappings in complete metric spaces, *Fixed Point Theory and Applications*, 2012, (2012) 94.

INTERPOLATIVE KANNAN TYPE CYCLIC CONTRACTION ON S-METRIC SPACES

Assoc. Prof. Dr. Nihal TAŞ

Balıkesir University, nihaltas@balikesir.edu.tr - 0000-0002-4535-4019

ABSTRACT

The study of fixed points in the context of interpolative Kannan-type cyclic contraction on S-metric spaces is a modern approach to generalize classical fixed-point theory. The primary focus is on examining the existence and uniqueness of fixed points under certain contraction conditions. In this study, S-metric spaces are used as the underlying structure, which provides a generalization of metric spaces where the distance between two points is defined by an S-metric. The concept of cyclic contraction refers to a type of mapping that exhibits contraction properties in a cyclic manner, involving multiple mappings in a sequence. The interpolative Kannan-type contraction is a specific contraction condition that combines interpolation techniques with the well-known Kannan contraction. This contraction type guarantees the existence of a unique fixed point under certain conditions. The work involves proving that under the assumption of this type of cyclic contraction in S-metric spaces, a unique fixed point exists for the given mappings. This result extends and refines previous fixed-point results, offering new insights and techniques for solving problems in various applied fields where S-metric spaces and cyclic contractions may arise. In summary, the study provides an effective approach to establishing fixed-point existence and uniqueness by utilizing the concept of interpolative Kannan-type cyclic contraction in S-metric spaces.

Keywords : S-metric space, fixed-point theorem, interpolative Kannan type cyclic S-contraction.

1. INTRODUCTION

Recently, fixed-point theory has been explored in great depth, with researchers examining various facets of the subject. These aspects are typically studied through three main approaches. The first approach involves generalizing the metric spaces commonly used in the theory. The second focuses on extending the contractive conditions that play a key role in ensuring the existence of fixed points. The third approach involves geometric generalizations, which aim to broaden the application of fixed-

point results by incorporating more complex geometrical structures. These developments have contributed to a more comprehensive understanding of fixed-point theory and its applications.

Building on the techniques mentioned above, this study introduces a new fixed-point theorem by utilizing the concept of interpolative Kannan-type cyclic S-contractions in S-metric spaces. The main result extends and generalizes several established fixed-point theorems found in the literature, offering a broader framework for analyzing fixed points under these new conditions.

2. PRELIMINARIES

In this section, we recall some necessary notions.

Definition 2.1. [1] Let X be a nonempty set and the mapping $S : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ satisfies the following conditions:

$$(S_1) \quad S(x, y, z) = 0 \Leftrightarrow x = y = z \text{ for all } x, y, z \in X,$$

$$(S_2) \quad S(x, y, z) \leq S(x, x, t) + S(y, y, t) + S(z, z, t) \text{ for all } x, y, z, t \in X.$$

Then S is called an S-metric and the pair (X, S) is called an S-metric space.

Lemma 2.1. [1] Let (X, S) be an S-metric space and $x, y \in X$. Then we have

$$S(x, x, y) = S(y, y, x).$$

Definition 2.2. [1] Let (X, S) be an S-metric space.

(1) A sequence $\{x_n\} \subset X$ converges to $x \in X$ if $S(x_n, x_n, x) \rightarrow 0$ as $n \rightarrow \infty$. That is, for each $\varepsilon > 0$, there exists $n_0 \in \mathbb{N}$ such that for all $n \geq n_0$ we have $S(x_n, x_n, x) < \varepsilon$. We can write $x_n \rightarrow x$.

(2) A sequence $\{x_n\} \subset X$ is a Cauchy sequence if $S(x_n, x_n, x_m) \rightarrow 0$ as $n, m \rightarrow \infty$. That is, for each $\varepsilon > 0$, there exists $n_0 \in \mathbb{N}$ such that for all $n, m \geq n_0$ we have $S(x_n, x_n, x_m) < \varepsilon$.

(3) The S-metric space is complete if every Cauchy sequence is a convergent sequence.

Definition 2.3. [2,3] Let (X, d) be a metric space. Then the function $S_d : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ defined by

$$S_d(x, y, z) = d(x, z) + d(y, z),$$

for all $x, y, z \in X$ is an S-metric on X . The S-metric S_d is called the S-metric generated by d .

Example 2.1. [3] Let X be the set of real numbers and the function $S : X \times X \times X \rightarrow [0, \infty)$ be defined as

$$S(x, y, z) = |x - z| + |x + z - 2y|,$$

for all $x, y, z \in X$. Then the function S is an S -metric and it is not generated by any metric.

Proposition 2.1. [4] Let (X, S) be an S-metric space and let

$$d(x, y) = S(x, x, y),$$

for all $x, y \in X$. Then we have

- (1) d is a b -metric on X .
- (2) $x_n \rightarrow x$ in (X, S) if and only if $x_n \rightarrow x$ in (X, d) .
- (3) $\{x_n\} \subset X$ is a Cauchy sequence in (X, S) if and only if $\{x_n\} \subset X$ is a Cauchy sequence in (X, d) .

Definition 2.4. [5] Let A and B be two non-empty subsets of X . A mapping $T : X \rightarrow X$ is cyclic with respect to A and B if $TA \subset B$ and $TB \subset A$.

3. MAIN RESULTS

In this section, we prove a fixed-point theorem on S-metric spaces inspiring the proved fixed-point theorems in [6-8].

Definition 3.1. Let (X, S) be an S -metric space and A, B be two non-empty subsets of X . A cyclic map $T : A \cup B \rightarrow A \cup B$ is called an interpolative Kannan type cyclic S -contraction if there exists $h \in [0, 1)$ and $\gamma \in [0, 1)$ such that

$$S(Tx, Tx, Ty) \leq h [S(Tx, Tx, x)]^\gamma [S(Ty, Ty, y)]^{1-\gamma},$$

for all $(x, y) \in A \times B$ with $x, y \notin \text{Fix}(T)$, where

$$\text{Fix}(T) = \{x \in X : Tx = x\},$$

that is, $\text{Fix}(T)$ denotes the set of all fixed points of T .

Theorem 3.1. Let (X, S) be a complete S -metric space and A, B be two non-empty subsets of X . If $T : A \cup B \rightarrow A \cup B$ is an interpolative Kannan type cyclic S -contraction, then T has a unique fixed point in $A \cap B$.

Proof. Let us define a sequence $\{x_n\}$ in (X, S) such that

$$Tx_n = x_{n+1},$$

for all $n \in N \cup \{0\}$, where N is the set of natural numbers. In general, we have

$$x_n = T^n x_0,$$

for all $n \in N \cup \{0\}$. Using hypothesis, we get

$$\begin{aligned} S(T^2 x_0, T^2 x_0, Tx_0) &\leq h \left[S(T^2 x_0, T^2 x_0, Tx_0) \right]^\gamma \left[S(Tx_0, Tx_0, x_0) \right]^{1-\gamma} \\ \Rightarrow \left[S(T^2 x_0, T^2 x_0, Tx_0) \right]^{1-\gamma} &\leq h \left[S(Tx_0, Tx_0, x_0) \right]^{1-\gamma} \\ \Rightarrow S(T^2 x_0, T^2 x_0, Tx_0) &\leq h^{\frac{1}{1-\gamma}} \left[S(Tx_0, Tx_0, x_0) \right] \\ \Rightarrow S(T^2 x_0, T^2 x_0, Tx_0) &\leq c \left[S(Tx_0, Tx_0, x_0) \right] \\ \Rightarrow S(x_2, x_2, x_1) &\leq c \left[S(x_1, x_1, x_0) \right], \end{aligned}$$

where $c = h^{\frac{1}{1-\gamma}} \in [0, 1)$. Using mathematical induction, we obtain

$$S(x_{n+1}, x_{n+1}, x_n) \leq c^n S(x_1, x_1, x_0),$$

for all $n \in N \cup \{0\}$. This implies

$$\sum_{n=1}^{\infty} S(x_{n+1}, x_{n+1}, x_n) \leq \sum_{n=1}^{\infty} c^n S(x_1, x_1, x_0),$$

for all $n \in N \cup \{0\}$.

As $\sum_{n=1}^{\infty} c^n S(x_1, x_1, x_0)$ is convergent, then using the comparison test, the series

$\sum_{n=1}^{\infty} S(x_{n+1}, x_{n+1}, x_n)$ is convergent. Hence, we get

$$S(x_{n+1}, x_{n+1}, x_n) \rightarrow 0,$$

as $n \rightarrow \infty$. For all $m \in N$ with $m > n$, we obtain

$$\begin{aligned} S(x_n, x_n, x_m) &= S(T^n x_0, T^n x_0, T^m x_0) \\ &\leq h \left[S(T^n x_0, T^n x_0, T^{n-1} x_0) \right]^\gamma \left[S(T^m x_0, T^m x_0, T^{m-1} x_0) \right]^{1-\gamma} \\ &= h \left[S(x_n, x_n, x_{n-1}) \right]^\gamma \left[S(x_m, x_m, x_{m-1}) \right]^{1-\gamma}. \end{aligned}$$

As $n \rightarrow \infty$, we get

$$S(x_n, x_n, x_{n-1}) \rightarrow 0, \quad S(x_m, x_m, x_{m-1}) \rightarrow 0$$

and so

$$S(x_n, x_n, x_m) \rightarrow 0.$$

Therefore, $\{x_n\}$ is a Cauchy sequence in X . By the completeness hypothesis, there exists $z \in X$ such that

$$x_n \rightarrow z,$$

as $n \rightarrow \infty$, that is,

$$d(x_n, z) \rightarrow 0.$$

Then, we get

$$\begin{aligned} S(Tz, Tz, z) &\leq 2S(Tz, Tz, x_{n+1}) + S(z, z, x_{n+1}) \\ &= 2S(Tz, Tz, Tx_n) + S(z, z, x_{n+1}) \\ &\leq 2h \left[S(Tz, Tz, z) \right]^\gamma \left[S(Tx_n, Tx_n, x_n) \right]^{1-\gamma} + S(z, z, x_{n+1}) \\ &= 2h \left[S(Tz, Tz, z) \right]^\gamma \left[S(x_{n+1}, x_{n+1}, x_n) \right]^{1-\gamma} + S(z, z, x_{n+1}) \end{aligned}$$

and as $n \rightarrow \infty$, we have

$$S(Tz, Tz, z) = 0,$$

that is,

$$Tz = z.$$

To Show the uniqueness of fixed point, we assume $w \in A \cap B$ such that $Tw = w$ and $w \neq z$. Using hypothesis, we get

$$S(z, z, w) = S(Tz, Tz, Tw) \leq h[S(Tz, Tz, z)]^\gamma [S(Tw, Tw, w)]^{1-\gamma} = 0$$

and so

$$z = w.$$

Consequently, z is the unique fixed point of T . $\square$

Remark 3.1.

- (1) Since every S -metric generates a b -metric, Theorem 3.1 generalizes Theorem 2.2 proved in [8].
- (2) From the similar approach in (1), the notion of an interpolative Kannan type cyclic S -contraction is a generalization of the notion of an interpolative Kannan-type cyclic contraction.
- (3) If the S -metric is generated by any metric, then the notion of an interpolative Kannan type cyclic S -contraction can be considered on metric spaces.

KAYNAKÇA

- [8] Sedghi, S., Shobe, N. and Aliouche, A. A generalization of fixed point theorems in S -metric spaces, *Matematicki Vesnik*, 64 (3) (2012) 258-266.
- [9] Hieu, N. T., Ly, N. T. and Dung, N. V. A generalization of Ćirić quasi-contractions for maps on S -metric spaces, *Thai Journal of Mathematics*, 13 (2) (2015) 369-380.
- [10] Özgür, N. Y. and Taş, N. Some new contractive mappings on S -metric spaces and their relationships with the mapping (S25), *Mathematical Sciences*, 11 (1) (2017) 7-16.
- [11] Sedghi, S. and Dung, N. V. Fixed point theorems on S -metric spaces, *Matematicki Vesnik*, 66 (1) (2014) 113-124.
- [12] Kirk, W. A., Srinivasan, P. S. and Veeramani, P. Fixed points for mapping satisfying cyclical contractive conditions, *Fixed Point Theory*, 4 (1) (2003) 79-89.
- [13] Kannan, R. Some results on fixed points, *Bulletin of the Calcutta Mathematical Society*, 60 (1) (1968) 71-77.
- [14] Kannan, R. Some results on fixed points–II, *American Mathematical Monthly*, 76 (4) (1969) 405-408.
- [15] Devi, D. and Debnath, P. Fixed points of two interpolative cyclic contractions in b -metric spaces, *Heliyon*, 11 (2025) e41667.

DIVISION AND INTERSECTION OF G-CLASSES OF MATRICES

Hasan KELEŞ

Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Mathematics
E-mail: hasankeles@ktu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8436-890X.

ABSTRACT

This paper is about g-classes of regular matrices and their divisions¹. New investigations using divisibility are done in addition to the work on the collection of g-matrices. Relations with multipliers of regular matrices are analysed. New results obtained from this relation are discussed. The relation of the structure associated with the transpose of the inverse of a real numbered regular matrix to other operations is revealed. The relations between the division of two regular matrices and their corresponding diagonal matrices are studied. That is, let A, B be two $n \times n$ real matrices. If A, B are regular matrices then

$$\left(\frac{A}{B}\right)^{-1} = \frac{B}{A}.$$

The above equality is considered. Some conclusions are reached. New researches are carried out on this definition given this equation. New results are obtained. These results are compared with known results.

Key words: G-matrix, division of matrices, multiplication, transpose, diagonal.

AMS Subject Classification: 15A23, 15B05, 15A09, 97H60.

¹ The rich collection of G-matrices originated in a 2012 paper by Fiedler and Hall.

1. INTRODUCTION

G-matrices are defined for the first time by Fiedler and Hall in 2012 [1], New contributions are contributed by Golshan, Armandnejad and Frank J. Hall in 2024 [2]. Researchers are attracted to the study of the surprising properties of g-matrices. The subject of G-matrices is increased the interest of division and multiplication on matrices.

Definition 1.1([2-7]). An $A \in \mathbb{M}_n(\mathbb{R})$ is called a G-matrix, if there exist nonsingular diagonal matrices D_1 and D_2 such that

$$A^{-T} = D_1 A D_2.$$

The following some notations are given.

- i. $\mathbb{M}_n(\mathbb{R}) = \left\{ \left[a_{ij} \right]_n \mid \left[a_{ij} \right]_n \text{ regular}, a_{ij} \in \mathbb{R}, n \in \mathbb{Z}^+ \right\}.$
- ii. A^{-T} is the transpose of the inverse of matrix A .
- iii. $G(D_1, D_2) = \left\{ A \in \mathbb{M}_n(\mathbb{R}) \mid A^{-T} = D_1 A D_2 \right\}$ is a class of matrices a G-class of matrices, where D_1 and D_2 are regular fixed diagonal matrices.

Proposition 1.2. ([1-6]). If $A \in G(D_1, D_2)$, then the inertia of D_1 is equal to the inertia of D_2 .

Theorem 1.3.([1-6]). If $A \in G(D_1, D_2)$, then $A^T, A^{-1} \in G(D_1, D_2)$.

Definition 1.4 ([8]). Let $\mathbb{F}$ be a field and $\mathbb{M}_n(\mathbb{F}) = \left\{ \left[a_{ij} \right]_n \mid a_{ij} \in \mathbb{F}, n \in \mathbb{Z}^+ \right\}.$

- i. The rational (division) matrix is defined by

$$- : \mathbb{M}_n(\mathbb{F}) \times \mathbb{M}_n(\mathbb{F}) \rightarrow \mathbb{M}_n(\mathbb{F})$$

$$(B, F) \rightarrow \frac{F}{B} := \left[\frac{\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji}}{|B|} \right]_{n \times n}, \text{ where } \left[\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji} \right]_n \text{ is the column}$$

co-divisor matrix on the B matrix of the matrix F .

The set of rational matrices is denoted by $\mathbb{Q}(\mathbb{M}_n(\mathbb{F}))$.

The matrix $\left[\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji} \right]_n$ is the determinant of the matrix obtained by writing the i^{th} column of the F matrix into the j^{th} column of the B matrix in [9].

- ii. The determinant of the new matrix obtained by writing on the j^{th} row of the matrix B the i^{th} row of the matrix A is called the *co-divisor by row* of the matrix A by the row on the matrix B . It is denoted by AB . Their number is n^2 . The

matrix co-divisor by row is $\left[\left(AB \right)_{ij} \right]$, where $A, B \in \mathbb{M}_n(\mathbb{F})$ [10].

Theorem 1.5([10]). Let $X, Y, Z \in \mathbb{M}_n(\mathbb{R})$. If $XY = Z$, then

- i. $Y = \frac{Z}{X}$.
- ii. $X = \left(\frac{Z^T}{Y^T} \right)^T$.

Corollary 1.6([10]). If $XY = I$, then

- i. $Y = \frac{I_n}{X} = X^{-1}$.
- ii. $X = \left(\frac{I_n}{Y^T} \right)^T = X = (Y^{-T})^T = Y^{-1}$.

Theorem 1.7([12]). Let $X, Y \in \mathbb{M}_n(\mathbb{R})$. For $X_1 \in \mathbb{M}_n(\mathbb{R})$, the following hold.

- i. $\frac{X}{Y} = \frac{YX_1}{Y} = X_1$.
- ii. $X_1 = \frac{YX_1}{Y} = \frac{X}{Y}$.

2. DIVISION AND INTERSECTION OF G-CLASSES OF MATRICES

In this section, some situations between g-matrices and division of matrices are analysed. Let us start with the following example.

Let $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix}$. We calculate,

$$(A^{-1})^T = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{3}{7} \\ \frac{2}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix}.$$

If $D_1 = \begin{bmatrix} \frac{3}{14} & 0 \\ 0 & \frac{1}{7} \end{bmatrix}$, $D_2 = \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$, We write

$$D_1 A D_2 = \begin{bmatrix} \frac{3}{14} & 0 \\ 0 & \frac{1}{7} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \frac{2}{3} & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{1}{7} & \frac{3}{7} \\ \frac{2}{7} & -\frac{1}{7} \end{bmatrix} = (A^{-1})^T.$$

Then $A \in G(D_1, D_2)$.

If $A, B \in G(D_{i+1}, D_{i+2})$, where $i = 0, 2$, then there exist D_1, D_2 and D_3, D_4 such that

$$A^{-T} = D_1 A D_2, \quad B^{-T} = D_3 B D_4.$$

Lemma 2.1. If $A \in G(D_1, D_2)$, $C^{-T} = B^{-T} A^{-T}$, then

$$\frac{C^{-T}}{B^{-T}} \in G(D_1, D_2).$$

Proof. If $A \in G(D_1, D_2)$, $C^{-T} = B^{-T} A^{-T}$, then

$$A^{-T} = \frac{B^{-T} A^{-T}}{B^{-T}} = \frac{C^{-T}}{B^{-T}} \in G(D_1, D_2).$$

Theorem 2.2. If $\frac{A}{B} \in G(D_1, D_2)$, then there exists $A_1 \in \mathbf{M}_n(\mathbb{F})$ such that $A_1 \in G(D_1, D_2)$.

Proof. If $\frac{A}{B} \in G(D_1, D_2)$, then by Theorem 1.5. we have

$$\frac{A}{B} = \frac{BA_1}{B} = A_1, \quad A_1 \in G(D_1, D_2).$$

Corollary 2.3. If $\frac{A}{B} \in G(D_1, D_2)$, then

- i. $\frac{B}{A} \in G(D_1, D_2)$,
- ii. $\left(\frac{B}{A}\right)^{-1} \in G(D_2^{-1}, D_1^{-1})$.
- iii. $A^{-1} \in G(D_1, D_2)$,

Proof. By Theorem 1.3, it is clear.

3. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

As the result of the study, the divisions of a G-matrices are obtained. New G-matrices are obtained by simplifying the divisional matrices.

- i. If $A \in G(D_1, D_2)$, there exist $A_1, A_2, \dots, A_k \in \mathbf{M}_n(\mathbb{F})$ such that $A = A_1 A_2 \dots, A_k$ and $A_1 A_2 \dots, A_k \in G(D_1, D_2)$, where $k \in \mathbb{Z}^+$.
- ii. If $\frac{B}{A} \in G(D_1, D_2)$, then there exists $B_1 \in \mathbf{M}_n(\mathbb{F})$ such that $B = AB_1$ and $(B_1)^{-1} \in G(D_2^{-1}, D_1^{-1})$.

REFERENCES

- [1] Fiedler, M. and Hall, F. J., G-matrices, Linear Algebra and its Applications, 436, 3, 2012, pages 731-741.
- [2] Golshana, S., Armandnejadb, A., Hall, F. J., Some results on the intersection of g-classes of matrices, Filomat 38, 15, 2024, pages 5275–5283.

- [3] Bhatia, R., Matrix Analysis, (2nd edition), Cambridge university press, 1991.
- [4] Fiedler, M., Markham, T. L. (2013). More on G-matrices, Linear Algebra Appl. 438 231–241.
- [5] Golshan, S., Armandnejad, A. and Hall, F. J. (2023). Two $n \times n$ G-classes of matrices having finite intersection, Spec. Matrices. 11, 1–4.
- [6] Hall, F. Li, J., Z. Parnass, C. T. and Rozložník, M. Sign patterns of J-orthogonal matrices, Spec. Matrices. 5 (2017) 225–241.
- [7] Motlaghian, S. M., Armandnejad, A. and Hall, F. J., (2022). A note on some classes of G-matrices, Operators and Matrices., 16(1), 251–263. doi:10.7153/oam-2022-16-20.
- [8] Keleş, H., The Rational Matrices, New Trends in Nanotechnology and Nonlinear Dynamical Systems, paper 58, Ankara, 2010.
- [9] Keleş, H. (2022). Poloids and Matrices, The Aligarh Bulletin of Mathematics, 41, 1, 41-52.
- [10] Keleş, H., Different Approaches on the Matrix Division and Generalization of Cramer's Rule, Journal of Scientific and Engineering Research, 4, 3, 105-108, 2017.
- [11] Keleş, H., On Some Results Row Co-Division in Regular Square Matrices, Current Debates on Natural and Engineering Sciences 3, Bilgin Culture and Art Publications, Certificate No: 20193, 65-69, Ankara 2022.
- [12] Keleş, H., The division of the narayana matrix sequence, 2. Bilisel International Sur Scientific Researches Congress, 721-729, Diyarbakır, Türkiye, 2024.

ON A SEQUENCE OF DERIVATIVES OF FUNCTION

Hasan KELEŞ

Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Mathematics

E-mail: hasankeles@ktu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8436-890X.

ABSTRACT

This study is about n^{th} order derivatives of any differentiable function. For $n \in \mathbb{N}^+$ if there exist all derivatives of f of order up to n , then we calculate $f^{(n)}(x)$, where $x \in \mathbb{R}$ and its antiderivative using integral calculus approach. The antiderivative (up to a constant) of a function of a single variable at a chosen input value is the main problem, since the double integral is not defined at functions of single variable. The calculation of sequential antiderivatives is the basis of the subject of this study. Our research here is carried out on the precalculated derivatives of a function. Some results are obtained for the antiderivative sequence like a sequence of derivatives. Shortly, the n^{th} derivative of a function f is analyzed for all integers.

Key words: derivative, antiderivative, sequence, sequence derivative, integer.

AMS Subject Classification: 90C56, 11B83, 11A25.

1. INTRODUCTION

The series goes back in history to Eudoxus 2350 years ago. This information is mentioned in Euclid's book Elements, written 2300 years ago [1, 2]. Aristotle emphasized that the sum of an infinite number can be a finite quantity. Archimedes indirectly used the concept of series in his studies [3]. Tacquet stated that there would be a transition from a finite series to an infinite series after the 1700s [3]. The sequence of genes is identified in 2022. There are many special series. A few of them are Subsequences of the De Bruijn sequence, Fibonacci sequence and

Narayana sequence [4, 5]. The sequences have contributed to the solution of many natural problems. This subject is attracted the attention of humanity and is become a field of study.

Jakimczuk obtained many results on the relationship between the n^{th} derivatives of functions and sequences for $n \geq 1$ in his study named "Successive Derivatives and Integer Sequences" [7]. Sloane contributed significantly to the compilation of sequences and the series [8].

Definition 1.1. For a given continuous function $y = f(x)$, the derivative of a function of a point x is given by the value, if exists,

$$\lim_{h \rightarrow \infty} \frac{f(x+h) - f(x)}{h} \quad (1.1)$$

and denoted by $f'(x)$. That is,

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}. \quad (1.2)$$

The function $f(x)$ is a real number function.

Definition 1.2. The function $F(x)$ is called the antiderivative of the function $f(x)$, if $F'(x) = f(x)$ on an open interval I [10].

The n^{th} order derivative of the function $y = f(x)$ is denoted by $f^{(n)}(x)$. It is written as follows,

$$y^{(n)} = f^{(n)}(x) = \frac{d^n f(x)}{dx^n} = \lim_{h \rightarrow \infty} \frac{f^{(n-1)}(x+h) - f^{(n-1)}(x)}{h}, \text{ where } n \in \mathbb{Z}^+, \quad (1.3)$$

and

$$y^{(0)} = f^{(0)}(x) = f(x). \quad (1.4)$$

Definition 1.3. Let f be a function. If $f^{(n)}(x)$ exists and is continuous for all $n \in \mathbb{Z}^+$, then we called the function $y = f(x)$ is of class C^n . The set of all functions in C^n is denoted by

$$C^n(f) = \{f \mid f^{(n)}(x) \text{ exist and is continuous}\}.$$

The set of all derivatives of any function $f \in C^n$ at the point $x = a$ is the set of n^{th} derivatives of this function at $x = a$.

Definition 1.4. Let X be any set. A sequence is called the image set of a special function defined in sequential form by $a: \mathbb{Z}^+ \rightarrow X$. This special function is written as $a(n) =: a_n$ and then the sequence is denoted by $\{a_n\}$ [9].

2. THE SEQUENCES OF DERIVATIVES OF FUNCTIONS

In this section, the close relationship between derivatives and sequences is explained. The positive integers are used as sub-index in the sequences. The same numbers is expressed with the upper index in the derivative. This similarity is the main topic of this section. The constant C is ignored in antiderivatives.

Definition 2.1. Let f be a continuous function. The function $g(x)$ is called the derivative of order $(-1)^{th}$ of $f(x)$ at a point x , denoted by $f^{(-1)}(x)$, so, if exists,

$$g'(x) = \frac{dg(x)}{dx} = f(x) \quad (2.1)$$

then, we have, $f^{(-1)}(x) = g(x)$ and

$$\frac{df^{(-1)}(x)}{dx} = f(x) \quad (2.2)$$

If $n \in \mathbb{Z}^+$, then

$$\frac{df^{(n)}(x)}{dx^n} = f^{(n+1)}(x). \quad (2.2)$$

Notation.

$$f^{(-1)}(x) = \frac{d^{(-1)}(x)}{dx^{(-1)}} f(x).$$

Definition 2.2. Let $f \in C^n$ be any function. The functions of sequential derivative of the function f is a rule that assigns the ordered pair $(x, n) \in \mathbb{R} \times \mathbb{Z}$ to a unique real number denoted by $f^{(n)}(x)$ and $f(x, n) = f^{(n)}(x)$. In this case, the set of range of f is

$$\{f^{(n)}(x) \mid x \in \mathbb{R}, n \in \mathbb{Z}\} \subseteq \mathbb{R}.$$

This range of f is denoted by $D^{(n)}(f(x))$. That is,

$$D^{(n)}(f(x)) = \left\{ f^{(n)}(x) \mid x \in \mathbb{R}, n \in \mathbb{Z} \right\}.$$

For $n \in \mathbb{Z}$ we usually write as

$$\frac{df^{(n-1)}(x)}{dx} = f^{(n)}(x). \quad (2.4)$$

If $f \in C^n$, then

$$\begin{array}{ccccccccccc} \dots & f^{(-n)}(x) & \dots & f^{(-2)}(x) & f^{(-1)}(x) & f^{(0)}(x) & f'(x) & f''(x) & \dots & f^{(n)}(x) & \dots \\ \leftarrow & \uparrow & & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & \uparrow & & \uparrow & \rightarrow \\ & -n & & -2 & -1 & 0 & 1 & 2 & & n & \\ & & & & & f(x) & & & & & \end{array}$$

Definition 2.3. Let $f \in C^n$ be any function $f^{(n)} : Z \rightarrow D^{(n)}(f(a))$ is called the derivative sequence of the function f at point $a \in \mathbb{R}$. The image set of $f^{(n)}$ is

$$D^{(n)}(f(a)) = \left\{ f^{(n)} \left| \frac{d}{dx} f^{(n+1)}(x) \right|_{x=a} = f^{(n)}(a), n \in \mathbb{Z} \right\}.$$

The derivative sequence of the function changes when the point a changes. The terms of this sequence are the elements of $D^{(n)}(f(a))$.

Remark 2.4.

$$\left(\frac{d}{dx} \right) \left(\frac{d^{-1}}{dx^{-1}} f(x) \right) = \frac{d}{dx} f^{(-1)}(x) = f(x). \quad (2.5)$$

$$\left(\frac{d^{-1}}{dx^{-1}} \right) \left(\frac{d}{dx} f(x) \right) = \left(\frac{d^{-1}}{dx^{-1}} \right) f'(x) = f(x). \quad (2.6)$$

Using Equations (2.5), (2.6), we write

$$\left(\frac{d}{dx} \right) \left(\frac{d^{-1}}{dx^{-1}} \right) = \left(\frac{d^{-1}}{dx^{-1}} \right) \left(\frac{d}{dx} \right).$$

Example 2.5. If $f(x) = x^m$ for $m > n, m \in \mathbb{R}$, and $x = 1$, then

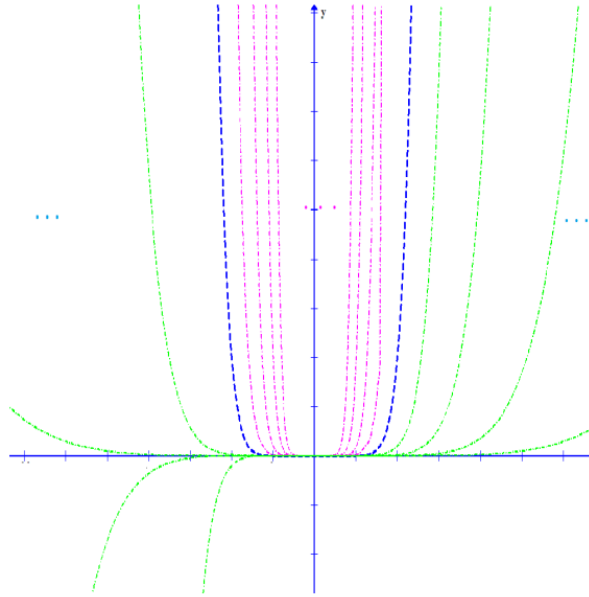


Figure 1: Pink colors are belong to $f^{(n)}(x)$. Blue colors is belong to $f(x)$. Green colors are belong to $f^{(-n)}(x)$.

⋮

$$\frac{f^{(n)}(x)}{f(x)} = \frac{a^x (\ln a)^n}{a^x} = (\ln a)^n, f^{(-n)}(x) = \frac{f(x)}{(\ln a)^n}$$

⋮

$$f^{(-2)}(x) = \frac{x^{m+2}}{(m+2)(m+1)}, f^{(-n)}(1) = \frac{1}{(m+2)(m+1)}$$

$$f^{(-1)}(x) = \frac{x^{m+n}}{1(m+1)}, f^{(-1)}(1) = \frac{1}{(m+1)}$$

$$f(x) = x^m, f(1) = 1$$

$$f'(x) = mx^{m-2}, f'(1) = m$$

$$f''(x) = m(m-1)(m-2)x^{m-2}, f''(1) = m(m-1)(m-2)$$

$$\vdots$$

$$f^{(n)}(x) = m(m-1)\dots(m-(n-1))x^{m-n}, f^{(n)}(1) = m(m-1)\dots(m-(n-1))$$

$$\vdots$$

For $x=1$ and $n \in \mathbb{Z}^+$, this sequence becomes

$$D^{(n)}(f(1)) = \left\{ \dots, \frac{1}{(m+n)\dots(m+2)(m+1)}, \dots, \frac{1}{(m+1)}, 1, m, \dots, m(m-1)\dots m(m-(n-1)), \dots \right\}.$$

$$D^{(n)}(f(1)) = \left\{ f^{(n)}(1) \right\}_{n \in \mathbb{Z}}.$$

The derivative functions $f^{(n)}(1)$ are transformed into the sequence of derivatives. Then this sequence becomes now the sequence of integers. If $a \in \mathbb{R}$, then

$$D^{(n)}(f(a)) = \left\{ f^{(n)}(a) \right\}_{n \in \mathbb{Z}}.$$

Proposition 2.6. If $f(x) = x^m$, then

$$f^{(-1)}(x) f'(x) = \frac{m}{(m+1)} x^{2m}.$$

Corollary 2.7. If $f(x) = x^m$, then

$$f^{(-1)}(1) f'(1) = \frac{m}{(m+1)}, \text{ where } m \neq -1.$$

So from this, we get a sequences of real numbers.

Lemma 2.8. If $f(x) = a^x, a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$, then $f^{(n)}(x)$ for $x=0$

$$D^{(n)}(f(0)) = \left\{ f^{(n)}(0) \right\} = \left\{ (\ln a)^n \right\}_{n \in \mathbb{Z}}.$$

Proof. If $f(x) = a^x, a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$, then $f^{(n)}(x)$ for $x=0$

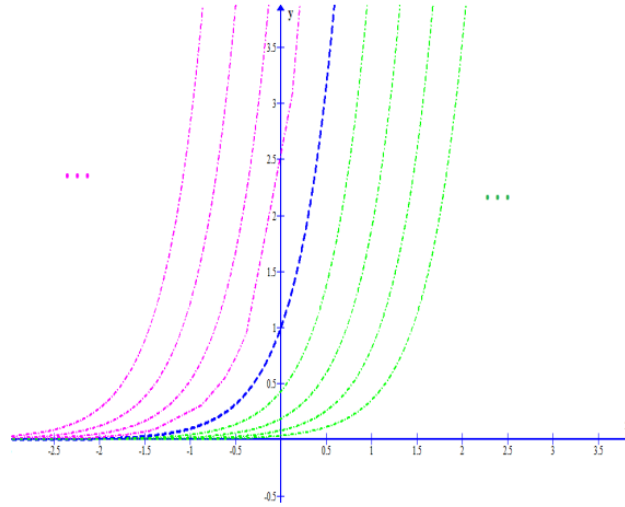


Figure 2: Pink colors are belong to $f^{(n)}(x)$. Blue colors is belong to $f(x)$. Green colors are belong to $f^{(-n)}(x)$.

⋮

$$f^{(-n)}(x) = \frac{a^x}{(\ln a)^n}, f^{(-n)}(0) = \frac{1}{(\ln a)^n}$$

⋮

$$f^{(-2)}(x) = \frac{a^x}{(\ln a)^2}, f^{(-2)}(0) = \frac{1}{(\ln a)^2}$$

$$f^{(-1)}(x) = \frac{a^x}{\ln a}, f^{(-1)}(0) = \frac{1}{\ln a}$$

$$f(x) = a^x, f(1) = 1$$

$$f'(x) = a^x \ln a, f'(0) = \ln a$$

$$f''(x) = a^x (\ln a)^2, f''(0) = (\ln a)^2$$

⋮

$$f^{(n)}(x) = a^x (\ln a)^n, f^{(n)}(0) = (\ln a)^n$$

$$\vdots$$

For $x = 0$ and $n \in \mathbb{Z}^+$, this sequence becomes

$$D^{(n)}(f(0)) = \left\{ \dots, \frac{1}{(\ln a)^n}, \dots, \frac{1}{\ln a}, 1, \ln a, \dots, (\ln a)^n, \dots \right\} \quad (2.7)$$

$$= \left\{ (\ln a)^n \right\}_{n \in \mathbb{Z}}. \square$$

The term of this sequence are some positive and some negative terms Equation (2.7).

Corollary 2.9. Let $\left\{ f^{(n)}(a) \right\}_{-\infty}^{+\infty}$. The following holds.

$$\left\{ f^{(n)}(a) \right\}_{-\infty}^{+\infty} = \left\{ f^{(n)}(a) \right\}_{-\infty}^0 \cup \left\{ f^{(n)}(a) \right\}_0^{+\infty}.$$

Corollary 2.10. Let $\{a_n\} = \left\{ f^{(n)}(0) \right\}_{-\infty}^0$, $\{b_n\} = \left\{ f^{(n)}(0) \right\}_0^{+\infty}$. The following hold.

i. $\lim_{n \rightarrow +\infty} a_n = 0.$

ii. $\lim_{n \rightarrow -\infty} b_n = 0.$

a_n is convergent for $n \rightarrow +\infty$ and it is divergent for $n \rightarrow -\infty$. Similarly, b_n is also convergent for $n \rightarrow -\infty$ and it is divergent for $n \rightarrow +\infty$.

Proposition 2.11. For the function $f(x) = a^x$, $a \in (0, 1) \cup (1, +\infty)$ and $n \in \mathbb{Z}^+$, the following hold.

i. $f(x) f^{(-n)}(0) = f^{(-1)}(x) f^{(1-n)}(0).$

ii. $f(x) f^{(n)}(0) = f^{(-1)}(x) f^{(n+1)}(0).$

Proof. For the function $f(x) = a^x$, $a \in (0, 1) \cup (1, +\infty)$ and $n \in \mathbb{Z}^+$, we have by Lemma 2.8

i. $f(x) f^{(-n)}(0) = \frac{a^x}{(\ln a)^n} = \frac{a^x}{(\ln a)} (\ln a)^{1-n} = f^{(-1)}(x) f^{(1-n)}(0).$

$$ii. \quad f(x) f^{(n)}(0) = a^x (\ln a)^n = \frac{a^x}{\ln a} (\ln a)^{n+1} = f^{(-1)}(x) f^{(n+1)}(0). \square$$

Proposition 2.12. *If $f(x) = a^x, a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$, then*

$$f^{(n)}(x) f^{(-n)}(x) = f(2x).$$

Proof. *If $f(x) = a^x, a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$, then by Lemma 2.8*

$$f^{(n)}(x) f^{(-n)}(x) = a^x (\ln a)^n \frac{a^x}{(\ln a)^n} = a^{2x} = f(2x). \square$$

Corollary 2.13. *If $f(x) = a^x, a \in (0,1) \cup (1,+\infty)$, then*

$$i. \quad f^{(n)}(0) f^{(-n)}(0) = 1.$$

$$ii. \quad f^{(n)}(0) = [f'(0)]^n.$$

By Corollary 2.13 we write the sequence of derivatives of the $f(x) = a^x$ at point 0 as

$$D^{(n)}(f(0)) = \left\{ [f'(0)]^n \right\}_{n \in \mathbb{Z}}.$$

3. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Fundamental to the study is the relationship between functions and their derivatives. We have obtained integer sequences of differentiable functions using the derivative. The following are given.

(i) Added sequences defined on positive integers and sequences defined on negative integers.

(ii) Sequences are interpreted along the real number line.

(iii) Relationship angle-derivative-sequence is examined. (iv) Negative derivatives are given.

(v) New properties for exponential and power special functions are implemented.

All these results are lead to new application areas for sequences. For example, this study is prioritized on the sequences of the natural life cycle. Shortly, negative directional formation sequences are obtained.

REFERENCES

- [1] Avital, S. History of Mathematics Can Help Improve Instruction and Learning, Mathematical Association of America, 3-12, 1995.
- [2] Katz V. J. A history of mathematics, Pearson Education, Inc. Chicago, 2009.
- [3] Anglin, W. S. Mathematics. A Concise History and Philosophy. Berlin: Springer, 1994.
- [4] Knorr, W. R. (1978). Archimedes and the spirals: The heuristic background. *Historia Mathematica*. 5 (1): 43–75. doi:10.1016/0315-0860(78)90134-9
- [5] Bala, R, and Nishra, V. (2022). Narayana Matrix Sequence, *Proceedings of the Jangjeon Mathematical Society*, 25, No. 4, pp. 427-434.
- [6] Keleş, H. Division of the narayana matrix sequence, 2. Bilsel International Sur Scientific Researches Congress, Diyarbakır/ Türkiye, 2024.
- [7] Jakimczuk, R. (2011). Successive Derivatives and Integer Sequences, *ournal of Integer Sequences*, Vol. 14, Article 11.7.3.
- [8] Sloane, N. J. A. A Handbook of Integer Sequences, Academic Press, 1973.
- [9] Green, J. A. Sequences and Series (Library of Mathematics), Multilingual Edition, Routledge 1958.
- [10] Katznelson, Y. Continuous Functions, Smooth Functions and the Derivative, Supplementary notes, AMS/ECON 11A, 2012.

ON DIVISION OF THE GENERALIZED MAX FRANK MATRICES

Hasan KELEŞ

Karadeniz Technical University, Faculty of Science, Department of Mathematics

E-mail: hasankeles@ktu.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-8436-890X.

ABSTRACT

In this study, the generalised Frank matrix is considered. Specialised matrices are lead to the search for new properties. The relation of this special matrix to division is attractive. Hessenberg matrix called the generalized max r -Frank matrix. The min and max matrices with minimum and maximum entries are first given by Pólya and Szegő in the following form.

$$M_{\min} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & 2 & 2 & \dots & 2 \\ 1 & 2 & 3 & \dots & 3 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 2 & 3 & \dots & n \end{bmatrix}, M_{\max} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & \dots & n \\ 2 & 2 & 3 & \dots & n \\ 3 & 3 & 3 & \dots & n \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ n & n & n & \dots & n \end{bmatrix}.$$

The division of maximum and minimum matrices is analysed. In addition, new properties of generalised maximum and minimum matrices are investigated by division. Some properties of the factors of these special matrices are obtained. New properties of Frank matrices are studied.

Key words: Division of matrice, Frank matrix, max matrix, max r -Frank matrix.

AMS Subject Classification: 15A09, 15A15, 15A60.

1. INTRODUCTION

Researchers are interested in the properties of special matrices. They are studied many properties of these special matrices. The special matrices analysed are matrices $M_{\min}$ and $M_{\max}$ given by Pólya and Szegő [1]. Max and Min matrices were studied differently by Bhat [2]. Mattila and Haukkanen are expressed these matrices differently. They have contributed to this subject with new properties [3]. Kizilates, and Terzioglu defined r -min and r -max matrices.

They are obtained many theoretical properties with this new expression [4]. Frank is defined the Frank matrix order n^{th} . It is denoted F_n . This Frank matrix is

$$F_n = \begin{bmatrix} n & n-1 & 0 & \dots & 0 \\ n-1 & n-1 & n-2 & \dots & 0 \\ n-2 & n-2 & n-2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_n.$$

The generalized Frank matrix is

$$F_{a_n} = \begin{bmatrix} a_n & a_{n-1} & 0 & \dots & 0 \\ a_{n-1} & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & 0 \\ a_{n-2} & a_{n-2} & a_{n-2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix}_n.$$

This matrix is also a special max matrix Varah [5]. Mersin and Bahşı are studied the Sturm theorem with the generalised Frank matrix, a special form of the Hessenberg matrix [6]. These researchers are contribute a lot to this subject by using the Sturm property [7]. The r -Frank matrix is defined as

$$F_{a_n}^r = \begin{bmatrix} a_n & a_{n-1} & 0 & \dots & 0 \\ ra_{n-1} & a_{n-1} & a_{n-2} & \dots & 0 \\ ra_{n-2} & ra_{n-2} & a_{n-2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ ra_1 & ra_1 & ra_1 & \dots & ra_1 \end{bmatrix}_n \quad [8].$$

In 2010, we are added different features to this subject with the following definition, which we defined for the first time [9-13]. Gökbaş has analysed the subject of Frank matrices. Gökbaş is analysed the subject of Frank matrices. This researcher is contributed many important contributions to the subject with important results too [14].

The non-singular matrices used in division are given by the following notation.

$$\mathbb{M}_n(\mathbb{F}) = \left\{ \begin{bmatrix} a_{ij} \end{bmatrix}_n \left| \begin{bmatrix} a_{ij} \end{bmatrix}_n \text{ regular}, a_{ij} \in \mathbb{F}, n \in \mathbb{Z}^+ \right. \right\}.$$

Definition 1.1 ([11]). Let $\mathbb{F}$ be a field and $\mathbb{M}_n(\mathbb{F}) = \left\{ \begin{bmatrix} a_{ij} \end{bmatrix}_n \left| a_{ij} \in \mathbb{F}, n \in \mathbb{Z}^+ \right. \right\}$.

- i. The rational (division) matrix is defined by

$$- : M_n(F) \times M_n(F) \rightarrow M_n(F)$$

$$(B, F) \rightarrow \frac{F}{B} := \left[\frac{\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji}}{|B|} \right]_n, \text{ where } \left[\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji} \right]_n \text{ is the column}$$

co-divisor matrix on the B matrix of the matrix F .

The set of rational matrices is denoted by $Q(M_n(F))$.

The matrix $\left[\left(\begin{smallmatrix} F \\ B \end{smallmatrix} i_j \right)_{ji} \right]_n$ is the determinant of the matrix obtained by writing the i^{th} column of the F matrix into the j^{th} column of the B matrix in [10].

- ii. The determinant of the new matrix obtained by writing on the j^{th} row of the matrix B the i^{th} row of the matrix A is called the *co-divisor by row* of the matrix A by the row on the matrix B . It is denoted by AB_{ij} . Their number is n^2 . The matrix co-

divisor by row is $\left[\left(AB_{ij} \right)_{ij} \right]$, where $A, B \in M_n(F)$ [13].

Lemma 1.2.([12]) Let $A, B \in M_n(F)$.

- i. The solution equation $AX = B$ is $X = \frac{B}{A}$.
- ii. The solution equation $XA = B$ is $X = \left(\frac{B^T}{A^T} \right)^T$.

Theorem 1.3 ([13]). Let $\frac{A}{B} \in Q(M_n(F))$ Then, for least the regular matrix $A_1 \in M_n(F)$

exists such that $A = A_1 A_2$ and $B = A_1 B_2$ it satisfies equation,

$$\frac{A}{B} = \frac{A_1 A_2}{A_1 B_2} = \frac{A_2}{B_2}, \text{ where } A_2, B_2 \in M_n(F).$$

2. DIVISION OF THE GENERALIZED FRANK MATRICES

There are many studies on Frank Matrices and the structure they form. In this section, the divisibility cases are discussed for the regular matrices given in these studies. The validity of simplification is discussed in these matrices for the given properties.

The different writing of the Max and Min matrices is given below.

$$m: \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$(i, j) \rightarrow m(i, j) = \begin{cases} i = j, i \leq j \\ j, i > j \end{cases}$$

and

$$M: \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$(i, j) \rightarrow M(i, j) = \begin{cases} j, i < j \\ i = j, i \geq j \end{cases}.$$

Let us analyse the subject with the following lemmas.

Lemma 2.1. Let $M_{\min} = [a_{ij}]_n$ be the min matrix. The following holds.

$$m(i, j) := a_{ij}.$$

Lemma 2.2. Let $M_{\max} = [c_{ij}]_n$ be the max matrix. The following holds.

$$M(i, j) = c_{ij}.$$

The following function is given for the Frank matrix

$$F: \mathbb{Z}^+ \times \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$(i, j) \rightarrow F(i, j) = \begin{cases} n - (i - 1), i \geq j \\ n - (j - 1), i + 1 = j \\ 0, i + 1 < j \end{cases}$$

Lemma 2.3. Let $F_n = [f_{ij}]_n$ be the Frank matrix. The following holds.

$$F(i, j) = f_{ij}.$$

Theorem 2.4. Let F_{a_n} be the generalized Frank matrix. If $F_n = [f_{ij}]_n$, then

$$F_{a_n} = [a_{f_{ij}}]_n.$$

Theorem 2.5. Let F_{a_n} be the generalized Frank matrix. If $F_n = [f_{ij}]_n$, then

$$F_{a_n} = [a_{f_{ij}}]_n.$$

Corollary 2.6. Let F_{a_n} be the generalized Frank matrix. For $i > j$,

$$F_{a_n}^r = [ra_{f_{ij}}]_n.$$

The division matrix $\frac{M_{\max}}{M_{\min}}$ is denoted by $M_{\min}^{\max}$ and their product $M_{\min}M_{\max}$ is denoted by

$$M_{(\min)(\max)}.$$

For matrices $M_{\min} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 2 & 2 & 2 \\ 1 & 2 & 3 & 3 \\ 1 & 2 & 3 & 4 \end{bmatrix}$, $M_{\max} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 2 & 3 & 2 \\ 3 & 3 & 3 & 4 \\ 4 & 4 & 4 & 4 \end{bmatrix}$, we have

$$\frac{M_{\max}}{M_{\min}} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & 4 \\ 0 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$M_{(\min)(\max)} = \begin{bmatrix} 10 & 11 & 13 & 16 \\ 19 & 20 & 23 & 28 \\ 26 & 27 & 30 & 36 \\ 30 & 31 & 34 & 40 \end{bmatrix}, \quad M_{(\max)(\min)} = \begin{bmatrix} 10 & 19 & 26 & 30 \\ 11 & 20 & 27 & 31 \\ 13 & 23 & 30 & 34 \\ 16 & 28 & 36 & 40 \end{bmatrix}.$$

Lemma 2.7. For any two $M_{\min}, M_{\max}$, the following hold.

$$\text{i.} \quad M_{(\min)(\max)} = \left(M_{(\max)(\min)} \right)^T.$$

$$\text{ii.} \quad M_{(\max)(\min)} = \left(M_{(\min)(\max)} \right)^T.$$

Proof. Let $M_{\min}, M_{\max}$.

$$\text{i.} \quad M_{(\min)(\max)} = M_{(\min)}M_{(\max)} = \left(M_{(\max)}M_{(\min)} \right)^T = \left(M_{(\max)(\min)} \right)^T.$$

$$\text{ii. } M_{(\max)(\min)} = M_{(\max)} M_{(\min)} = \left(M_{(\min)} M_{(\max)} \right)^T = \left(M_{(\min)(\max)} \right)^T.$$

Let us write down the following lemmas and theorems which are generally valid for these matrices.

Lemma 2.8. For any two $M_{\min}, M_{\max}$, the following holds.

$$\frac{M_{\max}}{M_{\min}} = \begin{bmatrix} 0 & 2 & 3 & \dots & n \\ 0 & -1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & -1 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & 1 & 1 & \dots & 0 \end{bmatrix}.$$

Proof. It is clear by Definition 1.2.

Theorem 2.9. For any two F_n, F_{a_n} , the following holds.

$$\frac{F_{a_n}}{F_n} = \begin{bmatrix} a_n + a_{n-1} - a_{n-2} - na_{n-1} + na_{n-2} & 2a_{n-1} - a_{n-2} - na_{n-1} + na_{n-2} & 0 & \dots & 0 \\ -a_n + na_{n-1} - na_{n-2} & -a_n + na_{n-1} - na_{n-2} & 0 & \dots & 0 \\ \frac{1}{n-2}(2a_{n-1} - a_{n-2} - na_{n-1} + na_{n-2}) & \frac{1}{n-2}(2a_{n-1} - a_{n-2} - na_{n-1} + na_{n-2}) & \frac{1}{n-2}a_{n-2} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{n-2}(n - a_{n-2} - 2) & \frac{1}{n-2}(n - a_{n-2} - 2) & \frac{1}{n-2}(n - a_{n-2} - 2) & \dots & 1 \end{bmatrix}.$$

Proof. It is clear by Definition 1.2.

3. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The following results are obtained in this study.

$$\text{i. } M_{(\max)} = \frac{M_{(\min)(\max)}}{M_{(\min)}}.$$

$$\text{ii. } M_{(\max)} = \left(\frac{\left(M_{(\min)(\max)} \right)^T}{\left(M_{(\min)} \right)^T} \right)^T.$$

$$\text{iii. } M_{(\max)} = \left(\frac{\left(M_{(\max)(\min)} \right)}{\left(M_{(\min)} \right)^T} \right)^T.$$

REFERENCES

- [1] Polya, G. and Szegő, G., Problems and theorems in analysis II, Berlin: Springer, 1998.
<http://doi.org/10.1007/978-3-642-61905-2> (Date of access: 05.01.2025).
- [2] Bhat, B. V. R. (1991). On greatest common divisor matrices and their applications, Linear Algebra Appl., 158, 77–97. [https://doi.org/10.1016/0024-3795\(91\)90051-W](https://doi.org/10.1016/0024-3795(91)90051-W) (Date of access: 05.01.2025).
- [3] Mattila, M. and Haukkanen, P. (2016). Studying the various properties of min and max matrices-elementary vs. more advanced methods, Spec. Matrices, 4, 101–109. <https://doi.org/10.1515/spma-2016-0010> (Date of access: 05.01.2025).
- [4] Kizilateş, C. and Terzioğlu, N. (2022). On r-min and r-max matrices, J. Appl. Math. Comput., 68, 4559–4588. <https://doi.org/10.1007/s12190-022-01717-y> (Date of access: 05.01.2025).
- [5] Varah, J. M. (1986). A generalization of the Frank matrix, SIAM Journal on Scientific and Statistical Computing, 7, 835–839. <https://doi.org/10.1137/0907056> (Date of access: 05.01.2025).
- [6] Mersin, E. O. And Bahşi, M., Bounds for the maximum eigenvalues of the Fibonacci-Frank and Lucas- " Frank matrices, Commun. Fac. Sci. Univ., 73, 420–436, 2024.
- [7] Mersin, E. O. And Bahşi, M. (2021). Sturm theorem for the generalized Frank matrix, " Hacet. J. Math. Stat., 50, 1002–1011. <http://doi.org/10.15672/hujms.773281> (Date of access: 05.01.2025).
- [8] Shi, B. J., Kizilates, C. (2024). A new generalization of the Frank matrix and its some properties, Comp. Appl. Math., 43, 19. <https://doi.org/10.1007/s40314-023-02524-2> (Date of access: 05.01.2025).
- [9] Keleş, H., The Rational Matrices, New Trends in Nanotechnology and Nonlinear Dynamical Systems, paper 58, Ankara, 2010.
- [10] Keleş, H. (2022). Poloids and Matrices, The Aligarh Bulletin of Mathematics, 41, 1, 41-52.
- [11] Keleş, H., Different Approaches on the Matrix Division and Generalization of Cramer's Rule, Journal of Scientific and Engineering Research, 4, 3, 105-108, 2017.
- [12] Keleş, H., On Some Results Row Co-Division in Regular Square Matrices, Current Debates on Natural and Engineering Sciences 3, Bilgin Culture and Art Publications, Certificate

No: 20193, 65-69, Ankara 2022.

- [13] Keleş, H., The division of the narayana matrix sequence, 2. Bilisel International Sur Scientific Researches Congress, 721-729, Diyarbakır, Türkiye, 2024.
- [13] Shi, B. J., Kizilates, C. (2024). A new generalization of the Frank matrix and its some properties, *Comp. Appl. Math.*, 43, 19. <https://doi.org/10.1007/s40314-023-02524-2> (Date of access: 05.01.2025).
- [14] Gökbaş, H. (2024). Some properties of the generalized max Frank matrices, *AIMS Mathematics*, 9(10), 26826–26835. DOI:10.3934/math.20241305 (Date of access: 05.01.2025).

OPTİMAL KONTROL PROBLEMLERİNİN ÇÖZÜMÜ İÇİN NÜMERİK BİR YAKLAŞIM

Dr,ELMİRA ASHPAZZADEH

Tabriz Üniversitesi, e.ashpazzadeh@gmail.com- 0000-0002-6874-292X

Dr,MEHRDAD LAKESTANİ

Tabriz Üniversitesi, lakestani@tabrizu.ac.ir- 0000-0002-2752-0167

Dr,AHMET YILDIRIM

Ege Üniversitesi, yahmet49ege@gmail.com - 0000-0001-8989-4271

ÖZET

Bu çalışmada biortogonal çoklu dalgacıklar yöntemi kullanarak durum ve kontrol eşitsizliği kısıtlamaları da dahil olmak üzere kesirli optimal kontrol problemlerini çözmek için yeni bir sayısal yaklaşım önerilmiştir. Biortogonal çoklu dalgacıklar için Riemann-Liouville kesirli integral operatörü, optimal kontrol problemlerinin çözümü için algoritmaların uygulanabileceği doğrusal olmayan bir programlamaya indirgeme amacıyla kullanılmıştır. Kullanılan yöntem hesaplama açısından oldukça etkilidir ve doğru nümerik yaklaşımlar verir.

Anahtar Kelimeler : Biortogonal çoklu dalgacıklar yöntemi, Kesirli optimal kontrol problemleri, Riemann-Liouville kesirli integral operatörü.

AN ANALYTICAL STUDY ON THE RELATIONSHIP BETWEEN GEOMETRIC FUNCTIONS AND z -TRANSFORM

Dr, Alaattin Akyar

Duzce University, alaattinakyar@duzce.edu.tr - 0000-0003-4759-8313

ABSTRACT

Bernhard Riemann brought a geometric approach to complex analysis based on Cauchy-Riemann equations and conformal transformations. The work he did with his intellectual knowledge, and under the influence of the cumulative nature of science, gave birth to the fascinating field called Geometric Function Theory, a sub-branch of Complex analysis. Geometric function theory deals with the geometric properties of complex analytic functions based on the geometric characterization exhibited by images. Moreover, it aims to classify them based on having some other specific conditions in addition to the condition of being univalent. Unfortunately, Riemann only showed the existence of a complex analytic function that maps any simply connected region, which was not sufficient for their certain classification. Because images of complex analytic functions with different simply connected domains have different geometric characterizations. In 1907, Koebe proved with his work that analytic and univalent functions defined in an open unit disc could be classified precisely by imposing some additional conditions. This approach further accelerated the development of geometric function theory, which is considered the interaction of geometry and analysis. The above-mentioned difficulty has been eliminated without loss of generality, by taking the open unit disc as a common domain, instead of a simply connected domain. In this sense, geometric function theory mainly deals with the classification of functions that were both analytic and univalent in the open unit disc.

Nowadays, the z -transform is used extensively in specific fields such as applied mathematics, digital signal processing, control theory, population science, economics, and plays a crucial role in the advancement of communication engineering. Therefore, the study of the z -transform is essential for engineers and scientists. The z -transform is the basic mathematical tool for analyzing topics such as digital control and digital signal processing. The z -transform is very

useful for manipulating discrete data sequences and has gained new importance in the formulation and analysis of discrete-time systems.

From the point of view of the information provided so far, the main objective of this paper is to investigate the relationship between geometric functions and the z-transform from a different approach and to open the door to new developments.

Keywords: Analytic function, convex function, starlike function, univalent function, z-transform.

CALCULATION OF CORNER LENGTH OF PATTERNED SQUARES

Mehmet Mustafa BEYDAĞI

Inonu University, Faculty of Arts and Sciences, mbeydagi23@gmail.com ORCID ID:

0000-0002-3553-1173

ABSTRACT

Formulas have been developed to determine the corner lengths of squares arranged side by side in a pattern, without any space between them.

In the pattern formed by placing squares with side lengths of consecutive natural numbers side by side, the shortest distance between the square with side length 1 unit and two corners of other squares that do not intersect with any corner or edge;

$$\sqrt{(n-1)^2 + \left(\frac{(n-1) \cdot n}{2}\right)^2}$$

In the pattern formed by placing squares with side lengths of consecutive natural numbers side by side, the longest distance between the square with side length 1 unit and two corners of other squares that do not intersect with any corner or edge is;

$$\sqrt{n^2 + \left(\frac{(n-1) \cdot n}{2}\right)^2}$$

In the pattern formed by placing squares with side lengths of consecutive natural numbers side by side, the longest distance between the square with side length 1 unit and the two corners of the other squares is;

$$\sqrt{n^2 + \left(\frac{n \cdot (n+1)}{2}\right)^2}$$

The shortest distance between the two corners of two consecutive squares in a pattern formed by placing squares with side lengths that are consecutive natural numbers;

$$\sqrt{(n-1)^2 + 1}$$

The longest distance between the two corners of two consecutive squares in the pattern formed by placing squares with side lengths of consecutive natural numbers side by side;

$$\sqrt{n^2 + (2n-1)^2}$$

are obtained.

Key Words : Geometric pattern, Pythagorean theorem, Square,

EXAMINING THE CONCEPT OF ROUGH EQUIVALENCE AND LOCAL ROUGH EQUIVALENCE IN DETERMINING THE TREES FARMERS OWN

M. Mustafa BEYDAĞI

Inonu University, Faculty of Arts and Sciences, mbeydagi23@gmail.com – ORCID ID:

0000-0002-3553-1173

ABSTRACT

Since the concept of rough equality cannot be applied to examples in daily life, the concept of rough equivalence, which gives more effective and accurate results, has emerged. In this study, rough equivalence is localized and the concept of local rough equivalence is introduced. The analysis of different types of trees owned by two farmers using rough equivalence and local rough equivalence was discussed. It has been concluded that local rough equivalence provides more concrete data and is more advantageous than rough equivalence. It has been observed that the limits of the concept of local rough equivalence have emerged more clearly.

Key Words: Rough Set, Rough Equivalence, Local Rough Equivalence.

1. INTRODUCTION

Rough set theory, introduced by Pawlak in 1982, brought an innovation to the world of mathematics as a solution to reasoning problems in cases of uncertainty [1]. Mathematics requires data to be clear, but it is difficult to apply this in situations of uncertainty, especially in daily life.

In the rough equality concept introduced to the literature by Pawlak and Novotny, the lack of clarity in the data suggested the concept of approximate equality, as opposed to the concept of equality in the classical set [2-4].

To address the negativities experienced in this case, the concept of rough equivalence was introduced in the studies conducted by Tripathy et al. This concept has been more useful than rough equality [5,6].

In this study, the concept of local rough equivalence is presented with its properties and theorems, by taking advantage of the properties of the rough equivalence concept. In addition, it was revealed that the concept of local roughness would be more useful in determining the different tree species grown by farmers by calculating their degree of affiliation.

2. ROUGH EQUIVALENCES OF SETS

Definition 2.1 : Let (U, R) be the approximation space and $A, B \subset U$ [7].

- i) The set A is called *bottom roughly equivalent* to the set B if both $\underline{R}(A)$ and $\underline{R}(B)$ are equal to $\emptyset$ or both are different from $\emptyset$.
- ii) The set A is called *top roughly equivalent* to the set B if both $\overline{R}(A)$ and $\overline{R}(B)$ are equal to U or both are different from U .
- iii) If both $\underline{R}(A)$ and $\underline{R}(B)$ are both equal to $\emptyset$ or both different from $\emptyset$ and both $\overline{R}(A)$ and $\overline{R}(B)$ are equal to U or both are different from U , set A is called *roughly equivalent* to set B .

Definition 2.2 : Let (U, R) be the approximation space and $A, B \subset U$ [7].

- i) If $\underline{R}(A) \subset \underline{R}(B)$, then the set A is *bottom roughly included* in the set B and is denoted by $A \subseteq B$.
- ii) If $\overline{R}(A) \subset \overline{R}(B)$, then the set A is *top roughly included* in the set B and is denoted by $A \supseteq B$.
- iii) If $\underline{R}(A) \subset \underline{R}(B)$ and $\overline{R}(A) \subset \overline{R}(B)$, then the set A is *roughly included* in the set B and is denoted by $A \subseteq B$.

Definition 2.3 : Let (U, R) be the approximation space and $A, B \subset U$ [7].

- i) If $A \subseteq B$ or $B \subseteq A$, then the sets A and B are *bottom rough comparable*.
- ii) If $A \supseteq B$ or $B \supseteq A$, then the sets A and B are *top rough comparable*.
- iii) If $A \subseteq B$ or $A \supseteq B$, then the sets A and B are *rough comparable*.

Proposition 2.1 : The following properties are true for (U, R) approximation space and $A, B \subset U$ [8].

- 1) If $A \subset B$, then $A \subseteq B$, $A \supseteq B$ and $A \subseteq B$.
- 2) If $A \subseteq B$ and $B \subseteq A$, then $A \approx B$.
- 3) If $A \supseteq B$ and $B \supseteq A$, then $A \approx B$.
- 4) $A \subseteq B$ and $B \subseteq A$, then $A \approx B$.
- 5) If $A \supseteq B$, then $A \cup B \approx B$.
- 6) If $A \subseteq B$, then $A \cap B \approx A$.
- 7) If $A \subset B$, $A \approx A'$ and $B \approx B'$, then $A' \subseteq B'$.
- 8) If $A \subset B$, $A \approx A'$ and $B \approx B'$, then $A' \supseteq B'$.
- 9) If $A \subset B$, $A \approx A'$ and $B \approx B'$, then $A' \subseteq B'$.
- 10) If $A' \supseteq A$ and $B' \supseteq B$, then $A' \cup B' \supseteq A \cup B$.
- 11) If $A' \subseteq A$ and $B' \subseteq B$, then $A' \cap B' \subseteq A \cap B$.

3. LOCAL ROUGH EQUIVALENCES OF SETS

In this section, the concept of Rough equivalence is given by considering it with Local Rough Set Theory [9,10].

Definition 3.1 : Let $\mathcal{U}=\{(U_i, R_i) : i \in I, U_i \subset U \text{ finite set of objects}, R_i \subset U_i \times U_i \text{ equivalence relation}\}$ family be the local approximation space and $A, B \subset U_i$.

- i) The set A will be named *bottom local roughly equivalent* to the set B if both $\underline{R}_i(A)$ and $\underline{R}_i(B)$ are equal to $\emptyset$ or both are different from $\emptyset$.
- ii) The set A will be named *top local roughly equivalent* to the set B if both $\overline{R}_i(A)$ and $\overline{R}_i(B)$ are equal to U or both are different from U .
- iii) If both $\underline{R}_i(A)$ and $\underline{R}_i(B)$ are both equal to $\emptyset$ or both different from $\emptyset$ and both $\overline{R}_i(A)$ and $\overline{R}_i(B)$ are equal to U or both are different from U , set A will be named *local roughly equivalent* to set B .

Definition 3.2 : Let $\mathcal{U}=\{(U_i, R_i) : i \in I, U_i \subset U \text{ finite set of objects}, R_i \subset U_i \times U_i \text{ equivalence relation}\}$ family be the local approximation space and $A, B \subset U_i$. For the pair $(U_i, R_i) \in \mathcal{U}$, let the local lower approximation of the set A is $\underline{R}_i(A)$ and the local upper approximation is $\overline{R}_i(A)$.

- i) If $\underline{R}_i(A) \subset \underline{R}_i(B)$, then the set A will be named *bottom local roughly included* in the set B and is denoted by $A \sqsubset_i B$.
- ii) If $\overline{R}_i(A) \subset \overline{R}_i(B)$, then the set A will be named *top roughly local included* in the set B and is denoted by $A \widetilde{\sqsubset}_i B$.
- iii) If $\underline{R}_i(A) \subset \underline{R}_i(B)$ and $\overline{R}_i(A) \subset \overline{R}_i(B)$, then the set A will be named *local roughly included* in the set B and is denoted by $A \widetilde{\sqsubset}_i B$.

Definition 3.3 : Let $\mathcal{U}=\{(U_i, R_i) : i \in I, U_i \subset U \text{ finite set of objects}, R_i \subset U_i \times U_i \text{ equivalence relation}\}$ family be the local approximation space and $A, B \subset U_i$.

- i) If $A \sqsubset_i B$ or $B \sqsubset_i A$, then the sets A and B will be named *bottom rough comparable*.
- ii) If $A \widetilde{\sqsubset}_i B$ or $B \widetilde{\sqsubset}_i A$, then the sets A and B will be named *top rough comparable*.
- iii) If $A \widetilde{\sqsubset}_i B$ or $B \widetilde{\sqsubset}_i A$, then the sets A and B will be named *rough comparable*.

The following properties are true for $\mathcal{U}$ be the local approximation space and $A \subset B \subset U_i$.

- 1) If $A \sqsubset_i B$, then $A \widetilde{\sqsubset}_i B$ and $A \widetilde{\sqsubset}_i B$.
- 2) If $A \sqsubset_i A'$ and $B \sqsubset_i B'$, then $A' \sqsubset_i B'$.
- 3) If $A \widetilde{\sqsubset}_i A'$ and $B \widetilde{\sqsubset}_i B'$, then $A' \widetilde{\sqsubset}_i B'$ dir.
- 4) If $A \sqsubset_i A'$ and $B \sqsubset_i B'$, then $A \cap B \sqsubset_i A' \cap B'$.
- 5) If $A \widetilde{\sqsubset}_i A'$ and $B \widetilde{\sqsubset}_i B'$, then $A \cup B \widetilde{\sqsubset}_i A' \cup B'$.

4. EXAMPLE

In this section, the degree of belonging of two farmers who grow different tree species will be compared by using the concepts of rough equivalence and local rough equivalence to determine the trees they own.

Example 4.1: Let the sets of trees of four different kind be as follows.

$Apricot = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\}$, $Cherry = \{\beta_1, \beta_2, \beta_3\}$, $Peach = \{\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4\}$ and $Pear = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3\}$.

Let $U = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \delta_1, \delta_2, \delta_3\}$ set of objects,

$F = \{Apricot, Cherry, Peach, Pear\}$ set of properties, $V_1 = \{1, 2, 3, 4\}$, $V_2 = \{1, 2, 3\}$,

$V_3 = \{1, 2, 3, 4\}$, $V_4 = \{1, 2, 3\}$ be set of values.

Let $R(x) = \{x, y \in U: xRy, x \text{ and } y \text{ being trees of the same kind}\}$ be an equivalence relation on U . Let the set of trees owned by two farmers be $X = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \gamma_3\}$ and $Y = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3, \gamma_1, \beta_3\}$, respectively.

According to the equivalence (indistinguishability) relations, let's show the lower approximation, the upper approximation and the measure of completeness (saliency levels) of the A and B sets.

$$\underline{R}(X) = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\} \neq \emptyset, \overline{R}(X) = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4\} \neq U$$

$$\underline{R}(Y) = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3\} \neq \emptyset, \overline{R}(Y) = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3\} \neq U$$

Here it is seen that two farmers own some kind of tree and also all trees of a particular kinds. So, A and B are equivalent.

$$\text{Also, measure of completeness } \alpha_R(X) = \frac{|\underline{R}(X)|}{|\overline{R}(X)|} = \frac{4}{11} \cong 0,36 \text{ and } \alpha_R(Y) = \frac{|\underline{R}(Y)|}{|\overline{R}(Y)|} = \frac{3}{10} = 0,30$$

Example 6.2: Let's apply the same example for the local rough set. Let $U = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4, \delta_1, \delta_2, \delta_3\}$ set of objects,

$F = \{Apricot, Cherry, Peach, Pear\}$ set of properties, $V_1 = \{1, 2, 3, 4\}$, $V_2 = \{1, 2, 3\}$,

$V_3 = \{1, 2, 3, 4\}$, $V_4 = \{1, 2, 3\}$ be set of values.

Let $R(x) = \{x, y \in U: xRy, x \text{ and } y \text{ being animals of the same kind}\}$ be an equivalence relation on U .

For the subset $U_l \subseteq U$, let the equivalence relation $R_l \subseteq U_l \times U_l$ and $U = \cup U_l$.

Let $\mathcal{U} = \{(U_i, R_i) : i \in I, U_i \subset U \text{ finite set of objects}, R_i \subset U_i \times U_i \text{ equivalence relation}\}$ family

be the local approximation space. Also, Let, $U_1 = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \beta_1, \gamma_1\}$ and $U_2 = \{\beta_2, \beta_3, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4\}$ subsets be given pairs (U_1, R_1) and (U_2, R_2) , selected from the local approximation space family.

For $U_1 = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \delta_1, \delta_2, \delta_3, \beta_1, \gamma_1\} \subseteq U$, according to the equivalence (indistinguishability) relations, let's show the local lower approximation, the local upper approximation and the local measure of completeness (local saliency levels) of the X and Y sets.

$$\underline{R}_l(X) = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4\} \neq \emptyset, \overline{R}_l(X) = \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4, \beta_1\} \neq U_1$$

$$\underline{R}_l(Y) = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3\} \neq \emptyset, \overline{R}_l(Y) = \{\delta_1, \delta_2, \delta_3, \gamma_1\} \neq U_1$$

Here it is seen that two persons own some kind of animal and also all animals of a particular kinds. So, X and Y are local equivalent.

Measure of completeness $\alpha_{R_l}(X) = \frac{|\underline{R_l}(X)|}{|\overline{R_l}(X)|} = \frac{4}{4} = 1$ and $\alpha_{R_l}(Y) = \frac{|\underline{R_l}(Y)|}{|\overline{R_l}(Y)|} = \frac{3}{3} = 1$

Comparatively, the completeness measures of the elements can be seen more clearly on the following figures.

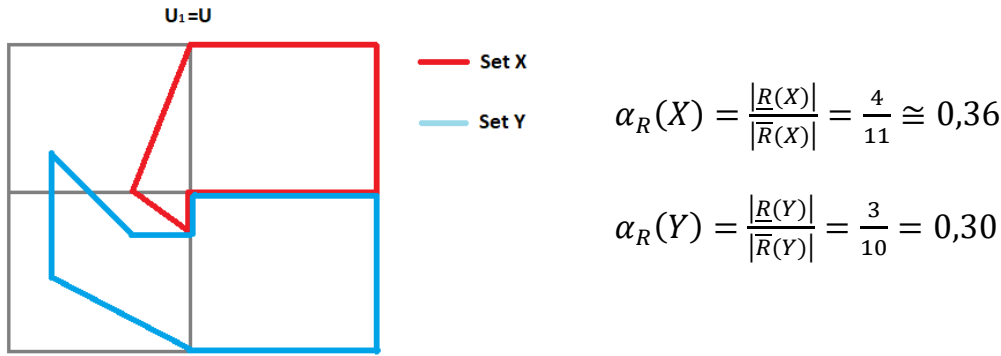


Fig. 1. Completeness measures of rough equivalent sets.

$$\alpha_{R_l}(X) = \frac{|\underline{R_l}(X)|}{|\overline{R_l}(X)|} = \frac{4}{5} = 0,80$$

$$\alpha_{R_l}(Y) = \frac{|\underline{R_l}(Y)|}{|\overline{R_l}(Y)|} = \frac{3}{4} = 0,75$$

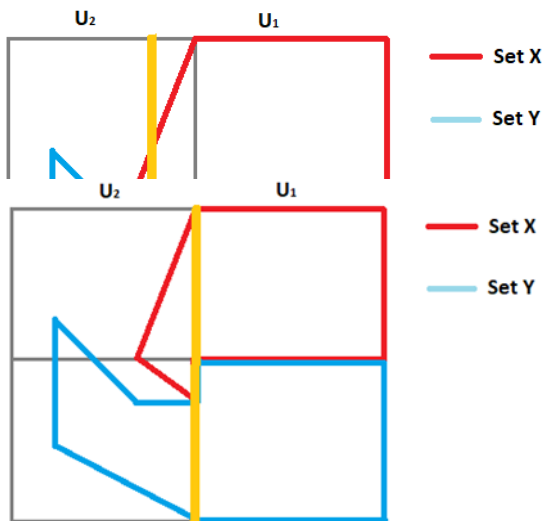


Fig. 2. According to the U_1 , completeness measures of local rough equivalent sets.

$$\alpha_{R_l}(X) = \frac{|\underline{R_l}(X)|}{|\overline{R_l}(X)|} = 1$$

$$\alpha_{R_l}(Y) = \frac{|\underline{R_l}(Y)|}{|\overline{R_l}(Y)|} = 1$$

Fig. 3. According to the U_1 , completeness measures of local rough equivalent sets.

$$\alpha_{R_l}(X) = \frac{|R_l(X)|}{|\overline{R_l}(X)|} = 1$$

$$\alpha_{R_l}(Y) = \frac{|R_l(Y)|}{|\overline{R_l}(Y)|} = 1$$

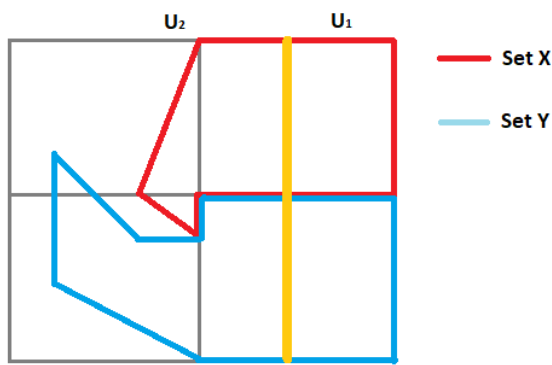


Fig. 4. According to the U_1 , completeness measures of local rough equivalent sets.

5. CONCLISUON

The local rough equivalent provides more detailed information about the elements of sets than the rough equivalent. It has been determined that the workload is reduced by grouping and

localizing the rough sets. It has also been revealed that when the boundaries are narrowed, the local rough cluster will have more distinct elements.

6. REFERENCES

- [1] Pawlak, Z. Rough Sets – theoretical aspects of reasoning about data, Boston, London, Dordrecht: Kluwer Academic Publishers (1991)
- [2] M. Novotny and Z. Pawlak, “Characterization of Rough Top equalities and Rough Bottom Equalities”, Bull. Polish Acad. Sci. Math., 33, (1985), pp.91-97.
- [3] M. Novotny and Z. Pawlak, “On Rough Equalities”, Bull. Polish Acad. Sci. Math., 33, (1985), pp.99-104.
- [4] M. Novotny and Z. Pawlak, “Black Box Analysis and Rough Top Equality”, Bull. Polish Acad. Sci. Math., 33, (1985), pp.105-113.
- [5] B.K.Tripathy, A.Mitra and J.Ojha, “On Rough Equalities and Rough Equivalences of Sets”, RSCTC 2008- Akron, U.S.A., Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2008), LNAI 5306, pp. 92–102.

[6] B.K.Tripathy, A.Mitra and J.Ojha, "Rough Equivalence and Algebraic properties of Rough Sets", International Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing, (Switzerland), vol.1, nos.2/3/4, (2009)

[7] Tripathy, B.K., "An Analysis of Approximate Equalities based on Rough Set Theory", International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 31, June, 2011.

[8] Pawlak, Z. Rough Sets, "International Journal of Computer and Information Sciences (1982) Vol.11, No.5

[9] Taşbozan, H. (2017). Lokal Rough Kümeler ve Rough Altgrupoidler, Ph. D. Thesis, İnönü University, Malatya, Turkey.

[10] A.F. Özcan, M.M. Beydağı, İ. İçen, "Comparison of Rough Sets and Local Rough Sets in Data Analysis", New Trends in Mathematical Sciences (2022) vol:10 pp:1-13

NORMLU LİNEER UZAYLARDA NÖTROSOFİK YAKLAŞIM

ELİF AKAY

Gaziantep Üniversitesi, elifakay103@gmail.com - 0009-0001-4348-8427

ÖZET

Gökyüzü her zaman masmavi, duru, berrak olmamaktadır ve sakin durmamaktadır. Bazen güneşli, bulutlu, yağmurlu, fırtınalı, karlı, rüzgarlı ve sisli olmaktadır. Hava durumlarından bahsederken, hava tahmin raporlarına göre, gökyüzü bulutlu olduğu zamanlarda bazen az bulutlu bazen parçalı bulutlu bazen de çok bulutlu gibi ifadeler kullanılırken; gökyüzünün yağmurlu olduğu zamanlarda bazen hafif yağmurlu bazen de kuvvetli yağmurlu gibi ifadeler kullanılmaktadır. Buna ilaveten, gökyüzü karlı olduğu zamanlarda bazen hafif kar yağışlı bazen de yoğun kar yağışlı gibi ifadeler kullanılırken; gökyüzünün fırtınalı olduğu zamanlarda bazen kum fırtınası bazen de kuvvetli fırtına gibi ifadeler kullanılmaktadır ve bu ifadeler kullanılırken net, kesin ve mutlak ifadeler yer almamaktadır. İşte, bu hususta, belirsizlik kavramı işe koyulmaktadır. Belirsizliği ifade etmek için de nütrosifik küme devreye girmektedir. Bu nedenle çalışmamın giriş kısmı olan birinci bölümde belirsizlik kavramı kısaca açıklandı ve klasik küme teorisinden nütrosifik küme teorisine doğru geçiş evresinden kısaca bahsedildi ve bu geçiş evreleri, sırasıyla, klasik küme teorisi, bulanık küme teorisi, sezgisel bulanık küme teorisi ve nütrosifik küme teorisi olarak yer almaktadır ve bu küme teorileri örneklerle açıklandı. İkinci bölümde ise Nütrosifik kümeye ulaşmaya kadar bulanık küme, sezgisel bulanık küme ve en sonunda da nütrosifik küme tanımlanmaktadır, özellikleri yazılmaktadır ve bu kümeler detaylı bir şekilde örneklerle açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde ise çalışmamın asıl konusu olan normlu lineer uzaylarda nütrosifik yaklaşım için lineer uzay, norm ve normlu lineer uzay, t-norm, t-co-norm ve en sonunda da nütrosifik norm ve nütrosifik normlu lineer uzay tanımları yapıldı, özellikleri yazıldı ve konu üzerinde özenle duruldu. Son olarak sonuç kısmında ise çalışmamın sonucunda nereye ulaştığım konusunda kısaca bilgi verildi.

Anahtar Kelimeler : Nütrosifik küme, Lineer uzay, Nütrosifik norm, Nütrosifik normlu lineer uzay

NEUTROSOPHIC APPROACH on NORMED LINEAR SPACE**ELİF AKAY**Gaziantep University, elifakay103@gmail.com - 0009-0001-4348-8427**ABSTRACT**

The sky is not always blue, clear, clear and calm. Sometimes it is sunny, cloudy, rainy, stormy, snowy, windy and foggy. When talking about weather conditions, according to weather forecast reports, when the sky is cloudy, sometimes it is described as slightly cloudy, sometimes partly cloudy, sometimes very cloudy; when the sky is rainy, sometimes it is described as light rain, sometimes as heavy rain. In addition, when the sky is snowy, sometimes expressions such as light snowfall and sometimes heavy snowfall are used; when the sky is stormy, sometimes expressions such as sandstorm and sometimes strong storm are used, and while using these expressions, there are no clear, precise and absolute expressions. In this respect, the concept of uncertainty comes into play. In order to express uncertainty, the neutrosophic set comes into play. For this reason, in the first section, which is the introduction part of my study, the concept of uncertainty is briefly explained and the transition phase from classical set theory to neutrosophic set theory is briefly mentioned, and these transition phases are, respectively, classical set theory, fuzzy set theory, intuitionistic fuzzy set theory and neutrosophic set theory, and these set theories are explained with examples. In the second part, fuzzy set, intuitionistic fuzzy set and finally neutrosophic set are defined, their properties are written and these sets are explained in detail with examples. In the third part, for the neutrosophic approach in normed linear spaces, which is the main subject of my study, linear space, norm and normed linear space, t-norm, t-co-norm and finally neutrosophic norm and neutrosophic normed linear space are defined, their properties are written and the subject is carefully emphasised. Finally, in the conclusion part, a brief information is given about where I have reached as a result of my work.

Key Words: Neutrosophic set, Linear space, Neutrosophic norm, Neutrosophic normed linear space

SAHARAN DUST EVENTS DURING WINTER IN THE WESTERN BALKANS

Gladiola Malollari

Agricultural University of Tirana, Tirana, Albania
gmalollari@ubt.edu.al – 0009-0001-9407-1314

Seit Shallari

Agricultural University of Tirana, Tirana, Albania
sshallari@ubt.edu.al

ABSTRACT

The Western Balkans is part of a region affected by dust events originating from the Sahara Desert. Among various long-range transported aerosols, dust events frequently occur during spring, summer, and autumn, and occasionally during winter. Mineral dust particles can be observed from ground level to varying altitudes within the troposphere and are capable of being transported over both continental and intercontinental distances. This study presents a dust event observed using a Raman lidar in Tirana, the capital city of Albania. The event occurred during winter and was characterized by a substantial dust layer extending from the ground to an altitude of 3 km. The maximum backscatter coefficient recorded was $4 \text{ Mm}^{-1}\text{sr}^{-1}$, with depolarization ratios ranging from 28% near the surface to 15% at higher altitudes. The aerosol optical depth (AOD) derived by integrating the extinction coefficient was around 0.28. Backward trajectory analysis (HYSPLIT model) indicated that the air masses responsible for this event originated over the Sahara Desert.

Keywords: Saharan dust, lidar, remote sensing, optical properties, Hysplit

1. INTRODUCTION

Mineral dust, a natural aerosol primarily originating from desert regions, is distributed globally through long-range atmospheric transport, reaching various altitudes and remote regions. This transport affects air quality, weather, climate, and human health. Dust can cause several health effects, including respiratory disorders such as asthma, tracheitis, and pneumonia, as well as cardiovascular diseases such as stroke, arrhythmia, ischemic heart disease, and cerebrovascular disease [1]. During transport, dust can interact with other aerosol types, forming complex mixtures. Dust particles affect the Earth's radiation budget by scattering and absorbing radiation, leading to both heating and cooling effects. Aerosol profiling plays an important role in understanding the regional and global transport and deposition of mineral dust, as well as its impacts on radiation balance, cloud and precipitation formation, and human health [2]. The Balkans region is often affected by dust originating from the Sahara. A Saharan dust event that occurred during the winter was observed in Tirana, and its optical properties are analyzed in Section 3.

2. DATA AND METHODS

The case study presented in this paper is part of the atmospheric observations carried out as part of the lidar campaign organized by TROPOS (Leibniz Institute for Tropospheric Research) in Albania. The campaign started on the 8th of November 2022 and lasted one year. During that time continuously and automatically aerosol vertical measurements were performed. This campaign involved a Portable Raman Lidar (Polly), deployed in Tirana, which is equipped with a laser emitting vertically linearly polarized pulses at 532 nm wavelength. This instrument utilizes a telescope to collect the backscattered radiation from atmospheric particles and measures it across five different channels: 530 nm, 532 nm, 532 nm cross-polarized, 532 nm parallel-polarized, and 607 nm [3], [4]. Optical profiles of aerosol from the ground up to the tropopause level of the backscatter coefficient, extinction coefficient, depolarization ratio, and lidar ratio can be determined with this instrument. The origin and trajectories of aerosols at different altitudes can be investigated using the Hysplit model (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory).

3. RESULTS AND DISCUSSION

In Figure 1 profiles of aerosol optical properties retrieved using the Raman method [5] are shown. The profiles are visualized up to 4 km altitude. The backscatter coefficient reaches a maximum value of $3 \text{ Mm}^{-1}\text{sr}^{-1}$ at 2 km altitude and approaches zero at 3 km. The depolarization ratio decreases from 28% near the surface to 15% above 1 km. The lidar ratio remains approximately 50 sr, while the extinction coefficient peaks at 150 Mm^{-1} . Depolarization and lidar ratio values are essential for determining aerosol types [6].

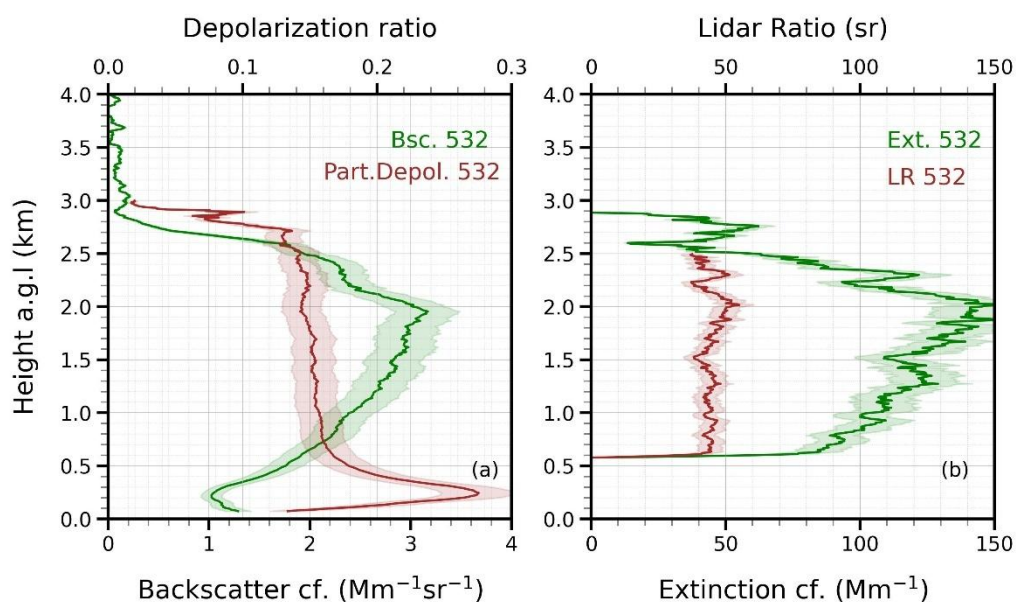


Figure 1. Vertical profiles of aerosol particles retrieved with the Raman method for 28th February at 00:00-01:00 UTC: a) backscatter coefficient (green line) and depolarization ratio (brown line); b) extinction coefficient (green line) and lidar ratio (brown line) at 532 nm wavelength. Standard deviations are shown as shadows along the properties lines in respective colors.

A lidar ratio value of 50 sr is characteristic of pollution, dust, and pollution-dust mixtures, whereas the depolarization ratio of 28% is indicative of Saharan dust. Near the ground level, the aerosol load can be categorized as pure Saharan dust. Higher up, the observed decrease in the depolarization ratio, while the lidar ratio remains constant, suggests the presence of the pollution-dust mixture.

Aerosol Optical Depth (AOD), a parameter used to quantify the aerosol load within a vertical column of air, is computed by integrating the extinction coefficient. In the present case, the AOD value at 532 nm for the main aerosol layer (500–3000 m) is approximately 0.28. AOD can also be determined through sun photometer observations. Numerous sun photometers worldwide continuously provide AOD measurements, with the data accessible through the AERONET (Aerosol RObotic NETwork) database.

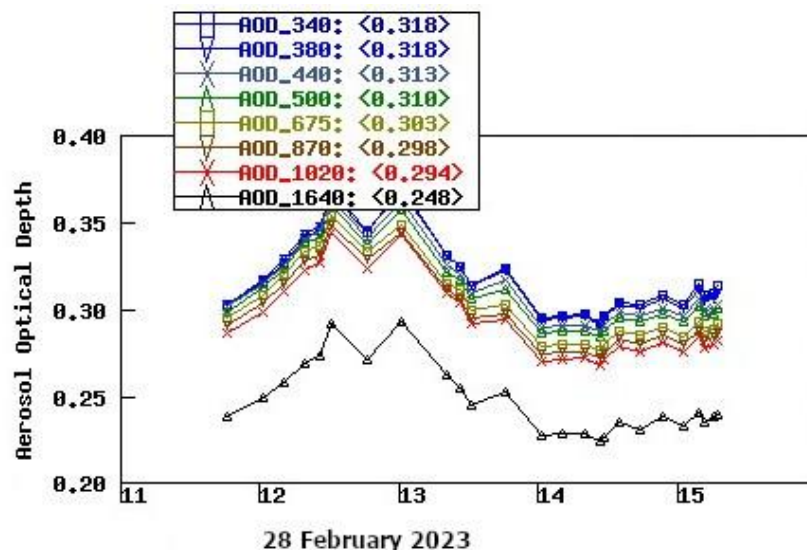


Figure 2. AOD values measured by AERONET station in Lecce University.

In Figure 2, the mean AOD value measured by the AERONET station at Lecce University (40.33511° N, 18.11139° E, 30 m above sea level) at 500 nm is 0.31. In the case of the AOD computed by integrating the extinction retrieved from lidar observations, the value corresponds to Tirana and is given at a wavelength of 532 nm. On the other hand, the AOD obtained from AERONET is provided at 500 nm and corresponds to the Lecce AERONET station, located 176 km away from the Polly site.

For better aerosol categorization, we simulated the backward trajectories of air masses using the HYSPLIT model. In Figure 3, backward trajectories of the air parcel at 2 km height, corresponding to the peak of the aerosol layer, are shown for a 120-hour period. The air masses are coming mainly from Spain and drifting through North Africa before reaching at Polly site. The air masses predominantly originate from Spain, passing through North Africa before reaching the Polly site. The mineral dust from Africa is mixed with European continental pollution, as clearly indicated in the optical profiles shown in Figure 1.

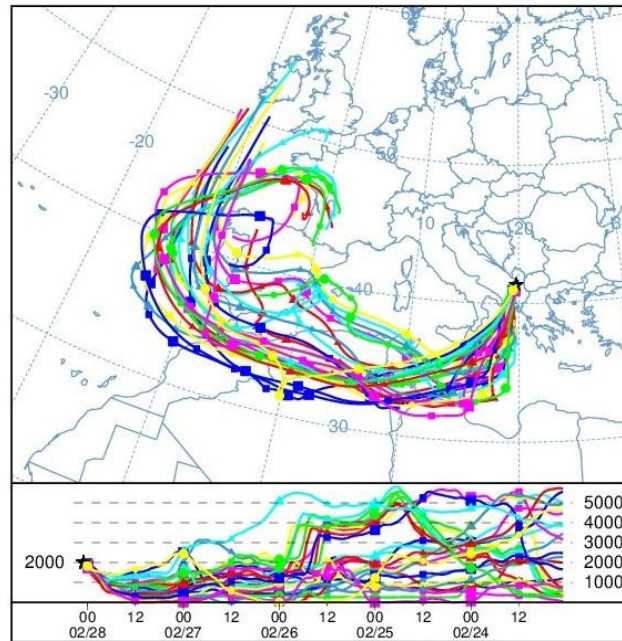


Figure 3. Five days Hysplit backward trajectories arriving at Tirana on 28th February at 01:00 UTC, the time step is 12 hours.

REFERENCES

- [1] X. Zhang, L. Zhao, D. Q. Tong, G. Wu, M. Dan, and B. Teng, "A Systematic Review of Global Desert Dust and Associated Human Health Effects," *Atmosphere*, vol. 7, no. 12, Art. no. 12, Dec. 2016, doi: 10.3390/atmos7120158.
- [2] J. Hofer *et al.*, "Long-term profiling of mineral dust and pollution aerosol with multiwavelength polarization Raman lidar at the Central Asian site of Dushanbe, Tajikistan: case studies," *Atmospheric Chem. Phys.*, vol. 17, no. 23, pp. 14559–14577, Dec. 2017, doi: 10.5194/acp-17-14559-2017.
- [3] D. Althausen, R. Engelmann, R. Foster, P. Rhone, and H. Baars, "Portable Raman LIDAR for Determination of Particle Backscatter and Extinction Coefficients," vol. 561, p. 83, Jun. 2004.
- [4] D. Althausen *et al.*, "Portable Raman Lidar PollyXT for Automated Profiling of Aerosol Backscatter, Extinction, and Depolarization," *J. Atmospheric Ocean. Technol.*, vol. 26, no. 11, pp. 2366–2378, Nov. 2009, doi: 10.1175/2009JTECHA1304.1.
- [5] A. Ansmann, U. Wandinger, M. Riebesell, C. Weitkamp, and W. Michaelis, "Independent measurement of extinction and backscatter profiles in cirrus clouds by using a combined Raman elastic-backscatter lidar," *Appl. Opt.*, vol. 31, no. 33, p. 7113, Nov. 1992, doi: 10.1364/AO.31.007113.
- [6] A. A. Floutsi *et al.*, "DeLiAn—a growing collection of depolarization ratio, lidar ratio and Ångström exponent for different aerosol types and mixtures from ground-based lidar observations, Zenodo [data set]," *Zenodo Data Set*, vol. 10, 2022, Accessed: Oct. 09, 2023. [Online]. Available: <https://www.igf.fuw.edu.pl/en/publications/1139/>

INNOVATIVE BLUE CRAB CULTURE USING BIOFLOC TECHNOLOGY

Dr. Övgü GENCER^{1*}

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Yetiştiricilik Bölümü, 35100 Bornova, İzmir,
Türkiye, ovgu.gencer@ege.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8403-1274>

ABSTRACT

This study investigates the integration of biofloc technology (BFT) into blue crab (*Callinectes sapidus*) aquaculture as an innovative and sustainable production method. The research examines the feasibility, efficiency, and economic viability of incorporating BFT into intensive blue crab culture systems. A controlled experiment was conducted over a 120-day period, comparing traditional and biofloc-based culture systems. Results demonstrated that BFT integration led to significant improvements in water quality parameters, including reduced ammonia (-45%) and nitrite (-38%) levels. The biofloc system showed enhanced growth performance with a 22% increase in growth rate and improved survival rates (85% vs. 72%) compared to conventional systems. Feed conversion ratio (FCR) improved by 28%, attributed to the supplementary nutrition provided by biofloc aggregates. Economic analysis revealed a 30% reduction in operational costs, primarily through decreased feed inputs and water exchange requirements. Additionally, the system demonstrated superior biosecurity and disease resistance. These findings suggest that BFT integration offers a promising solution for sustainable and cost-effective blue crab aquaculture, addressing both environmental and economic challenges in commercial production.

Keywords : Bioflock Technology, Blue crab Bioflock, Innovative Approach in Blue Crab Aquaculture

1. INTRODUCTION

Aquaculture has emerged as a vital sector in addressing the increasing global demand for seafood, yet it faces significant challenges in ensuring sustainability and efficiency. Blue crab (*Callinectes sapidus*), a high-value species in global fisheries, has drawn considerable attention for its potential in aquaculture. However, traditional blue crab farming methods often struggle with issues such as high operational costs, limited water quality control, and susceptibility to diseases. To overcome these challenges, biofloc technology (BFT) has been proposed as an innovative and sustainable solution for blue crab culture.

Biofloc technology is a novel aquaculture practice that leverages the natural processes of microbial aggregation to improve water quality and provide supplemental nutrition to cultured species. By promoting the development of beneficial microbial communities, BFT reduces the reliance on frequent water exchange, minimizes waste discharge, and enhances the overall efficiency of aquaculture systems. This approach not only addresses environmental concerns but also optimizes production economics by lowering feed conversion ratios and improving growth and survival rates.

In the context of blue crab aquaculture, the integration of BFT offers transformative potential. Blue crabs are particularly well-suited to biofloc systems due to their omnivorous feeding habits and tolerance to variable environmental conditions. By adopting BFT, farmers can achieve superior water quality management, enhanced biosecurity, and reduced environmental impact, making blue crab farming more sustainable and commercially viable.

This study explores the application of biofloc technology in blue crab culture, highlighting its impact on water quality, growth performance, and economic feasibility. Through controlled experimental trials, the research demonstrates the significant advantages of BFT over traditional farming practices, setting a benchmark for future advancements in aquaculture systems. The findings aim to provide valuable insights for aquaculture stakeholders, promoting the adoption of innovative methods that address the dual objectives of sustainability and profitability in seafood production.

2. Experimental Studies

The experimental phase of this study aimed to evaluate the effectiveness of integrating biofloc technology (BFT) into blue crab (*Callinectes sapidus*) aquaculture systems. Drawing inspiration from existing literature and innovative practices in the field, this section provides a detailed description of the experimental setup, methodologies, and comparative analysis with traditional systems. Research in biofloc technology has shown its potential in improving aquaculture sustainability and productivity.

Avnimelech (2012): Demonstrated the ability of biofloc systems to significantly reduce nitrogenous waste, improving water quality in shrimp and tilapia cultures.

Crab et al. (2007): Highlighted the role of microbial flocs in providing supplementary nutrition, reducing feed costs, and enhancing growth rates.

Emerenciano et al. (2017): Reported higher survival and disease resistance in fish and shrimp cultured in biofloc systems compared to conventional methods.

Xu et al. (2012): Showed improved feed conversion ratios and reduced ammonia levels in aquaculture species reared under biofloc conditions.

These studies provided a foundation for designing the experimental approach for blue crab aquaculture in this research. The study was conducted over a 120-day period in a controlled aquaculture facility. The experimental setup included:

Culture Systems:

Traditional System: Regular water exchange with no microbial management.

Biofloc-Based System: Minimal water exchange with carbon sources (e.g., molasses) added to stimulate microbial growth.

Tank Design: Circular tanks with a capacity of 1,000 liters, equipped with aeration systems to ensure adequate oxygenation and biofloc formation.

Stocking Density: Juvenile blue crabs were stocked at a density of 30 individuals per square meter, as per guidelines from Avnimelech (2012).

Monitoring and Adjustments: Regular monitoring of water quality parameters (ammonia, nitrite, nitrate, pH, and dissolved oxygen) ensured optimal conditions. The carbon-to-nitrogen (C:N) ratio was maintained at 15:1 to promote microbial growth, based on recommendations by Crab et al. (2007).

Data Collection and Analysis

Water Quality Monitoring:

Daily measurements of ammonia, nitrite, and nitrate levels.

Weekly assessments of pH, dissolved oxygen, and turbidity.

Growth and Survival Metrics:

Average weight gain, specific growth rate (SGR), and survival rates were recorded bi-weekly. Feed conversion ratio (FCR) was calculated based on feed input and biomass gain.

Economic Viability:

Operational costs, including feed, water, and electricity consumption, were tracked. Revenue potential was evaluated based on marketable biomass production. Comparative Results the findings from the experimental trials align with the trends reported in the literature:

Ammonia levels in the biofloc system were 45% lower than the traditional system, consistent with Avnimelech (2012). Nitrite reduction by 38% reflected the effective microbial activity highlighted by Xu et al. (2012). Blue crabs in the biofloc system exhibited a 22% higher growth rate and an 85% survival rate, corroborating the results of Crab et al. (2007) and Emerenciano et al. (2017). FCR improved by 28%, aligning with the supplementary nutrition benefits reported in the literature. Operational costs decreased by 30%, primarily due to reduced feed and water exchange requirements, similar to findings by Emerenciano et al. (2017).

3. Results and Evaluation

The integration of biofloc technology (BFT) into blue crab (*Callinectes sapidus*) aquaculture demonstrated transformative advancements across several critical parameters, including water quality, growth performance, survival rates, and economic feasibility. A detailed evaluation of the results is presented below:

Water Quality Improvement

Ammonia Levels: The biofloc system achieved a 45% reduction in ammonia concentrations compared to traditional systems, significantly mitigating the risks of ammonia toxicity.

Nitrite Levels: A 38% decrease in nitrite levels was observed, indicating effective microbial nitrification and enhanced nitrogen cycling.

Nitrate Accumulation: While nitrate levels increased as part of the nitrogen cycle, they remained within safe limits, reflecting the system's capacity to manage waste efficiently.

pH Levels: The biofloc system exhibited more stable pH values, avoiding harmful fluctuations common in traditional aquaculture systems.

Dissolved Oxygen: Continuous aeration and microbial activity maintained optimal oxygen levels, supporting healthy growth conditions for the crabs.

Growth and Survival Metrics

Crabs reared in the biofloc system exhibited a 22% higher growth rate, benefiting from the supplemental nutrition provided by biofloc aggregates, which are rich in proteins, lipids, and other micronutrients. The feed conversion ratio (FCR) improved by 28%, indicating more efficient utilization of feed and reduced waste. The presence of biofloc aggregates as an additional food source contributed to this improvement. The biofloc system achieved an 85% survival rate, significantly surpassing the 72% survival rate recorded in traditional systems. The improved water quality and biosecurity in the biofloc environment played a pivotal role in reducing stress and mortality.

Economic Viability

A 30% reduction in operational costs was achieved through decreased feed inputs and minimal water exchange requirements. These savings enhance the economic feasibility of biofloc systems for large-scale production.

Higher growth rates and survival resulted in increased biomass production, leading to greater revenue potential for aquaculture farmers.

By significantly reducing water exchange and improving waste management, the biofloc system aligns with environmentally sustainable practices, minimizing the ecological footprint of blue crab farming.

Additional Observations

Biosecurity: The microbial activity in the biofloc system contributed to enhanced biosecurity, reducing disease outbreaks and the need for chemical treatments such as antibiotics.

Nutritional Benefits: The biofloc aggregates provided a natural, protein-rich feed supplement, which not only reduced dependency on formulated feeds but also improved the overall nutritional profile of the crabs.

4. General Evaluation and Conclusions

The findings from this study underscore the significant potential of biofloc technology as a sustainable and efficient approach to blue crab aquaculture. The key outcomes and broader implications are summarized below: The reduction in water exchange and waste discharge highlights the eco-friendly nature of the biofloc system, addressing critical environmental concerns associated with traditional aquaculture. The combination of cost savings and increased productivity establishes biofloc technology as a commercially viable alternative for blue crab farming. The adaptability of biofloc systems to various scales of operation and environmental conditions enhances their applicability across different aquaculture settings. The microbial composition of biofloc systems creates a more resilient culture environment, reducing the prevalence of diseases and the reliance on external chemical inputs.

Future Perspectives and Recommendations

While this study highlights the numerous advantages of biofloc technology, several areas warrant further investigation to maximize its potential: Research should focus on tailoring the microbial community composition to enhance specific benefits, such as improved nutrient cycling or pathogen resistance. Assessing the long-term effects of biofloc integration on blue crab physiology, behavior, and product quality will provide valuable insights for sustainable aquaculture development. Exploring the integration of biofloc systems with other sustainable aquaculture methods, such as integrated multi-trophic aquaculture (IMTA), can further enhance productivity and environmental benefits. Comprehensive cost-benefit analyses across diverse aquaculture settings will help identify optimal conditions for scaling up biofloc systems. Providing technical training and resources to farmers will facilitate the broader adoption of biofloc technology, ensuring its successful implementation.

REFERENCES

- [1] Avnimelech, Y. (2012). Control of microbial activity in aquaculture systems: active suspension ponds Biofloc Technology – A Practical Guide Book (2nd ed.). The World Aquaculture Society.
- [2] Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). Biofloc technology in aquaculture: Beneficial effects and future challenges. *Aquaculture*, 356-357, 351-356. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2012.04.046>.
- [3] Emerenciano, M. G. C., Tutu, H., Martinez-Cordova, L. R., Martinez-Porchas, M., & Miranda-Baeza, A. (2017). Biofloc Technology (BFT): A Tool for Water Quality Management in Aquaculture. In H. Tutu (Ed.), *Water Quality* (Chap. 5). INTECH. <https://doi.org/10.5772/66416>.
- [4] Xu, W., Pan, L. Q., Sun, X. H., & Huang, J. (2013). Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks. *Aquaculture Research*, 44(7), 847-859. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2012.03115.x>

MEDICINAL AND AROMATIC PLANTS USED FOR ANIMAL FEED AND ANIMAL HEALTH IN DEMİRCİLER VILLAGE (ARTVİN-BORÇKA)

Asst. Prof., ARZU ERGÜL BOZKURT

Artvin Çoruh University, arzu.ergulbozkurt@artvin.edu.tr - 0000-0003-0612-8120

Dr., NEBAHAT ÇİMEN

Karadeniz Technical University, nebahat97@hotmail.com - 0000-0002-1795-050X

ABSTRACT

There are many applications for aromatic and medicinal plants, particularly in food and medicine. The demand for these plants is rising daily as a result of people's growing interest in nature and natural resources. This study looked into the uses of aromatic and medicinal plant taxa that are naturally found in Demirciler Village (Artvin-Borçka) for the nutrition and health of animals. For this purpose, the summer of 2017 saw the completion of this study. A face-to-face survey using snowball sampling was carried out with rural residents of Demirciler Village in Borçka (Artvin) as part of the study. Before each interview began, an oral Prior Informed Consent (PIC) was obtained. *Aristolochia pontica* Lam., *Bellis perennis* L., *Cardamine hirsuta* L., *Ficus carica* L., *Helleborus orientalis* Lam., *Hypericum perforatum* L., *Malva neglecta* L., *Morus alba* L., *M. nigra* L., *Onobrychis cornuta* (L.) Desv., *Plantago major* L., *P. lanceolata* L., *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Rhus coriaria* L., *Satureja hortensis* L., *Thymus praecox* Opiz, *Trifolium pratense* L., *Vicia cracca* L., and *Zea mays* L. are among the plant taxa used as animal feed and to treat animal diseases in the area. As a result of the study, it was found that the above-ground parts of plants were mostly used to feed and heal animals. The majority of the plants found in the area are used to treat wounds, boost immunity to colds, reduce inflammation in the eyes, and boost milk production. Biological properties of medicinal and aromatic plants include antibacterial, fungicidal, and antioxidant properties. For this reason, it is advised to utilize natural preparations rather than dangerous chemicals in order to safeguard the health of both people and animals.

Keywords : Animal feed, Animal health, Demirciler Village

ÜRETen TÜKETİCİ OLARAK TARIM SEKTÖRÜNDE ENERJİ KULLANIMI: ZORLUKLAR VE FIRSATLAR

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Doç. Dr. Nusret MUTLU

GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı

nmutlu@gap.gov.tr, ORCID ID: 0000-0002-5780-4152

Arş. Gör. Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

ÖZET

Tarım sektörü önemli bir enerji tüketicisidir. Doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen enerjinin verimsiz kullanımının çevre ve insan sağlığı açısından birçok olumsuz etkileri vardır. Diğer taraftan, tarım, özellikle biyokütle kökenli olmak üzere çeşitli yenilenebilir enerjilerin üretilmesine olanak sağlayan bir sektördür. Bu yaklaşım, tarım sektörünün bir tür "kolektif tüketici" olarak görülebileceği, kendi ihtiyaçları ve diğer sektörlerin ihtiyaçları için enerji üretebileceği (üreten tüketici) anlamına gelir. Küresel iklim politikası, iddialı enerji geçiş hedeflerini işlevsel hale getirmenin yöntemleri arama konusunda önemli baskılar oluşturmaktadır. Bu süreç, tarım da dahil olmak üzere ekonominin birçok sektöründe değişiklikler gerektirmektedir. Tarım sektörü, hem kendi kullanımı hem de diğer sektörlerin ihtiyaçları için enerji üretimine katkıda bulunmak için önemli fırsatlar sunmaktadır. Günümüzde tarımın enerji üretimindeki potansiyeli küçük bir oranda kullanılmaktadır. Sürdürülebilir bir modele doğru enerji dönüşümünün hedeflerine ulaşmak için; tarım sektörünün potansiyelinin ve işlevinin belirlenmesini, doğrudan ve dolaylı enerji tüketiminin azaltılmasını, tüketilen enerjinin kullanım verimliliğinin artırılmasını ve sektörün kendi kullanımı ve ekonominin diğer sektörleri için yenilenebilir enerji üretimine dahil edilmesini gerektirir. Tarım sektörünün modern ekonomik ve enerji sistemindeki işlevini değiştirmek ve enerji açısından verimsiz bir tüketici konumundan uzaklaştırılması gereklidir. Bu çalışmada, enerji üreten tüketici olarak tarım sektöründe enerji kullanımında karşılaşılan zorluklar, fırsatlar ve öneriler tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Tarım, Üreten tüketici, Yenilenebilir enerji, Tarımsal biyokütle

1. GİRİŞ

Tarım sektörü önemli bir enerji tüketicisidir. Tarımsal üretimde (doğrudan ve dolaylı) enerjinin verimsiz kullanımı birçok olumsuz etkiye neden olmaktadır. Diğer taraftan, tarım, özellikle biyokütle bazlı olmak üzere, çeşitli yenilenebilir enerji türlerinin üretimine özellikle yatkın bir sektördür. Bu durum sektörün bir tür "kolektif tüketici" olarak görülebileceği, kendi ihtiyaçları

ve diğer sektörlerin ihtiyaçları için enerji üretebileceği anlamına gelir. REN21'deki veriler (REN21, 2024), günümüzde küresel ölçekte, tarımın tükettiği enerjinin yaklaşık %15,4'ünün yenilenebilir kaynaklardan geldiğini ve bunun da sadece yaklaşık %5,3'ünün modern biyoenerjiden (odun hariç) geldiğini göstermektedir. Tarımın enerji üretimindeki potansiyeli bugün küçük bir oranda kullanılmaktadır. Enerji geçişinin zorlukları, hem enerji kullanım verimliliğini artırmanın yöntemlerini hem de fosil yakıtları yenilenebilir kaynaklarla değiştirmenin yöntemlerini aramayı teşvik etmektedir. "Uygun fiyatlı temiz enerji" de dahil olmak üzere, Birleşmiş Milletlerin (BM) küresel Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerinin peşinde, tarımın modern ekonomik ve enerji sistemindeki rolünü değiştirmek ve tarım sektörünü enerji açısından verimsiz bir tüketici konumundan uzaklaştırmak gerekli görünmektedir. Ürettiği enerjiyi verimli bir şekilde kullanan ve ekonominin diğer sektörlerine (enerji tedarikinde ve çevresel hedeflere ulaşmada) yardımcı olan bir üreten tüketici işlevi kazandırmak gereklidir. Bu bağlamda, bu bildiride tarımsal üretim enerji üreten tüketici yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler, bir enerji sisteminde enerji üreten tüketici temel varsayımları bağlamında gerçekleştirilmiştir.

2. ENERJİ SİSTEMİNDE ÜREten TÜKETİCİ

Geleneksel ekonomi modeli, ekonomik değişimde iki temel katılımcının varlığını varsayar. Bu temel katılımcılar, mal ve hizmet sağlayan üreticiler ve bu malları satın alan tüketicilerdir. Bu bölünmenin yanında, üretici ve tüketici arasındaki sınırların belirsizleştiği "üreten tüketici" kavramı vardır. Çünkü bu kategori kendi veya toplum üyelerinin kullanımı için mal ve hizmet üretir. Üreten tüketici kavramı son zamanlarda enerji endüstrisinde ve dijital ekonomide popülerlik kazanmıştır. Ancak, bu kavram çok daha önce tüketicilerin "endüstriyel dönemin" bir fenomeni olduğunu savunan *Toffler* (1980) tarafından geliştirilmiştir. Toplamlar "post-endüstriyel döneme" doğru ilerlerken, "saf tüketicilerin" sayısı azalmakta ve bunların yerini giderek kendi kullanımları için mal ve hizmet üreten "üreten tüketiciler" almaktadır (Kotler, 2010). Uygulamada, üreten tüketiciler, kendileri veya başkaları için değer üretmek amacıyla geleneksel ekonomik rollerin yeniden tanımlanmasına örnek teşkil etmektedir (Ertz ve Ark., 2024). Üreten tüketici kavramı, "paylaşım ekonomisi", "işbirlikli tüketim", "ortak yaratma", "ortak üretim", "kendi kendini üretme" veya "tüketici" gibi ekonomik kavramları ifade eder. Birçok açıdan hala belirsizlikler vardır ve bazen farklı piyasa katılımcıları ve üreten tüketici kategorileri arasında net bir ayrım yoktur (Pienkowski, 2021). Ancak ilkesel olarak üreten tüketici kavramı sürdürülebilir kalkınma paradigmasına (Filho ve Ark., 2024) ve "döngüsel ekonomiye" de (Gimeno ve Ark., 2020) uymaktadır. Üreten tüketici sektörlerine örnek olarak, diğerlerinin yanı sıra, sağlık, eğitim, moda, sanat, 3D baskı, Bitcoin madencilik veya tarım gibi endüstriler verilebilir. Bununla birlikte, Üreten tüketici olgusunun en önemli etkisi enerji sektöründedir (Botelho ve Ark., 2021). Kırsal alanlardaki üreten tüketici örnekleri arasında gıda sektörü yer alır (Trebska ve Biernat-Jarka, 2020). Genel olarak, enerji üreten tüketicilerinin aynı anda hem enerji üreten hem de tüketen bireyler olduğu varsayılabilir. Üreten tüketicilik, büyük ölçekli şirketlerden aktif tüketiciler tarafından üretilen dağıtılmış enerjiye doğru tarihi bir değişimi belirtir (Kuchmacz ve Mika, 2018). Genel olarak, üreten tüketici kategorisi gibi, enerji üreten tüketiciler kategorisi de heterojendir ve alt bölümlere ayrılabilir (EEA, 2022): "Bireysel yatırımlar" (ev sahiplerinin üreten tüketici olmasının en yaygın yolu bir PV santrali

kurmaktır); “bir binadaki kolektif üreten tüketiciler”; “toplum yatırımları” (en çeşitli üreten tüketici grubu); “şirket liderliğindeki projelere katılım” (bireylerin bölgesel yenilenebilir enerji projelerine katılımı esas olarak finansal katılıma dayanmaktadır). Başka bir sınıflandırma, haneler, kamu kuruluşları, küçük işletmeler ve üçüncül sektör gibi üreten tüketici kategorilerini belirtir (Naber ve Ark., 2021). Üreten tüketicilerin önemli bir özelliği, enerji topluluğuna dahil olmak ve vatandaşlarını temsil etmektir. Bu nedenle, örneğin, kendi ihtiyaçları için parça üreten endüstriyel şirketler, vatandaşları doğrudan temsil etmedikleri için üreten tüketici olarak kabul edilmezler (EEA, 2022).

Enerji üreten tüketicilerinin varlığının temel bir yönü, faaliyetlerinin sürdürülebilir kalkınma hedeflerini desteklemesi ve bu nedenle pratikte yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olması ve BM'nin Sürdürülebilir Kalkınma Hedefi "uygun fiyatlı temiz enerji" ile tutarlı olmasıdır. Tipik olarak, enerji alanındaki üreten tüketici fikri, yenilenebilir enerjinin tüketimi ve üretimi ile açıkça ilişkilidir (Brown ve Ark., 2020). Pratikte, bir çiftçinin fosil yakıtlardan enerji üretebileceğini hayal etmek zordur. Bu nedenle, çiftçiler söz konusu olduğunda, bir üreten tüketici olmanın yenilenebilir enerji üretimiyle ilişkili olduğunu varsayılır.

AB'de enerji üreten tüketicilerinin artışı teşvik eden başlıca faktörler arasında yenilenebilir enerji kaynaklarının azalan maliyetleri ve bu faaliyet biçiminin birçok hükümet tarafından desteklenmesi (sübvansiyonlar veya net ölçüm sistemleri şeklinde) ve vatandaşların artan çevre bilinci yer almaktadır (Gajdzik ve Ark., 2023). Bununla birlikte, son yıllarda üreten tüketicilik yoluyla yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini özellikle yoğun bir şekilde destekleyen AB ülkelerinde bile, enerji üreten tüketicilerinin sayısını tam olarak belirlemek günümüzde çok zordur. Örneğin, 2015 ile 2020 arasında Hollanda'daki fotovoltaik (PV) üreten tüketici sayısı 500.000'den az iken 1 milyondan daha fazlaya, Portekiz'de 3.000'den 30.000'den daha fazlaya ve Polonya'da 2018'de 51.000'den 2021'de 847.000'e çıkmıştır (EEA, 2022). Ancak genel olarak, üreten tüketicilik enerji üretiminde bugüne kadarki gelişiminin esas olarak çatılara ve yere kurulan elektrik üreten PV modüllere ve çok daha az ölçüde rüzgar enerjisine dayandığı söylenebilir (EEA, 2022). Bazı tahminler, AB ülkelerinde bu iki kaynağa güvenen üreten tüketicilerin elektrik ihtiyaçlarının %30 ila %70'ini (ülkeye bağlı olarak) ve toplam ısı ihtiyaçlarının %30 ila %70'ini elektrik, biyokütle ve güneş ısısına güvenerek karşılayabileceğini öne sürmektedir (EEA, 2022). Tarım alanında enerji üreten tüketici geliştirme fırsatları bağlamında, bireysel çiftliklerde enerji kaynaklarının devreye alınmasını içeren girişimlere ek olarak, çiftçiler tarafından üretilen yenilenebilir enerjinin kullanımını iyileştirebilecek "hibrit enerji-tarım kooperatifi" (yenilenebilir enerji toplulukları ve kooperatifleri) gibi kolektif eylemler için de fırsatlar olduğunu belirtmekte fayda vardır. Bu tür kooperatifler, birkaç farklı yenilenebilir enerji kaynağına, üyelerin birbirine bağlılığına, enerji akışlarının iki yönlülüğüne ve bireysel olarak faaliyet gösteren tesislerden daha fazla esnekliğe sahip olmalıdır. Bu tür kooperatiflerin geliştirilmesi, biyoenerjinin yerel topluluklardaki kullanılmayan potansiyelinin açığa çıkarılmasına yardımcı olabilir ve tarımın ve diğer sektörlerin karbondan arındırılmasını destekleyebilir. Bu noktada, yenilenebilir enerji kooperatiflerinin geliştirilmesindeki faktörlerden birinin sosyal sermaye olduğunu belirtmekte fayda vardır (Geskus ve Ark., 2024). Kolektif enerji girişimleri, kırsal alanlarda oldukça yaygın bir enerji üretim biçimi haline gelmiş olsa da, bunların geliştirilmesi hala çok sayıda engelle

(politik, yasal, ekonomik ve sosyo-kültürel koşullar) karşı karşıyadır. Enerji üreten tüketicinin gelişimi esas olarak aşağıdaki teknolojilere dayanmaktadır (Naber ve Ark., 2021):

- Elektrik üretimi için çatı veya yer tabanlı güneş PV: Fotovoltaik (PV) teknolojisi, üreten tüketicilerin en yaygın enerji üretim teknolojisini temsil eder. Başlıca yararı kurulum kolaylığı iken, birincil olumsuzluğu hava koşullarına bağlı olmasıdır. PV'nin yere kurulumu ek alan işgalini gerektirir ve bu da onu hanelerde kısmen nadir bir çözüm haline getirir. Ancak, kırsal alanlarda daha kolay uygulanabilir.
- Elektrik üretmek için rüzgar türbinleri: Rüzgar enerjisine dayanır ve çatıya veya yere monte edilebilir. Yere monte rüzgar türbinleri (yer üstü PV modülleri gibi) ön tedarik güç üretimi ve ticari çözümlerde (sadece enerji satışı amacıyla kurulur) kullanılır.
- Isı enerjisi üretmek için güneş termali: Güneş ısı enerjisi, güneşten gelen ısıyı yakalamak için kullanılabilir ve genellikle diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla (PV gibi) birlikte kullanılır. -
- Elektrik ve ısı üretmek için birleşik ısı ve güç üretimi (CHP): Üreten tüketici, kullanılan enerji taşıyıcısını kendisi üretiyorsa CHP bir üreten tüketici teknolojisi olarak görülebilir. Uygulamada, bu özellikle yeterli biyokütlenin elde edilebildiği kırsal alanlarda sadece biyokütle enerjisi için geçerlidir. Bu teknolojinin bireysel hanelerde kullanılması olası değildir, ancak genellikle biyogaz tesisi olan çiftliklerde kullanılır.
- Isı enerjisi üretmek için biyokütle kazanı: CHP'ye benzer şekilde, kullanılan biyokütle üreten tüketici tarafından üretiliyorsa, bu teknoloji üreten tüketici olarak görülebilir. Bu durum pratikte kullanımını kırsal alanlarla sınırlar.
- Isı enerjisi üretmek için ısı pompaları: Bu teknoloji, çevreden (hava, toprak veya su) enerji çıkarmaya dayanır. Hem kentsel hem de kırsal alanlarda kullanılabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı herhangi bir sistemin (hem tarımda hem de tarım dışında) etkili bir şekilde işleminin, ekonomik özellikler (yürütülen faaliyetler), yol altyapısı, enerji altyapısı (iletim ağları), nüfus yoğunluğu vb. gibi diğerlerinin yanı sıra bölgenin koşullarına bağlıdır.

Literatürde, çiftçilerin aynı anda hem tüketici hem de üretici olarak işlev gördüğüne ilişkin örnekler bulunmaktadır. Pereira ve Ark. (2022), günümüzde sadece yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmanın yeterli olmadığını, aynı zamanda uygun enerji yönetiminin de önemli olduğunu ve bunun için akıllı tarıma dayalı çeşitli çözümlerin faydalı olduğunu belirtmektedir. Portekiz'deki bir çiftliğin kendi enerji kaynağıyla entegre edilmesi, şebekeden enerji tüketimini %83 oranından fazla azalmıştır. mümkün kıldığını göstermektedir. Fotovoltaiklere (agrivoltaikler) dayalı çözümler güneş ışınlamına bağlıdır. Bu nedenle dünyanın farklı yerlerinde etkiler değişecektir. Üretimi iklimle değil, sadece biyokütle tedarikine bağlı olan tarımsal biyogaz, çiftçi-üreticiler için istikrarlı bir enerji kaynağı olarak gösterilmektedir. Biyogaz üretiminden her zaman büyük bir yatırım projesi anlaşılmamalıdır. Kırsal alanlarda, özellikle gelişmekte olan ülkelerde, ailelerin ihtiyaçları için gaz sağlamak amacıyla genellikle küçük biyogaz fermentörleri kurulur. Böyle bir çözümün maliyeti doğal gaz edinme maliyetini aşmaz (Jain, 2024). Tarımın, sadece kendi tüketimi için değil, aynı zamanda ekonominin diğer sektörleri için de biyogaz üretmesi beklenen gelişmiş ülkelerde, biyogaz projeleri büyük

yatırımlar gerektirir. Örneğin, tarımsal biyogaz üretiminin özellikle yoğun bir şekilde geliştiği bir ülke Almanya'dır. Ancak burada bu sektörün gelişimi yoğun bir şekilde kamu fonlarıyla desteklenmiş ve ayrıca tartışma konusu haline gelen enerji ürünlerine büyük ölçüde güvenilmiştir. Bununla birlikte, 9500 biyogaz tesisi Alman enerji sistemine yaklaşık 50 TWh enerji sağlamaktadır (Thran ve Ark., 2023). Buna karşılık, büyük biyogaz tesislerinin çoğunlukla birçok çiftlikten ve gıda endüstrisinden gelen atık biyokütle kullanılarak inşa edildiği Danimarka'da biraz farklı bir model geliştirilmiştir (Foged, 2019). Danimarka modeli gübre kullanımını ilk sıraya, enerji üretimini ikinci sıraya koyar; ancak bu durum sinerjik etkilere yol açar ve çiftçiler, çevre ve enerji tüketicileri için çok boyutlu faydalar sağlar. Ancak genel olarak, yüksek yatırım maliyetleri bir biyogaz girişiminin başarısını pratikteki destek düzeyine bağlı hale getirecektir. Ne yazık ki, biyokütle güç üretim maliyetleri tüm RES'lerin en yavaş oranında azalmaktadır. Elektrik maliyeti (LCOE) 2010 ile 2023 yılları arasında, biyoenerji için %14 azalırken, güneş PV için %90, kara rüzgarı için %70, açık deniz rüzgarı için %63, jeotermal için %31 ve hidroelektrik için %33 oranında azalmıştır (IRENA, 2024). Biyogaz üretimi için tarımsal atıkların anaerobik fermentasyonuna ilişkin bazı örneklerin bir incelemesi Alengebawy ve Ark. (2024) tarafından yapılan bir araştırmada bulunabilir.

Çiftçilerin rüzgar gücü kullanımına ilişkin örneklerle gelince, bu, 1930'lardan beri küçük ölçekli rüzgar türbinlerinin inşa edildiği ABD'nin bazı bölgelerinde oldukça popüler bir teknolojidir. Üçüncü taraf geliştiricilerin tarım arazilerine türbin dikmesi giderek daha yaygın hale gelmektedir. Ancak bu gelişme, üreten tüketici modelinden çok uzaktır. Son yıllarda, örneğin Almanya'da böyle bir model geliştirilmektedir (Fuch ve Ark., 2019). Birçok başarılı örnek sunulabilse de, sorunlara da işaret edilmektedir. Bunlardan biri, üreten tüketicilere sağlanan finansal desteğin biçimi ve düzeyidir. Örneğin Polonya'da, 2022'ye kadar üreten tüketiciler, güneş PV'lerinin hızla büyümesine katkıda bulunan net ölçüm avantajından yararlanabilmişlerdir. Sistemin net faturalamaya geçmesi koşulları önemli ölçüde değiştirmiştir ve Lakomiak (2022) tarafından yapılan analizine göre; bu, meyve bahçesi çiftliklerinde yenilenebilir enerji üretim potansiyelinin kullanımını (hem bireysel üreten tüketiciler hem de enerji kooperatifleri tarafından) sınırlamaktadır.

3. ENERJİ TÜKETİCİSİ OLARAK TARIM

Daha önce belirtildiği gibi, ekonomik gelişme ve sanayileşme, tarımı enerji üreten bir sektörden enerji tüketen bir sektöre dönüştürmüştür. Fosil yakıt enerjisi tarımın birincil girdilerinden biri haline gelmiştir. Tarımdaki enerji tüketimi, ürün/faaliyet türüne, coğrafi konuma, iklime, üretim uygulamalarına, tarım alet/makinalarına veya üretim yoğunluğuna bağlı olarak önemli ölçüde değişir. Ayrıca ekonomik duruma göre de değişir. Genel olarak, ekonomik durum ne kadar iyiye, tarımdaki enerji tüketiminin o kadar yüksek olduğu gözlemlenebilir.

Tarımdaki enerji, hem doğrudan tarımsal emtiaların üretim süreçlerinde (örneğin, makinalar için yakıt) hem de dolaylı olarak tarımda ihtiyaç duyulan diğer girdilerin (örneğin, gübreler) üretiminde ve ayrıca gıda işleme ve dağıtım süreçlerinde tüketilir. Fosil yakıt enerjisini de içeren tarımsal süreçte kullanılan doğrudan enerji girdileri, tüketilen elektrik ile katı, sıvı ve gaz yakıtların toplamını belirtir. Doğrudan enerji, sahada kullanılan enerjiyi (örneğin dizel) belirtir, genellikle enerji taşıyıcısının ısıtma değerini yansıtır ve taşıyıcının üretimi ve dağıtımıyla ilişkili enerji ihmal edilir. Dizel durumunda, bir litre yakıt yaklaşık 38 MJ enerji (toplam ısı)

değer) taşır. Bu değer, Dizel yakıtının toplam ısı değeri. Bununla birlikte, ek olarak, çıkarılması, işlenmesi ve çiftliğe teslimi 9,1 MJ gerektirir. Bu değer genellikle çiftlik enerji tüketiminin hesaplanmasında atlanır (Zegada-Lizarazu ve Ark., 2010). Genel olarak, doğrudan enerji kullanımının "çiftlik kapısı" aşamasına kadar üretim süreçlerinde doğrudan kullanılan enerji girdilerini içerdiği varsayılır. Elektrik tüketimi, rafine edilmiş petrol ürünleri (esas olarak Dizel), doğal gaz bazlı yakıtlar ve odun yongalarını kapsar. Dolaylı enerji girdileri, tarımsal üretim süreçlerinde tüketilen girdilerin üretimi için tüketilen enerjiyi içerir. Bu girdiler gübreler, tarım ilaçları, çiftlik makineleri ve çiftlik binaları dahil olmak üzere, üretim araçlarının imalatında kullanılan enerji taşıyıcılarıdır. Tarımda kullanılan enerjinin yarısından fazlasının, esas olarak azottan kaynaklanan dolaylı enerji kullanımlarıyla ilgili olduğu tahmin edilmektedir (Pimental, 2017). Dolaylı enerji kullanımının doğru tahmini, özellikle makina ve binalar söz konusu olduğunda, doğrudan enerji tüketimini belirlemekten daha karmaşıktır. Çünkü bu durum, teknik çözümlerde büyük farklılıklar olan koşullar altında kesin makine ve inşaat verileri gerektirir. Çiftlikte üretilen biyokütlede bulunan enerji tüketimini kategorize etmek bile zordur. Örneğin, tarımsal üretimden elde edilen saman, ısıtma yakıtı olarak işlenebilir. Saman, toplam ısı değeri 18 MJ/kg'a kadar olan bir enerji taşıyıcısıdır (OECD, 2017). Yine de, çiftlikte hayvanlar için yataklık olarak tüketilebilir veya toprak iyileştirme için tarlada sürülebilir. Bu samanın, yetiştirme süreci sırasında doğrudan (örneğin traktör için Dizel) ve dolaylı (örneğin gübre girdileri) enerji kullanımı ve fotosentez yoluyla biriken güneş enerjisi sonucu üretildiğini belirtmekte fayda vardır. Biyolojik ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerji (biyokütle) biyoenerji olarak sınıflandırılabilir. Üretilen ve daha sonra çiftlikte çeşitli üretim süreçlerinde kullanılan biyokütle, tarımda enerji tüketimi analizlerinde genellikle göz ardı edilen potansiyel bir dolaylı enerji girdisini (biyoenerji) temsil eder. Bu durum, yukarıda belirtilen saman, organik gübreler, kaba yem, yoğun yem için kullanılan tahıllar, tohumlar ve genç hayvanlara atıfta bulunabilir. Isı veya elektrik üretmek için kullanılan biyokütle, doğrudan enerji girdileri olarak sınıflandırılmalıdır. Sentetik olarak, tarımdaki temel enerji girdileri kategorileri Çizelge 1'de özetlenmiştir.

Çizelge 1. Tarımdaki Enerji Girdilerinin Sınıflandırması (Sulewski ve Ark., 2024)

Doğrudan Enerji Girişleri	Potansiyel Olarak Dolaylı Enerji Girişleri	Dolaylı Enerji Girişi
• Dizel • Elektrik • Isıtma yakıtları: • Kömür, Doğal Gaz, • Isı • Odun • Enerji üretimi için biyokütle (gıda atıkları, biyogaz tesisi için gıda endüstrisinin yan ürünleri)	• Tohumlar • Kesif yem • Kaba yem • Genç hayvanlar • Organik gübreler (çiftlik artıkları)	• Gübreler • Tarım ilaçları • Çiftlik binaları ve çiftlik altyapısı geliştirme • Makine ve diğer ekipmanlar • Hizmetler (makina müteahhitleri, tohum hazırlama, tahıl kurutma) • Endüstri bazlı hayvan yemi (melas, pancar küspesi)

Doğrudan enerji maliyeti kategorisinde, tarımın son enerji tüketimindeki payının yaklaşık %3 olduğu, tüm tarımsal gıda sektörünün payının ise halihazırda yaklaşık %30 olduğu tahmin edilmektedir (FAO, 2021). Tarımın son enerji tüketimindeki payı AB’de de ortalama %3 oranındadır. Ancak bu konuda AB’deki ülkeler arasında önemli farklılıklar vardır. Örneğin, Hollanda’da %9’dan yüksek iken, Slovakya’da %1,3 düzeyindedir (Eurostat, 2024). FAO verileri, küresel (doğrudan) enerji tüketiminde tarımın biraz daha küçük bir ortalama payını göstermektedir, Bu da 1971-2009 yılları arasında tarım ve ormancılığın küresel payının %3 düzeyini geçmediğini, ancak durumun dünya bölgeleri arasında ortalama olarak büyük ölçüde değiştiğini göstermektedir. Gözlem dönemi boyunca en dar pay, ortalama olarak Güney Amerika’da meydana gelmiştir (%4-6 aralığında değişim). Diğer taraftan, en düşük pay gelişmekte olan ülkelerde ve Kuzey Amerika’da gözlemlenmiştir. Ayrıca, söz konusu göstergenin 1970’lerin başına kadar oldukça istikrarlı bir şekilde büyüdüğünü, ardından hafif bir düşüş eğiliminin başladığını (çoğunlukla Avrupa ve Güney Amerika’da) belirtmekte fayda vardır. Enerji tüketiminde tarımın payındaki değişiklikleri analiz ederken, bunların ekonominin diğer sektörlerindeki enerji tüketimindeki değişikliklerin de sonucu olduğu unutulmamalıdır. Ancak, modern tarımın bir özelliği, endüstriyel girdilere aşırı bağımlı olmasıdır. Bu bağımlılık tarımın enerji tüketimindeki gerçek öneminin sektör istatistiklerinin gösterdiğinden daha büyük olduğu ve örneğin Eurostat istatistiklerinde bildirilen enerji tüketiminin hafife alınabileceği anlamına gelir. Çeşitli tahminler, çiftlike toplam enerji tüketiminin %50’sinin gübre, yem ve diğer girdilerde yer alan dolaylı enerji kullanımından kaynaklanabileceğini göstermektedir (Pelletier ve Ark., 2011; Baptista ve Ark., 2014). AB için yapılan tahminler, örneğin AB’de tarımsal uygulamaların maliyetlerindeki enerji payının ortalama olarak özgül maliyetin %30’una, ara tüketimin %18’ine ve toplam girdinin %12’sine ulaştığını göstermektedir (Martinho, 2020)

Çeşitli girdilerin üretim süreçlerinin enerji yoğunluğu, tarımdaki dolaylı enerji maliyetinin seviyesini etkiler. Örneğin, Gübreler Avrupa Genel Müdürü’ne göre, 2022’de gübre üretiminin değişken maliyetlerindeki gaz maliyetlerinin payı %90’a kadar ulaşmıştır (UK, 2022). Bu durum, tarım sektörünün enerji piyasasındaki duruma büyük ölçüde bağlı olduğu ve enerji fiyatlarındaki artışların tarımsal üretimin karlılığını önemli ölçüde etkilediği anlamına gelir. Tarımın enerji fiyatlarına olan güçlü bağımlılığı, çiftliklerin düşük dayanıklılığı durumunda, yüksek enerji fiyatlarının sonuçlarının üretimde azalmaya yol açabileceği anlamına gelir. Bu durum sadece çiftlik ekonomisi açısından değil, aynı zamanda küresel gıda güvenliği açısından da önemli bir konudur (Alexander ve Ark., 2022). Sorun, küresel nüfusun istikrarlı bir şekilde artması gerçeğiyle daha da kötüleşmektedir. Büyüme oranında beklenen azalmaya rağmen, bu eğilim, mevcut tahminlere göre dünya nüfusunun 10 milyara ulaşacağı 2100 yılına kadar devam edecektir. Diğer bir deyişle, "enerji-tarım bağı" hem enerji arzını ve talebini hem de gıda güvenliğini ve çevresel (iklim) zorluklarını gündeme getirmektedir.

4. ENERJİ ÜRETEN SEKTÖR OLARAK TARIM

Çiftçiler enerji tasarrufu uygulamalarını benimsediklerinde, daha da kendi kendine yetebilen hale gelmek için kendi enerjilerini üretebilirler ve bu da dış girdileri azaltır. Yenilenebilir enerji sadece çiftçilerin para tasarrufu yapmasına yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda küresel

ısınmaya karşı mücadeleye de yardımcı olur. Tarım, biyokütle, PV modüller ile elektrik üretmek için kullanılan güneş enerjisi ve rüzgar enerjisine dayalı olarak yenilenebilir enerji üretebilir. Ancak günümüze kadar, tarımdan elde edilen yenilenebilir enerjinin genel ekonomide kullanımı kısmen küçük kalmıştır. Ancak, enerji sağlamada tarımın rolünü gösteren doğru istatistikler yoktur. Bununla birlikte, toplam son enerji tüketimindeki toplam küresel yenilenebilir enerjinin yaklaşık %15,4 olduğu tahmin edildiğinde (REN21, 2024), tarımın kendisinin bu değere katkısının önemli ölçüde daha düşük olması gerektiği şüphesizdir. REN21 Raporunda (REN21, 2024), yenilenebilir enerjileri tarım uygulamalarıyla bütünleştirmenin sayısız faydasına rağmen, AB dışında sadece dört ülkenin (Bangladeş, Hindistan, Kore Cumhuriyeti ve Malta) tarım sektörü için yenilenebilir enerji hedeflerine sahip olduğunu belirtilmektedir.

4.1. Biyokütle

Biyokütle, tarımdan enerji elde etmesinin birincil yoludur ve tarihsel olarak, insanlık tarafından en eski enerji üretme biçimidir. Literatür, tarımsal biyokütlenin çeşitli enerji taşıyıcılarının üretimini üretmek için kullanılmasının, hem tarım sektörünün kendi tüketimi hem de ekonominin diğer sektörlerinin ihtiyaçları için enerji üretiminde tarımın katılımını artırma söz konusu olduğunda muhtemelen en önemli seçenek olduğunu belirtmektedir. Biyokütleden (organik maddeler) çıkarılan ve elektriğe, ulaşım yakıtlarına ve ısıya dönüştürülen enerjiye *biyoenerji* denir. Küresel olarak, biyokütle enerjisinin toplam enerji talebinin %10-14'üne katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir (Kumar ve Ark., 2023). Dünya Biyoenerji Birliği'nin (WBA, 2024) istatistikleri, biyoenerjinin dünya enerji karışımında yaklaşık %9'luk bir paya sahip olduğunu belirtmektedir. Tüm küresel biyoenerji pazarının değeri, önümüzdeki birkaç yıl içinde %9,4'lük Bileşik Yıllık Büyüme Oranları (CAGR) ile 296,7 milyar ABD doları olarak tahmin edilmektedir (BRC, 2024).

Genel olarak, biyokütle, Avrupa Birliği'ndeki RES yapısına hakimdir ve RES'teki payın ortalama yaklaşık %60'ını oluşturur ve bazı ülkelerde %90'ı bile aşar. Ancak, önemli bir şekilde, bu sonuca ana katkı odunsu (ormancılık) biyokütlesinden (biyokütlenin yaklaşık %60'ı) gelmektedir (EC, 2023). Tarımsal yan ürünleri ve tarımsal ürünleri içeren tarımsal biyokütlenin payı, toplam biyokütlenin yaklaşık %27'si olarak tahmin edilmektedir. Ancak, süreç sürdürülebilirse ve karbondioksit sekestrasyonuna ve biyolojik çeşitlilik hedeflerine ulaşmaya olan ihtiyacı güçlendiriyorsa, günümüzde baskın olan odunsu biyokütlenin hasadı haklı çıkar (EC, 2021). Bu nedenle, AB'de odunsu biyokütle potansiyelinin azalması beklenebilir (Janiszewska ve Ossowska, 2022). Döngüsel ekonominin artan zorlukları ve gereksinimleri dikkate alındığında, tarımsal biyokütlenin çok daha büyük bir potansiyele sahip olduğu görülmektedir (Alatzas ve Ark., 2019). Tarımsal biyokütlenin yenilenebilir enerji kaynağı olarak birçok avantajı vardır. Bunların en önemlileri arasında; tarım sektöründen gelen atık ve kalıntıların kullanımı, tarımdan kaynaklanan emisyonların azaltılması, çeşitlilik, enerji tedarikinin merkezden uzaklaştırılması ve bölgesel düzeyde enerji güvenliğinin iyileştirilmesi ve tarımsal biyorafinerilerde farklı enerji taşıyıcıları ve farklı ürünler üretme veya kırsal alanlarda yeni iş yaratma olasılığı yer almaktadır.

AB'de 2020 yılında enerji üretimi için kullanılan biyokütlenin yaklaşık %15'i tarımsal üretimden karşılanmıştır. Bu biyokütleden tarımsal artıklar ve ısı, elektrik ve biyoyakıt üretimi

için enerji ürünleri üretilmiştir (Biyoenjeri Avrupa, 2024). Ancak, tarımsal biyokütlenin yeterli politika önlemlerinin olmaması, sınırlı bilgi veya uygun iş modellerinin olmaması nedeniyle yeterince kullanılmadığı vurgulanmaktadır. Ayrıca, tarımın yenilenebilir enerji üretim fırsatları için potansiyelinin yeterince kullanılmadığı ve çiftliklerin kendi enerjilerini çok az kullandığı belirtilmektedir (Rokicki ve Ark., 2021). Tarımın biyoenjeri üretimindeki önemli potansiyeli, tarımsal ürünlerin sadece bir kısmının tüketilmesi ve emtiaya bağılı olarak artıkların %10 ile %90'a kadar çıkabilmesinden kaynaklanmaktadır (Energypedia, 2024).

Majewski ve Ark. (2016) tarafından yapılan, Polonya örneğinde hayvansal üretimden arta kalan atıklardan üretilen tarımsal biyogaz potansiyeli üzerine yapılan bir çalışma, tarım sektörünün elektrik talebini karşılamamanın mümkün olacağını göstermiştir. Biyometanın da büyük bir potansiyeli vardır. Biyogazla karşılaştırıldığında, bu teknolojinin daha iyi enerji kullanımına olanak sağlaması nedeniyle bir avantajı vardır. Bazı tahminler, 2050 yılına kadar tarımsal biyometanın AB'nin gaz ihtiyacının %30 ile %40'ını karşılayacağını göstermektedir, Günümüze kadar, biyogaz ve biyometan AB'nin gaz ihtiyacının yaklaşık %5'ini karşılayabilmiştir (EBA, 2021; Sulewski ve Ark., 2023).

Bazı araştırmalarda (Janiszewska ve Ossowska, 2022), elde edilen biyokütlenin içerdiği potansiyelin sadece bir kısmının tarlaların gübrelenmesi ihtiyacı nedeniyle enerji üretmek için kullanılabileceğini belirtilmektedir. Biyogaz tesislerinde elde edilen gübre gibi fermente olmuş materyal iyi gübre özelliklerine sahiptir.

Biyokütle genellikle bitki, hayvan ve mikroorganik biyokütle olmak üzere üç kategoriye ayrılabilir. Tarımsal biyokütle, enerji üretmek için çeşitli şekillerde kullanılabilir. Doğrudan yanıcı yakıt olarak, gaz yakıt olarak (biyogaz), sıvı yakıt olarak (etanol, biyodizel), yakıt peletleri olarak ve elektrik üretmek için kullanılabilir. Biyokömür, biyodizel, biyoetanol, biyobutanol, biyogaz, biyometan ve biyohidrojen gibi çeşitli yakıtlar (sıvı, katı ve gaz enerji taşıyıcıları) biyokütleden üretilebilir. Biyoenjerinin çıkarıldığı biyokütlenin türüne bağılı olarak, birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü kuşak biyoyakıtlar olarak dört kuşak biyoyakıt ayırt edilebilir. Birinci kuşak biyoyakıtlar tarımsal ürünlerden elde edilir. Tahıl ürünleri, pancar, mısır vb. biyoetanol üretirken, yağ ürünlerinden (yağ palmyesi, soya fasulyesi, Hindistan cevizi, kolza ve ayçiçeği) biyodizel üretilir. Genel olarak, birinci kuşak biyoyakıtlar yenilebilir gıda kaynaklarından üretilir. Bu da tarım arazileri için rekabet yaratır ve bu çözümün meşruiyeti büyük şüphelerle doludur. Özellikle önemli olan, gelecekteki biyoyakıt nesillerinin yenilebilir gıda kaynaklarını kullanmayacak olmasıdır. İkinci kuşak biyoyakıtlar, öncelikle lignoselülozik biyokütlenin ve özellikle buğday kepeği, hayvansal yağlar veya pişirme ve kızartma yağı atıkları gibi gıda endüstrisinden gelenler gibi çeşitli organik atıklar, özellikle tarımsal kalıntılar dahil olmak üzere diğer atıkların ayrışmasından üretilen enerji taşıyıcılarını içerir. AB RED II Direktifine göre, sürdürülebilir enerji üretimi için biyokütlenin gıda ve yem üretimine ayrılmış tarım arazileri için rekabet yaratmaması gerektiği vurgulanmalıdır (EBA, 2021). 2010 ile 2015 yılları arasında, yeni kurulan biyometan tesislerinin neredeyse yarısı enerji ürünlerine dayanmıştır (EBA, 2021). Üçüncü kuşak biyoyakıtlar, özellikle makroalgler ve deniz çayıruları olmak üzere deniz biyokütlesinin kullanımına dayanırken, dördüncü kuşak biyoyakıtlar, biyoyakıt üretiminde kullanılan organizmaların istenen özelliklerini geliştirmek için genetik mühendisliğinin kullanımına dayanmaktadır. Tarımın biyoenjeri üretim potansiyeli esas olarak ikinci kuşak biyoyakıtlara, diğer bir deyişle örneğin tarımsal biyogaz üretmek için atık tarımsal

hammaddelerin kullanımına dayanmaktadır. Ancak, bunlar aynı zamanda sözde tarımsal biyorafinerilerde diğer enerji ürünleri ve malzemeleri üretmek için de kullanılabilir.

Tarımsal biyokütleyi kullanmak için özellikle yararlı bir teknoloji, biyometana yükseltme de dahil olmak üzere biyogaz üretimidir. Organik gübrelerden (gübre, bulamaç) üretilen tarımsal biyogaz, sadece belirli miktarda fosil yakıt enerjisinin yenilenebilir enerjiyle değiştirilmesini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda gübre ve bulamacın geleneksel depolanması sırasında oluşan metan emisyonlarını da azaltır. Fosil yakıtların organik gübreden üretilen tarımsal biyogazla değiştirilmesiyle, CO₂ emisyonlarında 1 kg'lık bir azalmanın, gübre yönetimindeki bir değişiklik nedeniyle CO₂ emisyonlarında ek 1 kg'lık bir azalmaya dönüştüğü varsayılmaktadır (Mirosz ve Ark., 2015).

Biyogaz tesislerinde enerji üretiminin verimliliği, biyogazın nasıl kullanıldığına bağlı olarak değişir. Örneğin, kombine ısı ve güç (CHP) üretimi için tipik elektrik ve ısı verimlilikler sırasıyla %40 ve %50'dir. Bu nedenle verimliliğin anahtarı, yanma motorunda üretilen ısı enerjisinin yönetilip yönetilemeyeceğidir. Birçok durumda, ısı enerjisi verimli bir şekilde kullanmak imkansızdır. Bu da birincil enerjinin bir kısmının dağıtıldığı anlamına gelir (EBA, 2021). Bunun aksine, bir gaz kazanında biyogaz yakılarak ısı enerji üretimi için değer %82,5'tir (Hakawati ve Ark., 2017). Biyogaz biyometana yükseltirirse, tıpkı doğal gaz gibi çeşitli şekillerde kullanılabilir ve bu sürecin verimliliği işleme teknolojisine bağlı olacaktır. Biyometanın GHG emisyonlarını azaltmada büyük bir potansiyeli vardır. Fosil yakıtların biyometanla değiştirilmesinin emisyonları %80 oranında azalttığı ve bazı çözümlerde %200 oranında azalmalar mümkün olduğu varsayılabilir. Fosil yakıtın değiştirilmesiyle önlenen emisyonlara ek olarak, benzer miktarda GHG atmosferden etkili bir şekilde uzaklaştırılır ve karada depolanır veya bitişik sistemlerde önlenir (Alberici ve Ark., 2022). Sonuç olarak, yaşam döngüsü emisyonunun sıfırın altında olması beklenir (Hakawati ve Ark., 2017). Biyogaz ve biyometan tesislerinin bir diğer yararı da, diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıyla karşılaştırıldığında, biyogaz tesislerinin daha fazla üretim kararlılığı ile karakterize edilmesidir (Stejskal, 2008). Üstelik, biyogaz üretimi, yerel kullanıma odaklanan küçük ölçekli, merkezi olmayan enerji üretimi olan dağıtılmış enerji modelini destekler ve bu da enerji üreten tüketici için uygundur. Bu bakış açısından, mikro biyogaz tesisleri ilginç bir çözümdür. Kısmen küçük çiftliklerde bile kurulabilir ve çiftçiler tarafından kendi ihtiyaçları için kullanılabilir (enerji öz yeterliliği). Bu tür tesisler genellikle sadece belirli bir çiftlikten (çiftlik grubu) gelen biyokütle ile çalıştırılır. Bu da atıkların taşınması ihtiyacını ortadan kaldırır ve bunları atık fiyatı dalgalanmalarından bağımsız hale getirir.

4.2. Tarımsal Fotovoltaikler

Genel olarak, insanlar ve hayvanlar için bir gıda kaynağı olarak ürün yetiştirme sürecinde güneş enerjisi biyokütleyle dönüştürülür. Ancak, güneşin enerjisi fotovoltaik (PV) modüllerde elektrik üretmek amacıyla da kullanılabilir. Çiftçiler elektrik üretimini kısmen kendi tüketimleri için de yapabilirken, kullanılmayan fazlalık diğer tüketicilere yönlendirilebilir. Son yıllarda, agrivoltaik kavramının geliştirilmesiyle birlikte, tarım sektöründe fotovoltağe olan ilgi belirgin bir şekilde artmıştır. Agrivoltaik, belirli bir tarım arazisinin aynı anda ürün yetiştirmeye ve PV modüllerden enerji üretilmesine olanak tanıyan bir çözümdür. Ayrıca, tarım arazisinin ürün yetiştirmek ve enerji üretmek amacıyla ikili kullanımına ilişkin belirgin faydaya ek olarak,

agrivoltaikler çiftçilere su tüketimini azaltma veya PV modüllerin altındaki bitkileri aşırı hava koşullarından koruma ile ilgili başka faydalar da sağlar. Ancak diğer taraftan, PV modüllerinin bitkilerin ışıma erişimini kısıtladığı ve bu nedenle üretkenliklerini sınırladığı unutulmamalıdır. Bununla birlikte, Dupraz ve Ark. (2011) tarafından yapılan analizler, arazinin iki yönlü kullanımıyla, PV modüllerin yoğunluğuna bağlı olarak üretkenliğinin %35-75 aralığında arttığını göstermektedir. Buna karşılık, Dinesh ve Pearce (2016) tarafından yapılan analizler, ekonomik üretkenlikte %30'luk bir artış olduğunu göstermektedir. Tarımsal fotovoltaiikleri başarıyla kullanmak için önemli bir ön koşul, gölgeye iyi tolerans gösteren bitkilerin yetiştirilmesi için seçim yapılmasıdır. Bu nedenle, hayvan otlatma veya polinatör habitatıyla ilişkili tarımsal fotovoltaiikler, ürün üretimine dayalı tarımsal fotovoltaiiklerden finansal olarak daha rekabetçi görünmektedir. Tarımsal fotovoltaiiklerin belirli bir biçimi fotovoltaiik seradır (PVG).

Rüzgar enerjisini biyokütle tabanlı veya fotovoltaiikleri (agrivoltaiikleri) diğer kaynaklarla entegre etmek gibi hibrit çözümlerden yararlanılmalıdır. Ayrıca, güneş PV ısı enerjisi kaynağı olarak (hem ısıtma hem de soğutma için) kullanılabilir. Bu durum, sıcak suyun gerekli olduğu tarımsal faaliyetlerde (seralar, hayvan barınakları) özellikle yararlı bir çözümdür. Güneş PV'yi ısı teknolojileriyle birleştirmek de mümkündür.

4.3. Rüzgar Enerjisi

Tarımda da henüz keşfedilmemiş rüzgar enerjisi fırsatları vardır. Güneş enerjisinin aksine, rüzgar enerjisi günde 24 saat kullanılabilir. Ancak atmosfer koşullarına da güçlü bir bağımlılık vardır. Bu nedenle, tüm bölgeler bu enerji üretim yöntemine yatkın değildir. Türbinin işlevi, dönen pervanelerin rüzgarın kinetik enerjisini mekanik veya elektrige dönüştüren bir elektrik jeneratörüne güç vermesidir. Tarihsel olarak, yüzyıllar önce, rüzgar enerjisi tarlaları sulamak veya boşaltmak için "rüzgar pompalarına" güç sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Günümüzde, yaygın olarak elektrik türbinleri kullanılmaktadır. Rüzgar türbinlerinin güç çıkışı önemli ölçüde değişebilir (birkaç kW'dan birkaç MW'a (megawatt) kadar). Bu nedenle, farklı işletme ölçeklerindeki çiftçilere enerji sağlayabilirler. Örneğin, küçük ölçekli rüzgar türbinleri Teksas'ta 1930'lar ve 1940'lar gibi erken bir tarihte popüler hale gelmiştir (UCS, 2003). Diğer uygulamaların yanı sıra, elektrik şebekesine erişimi olmayan bölgelerde sığırlar için su pompalamak için kullanılmışlardır. Çiftliklere kurulan türbinler önemli ölçüde farklılık gösterebilir. Ekipmanı kurmak için gerekli alanın az olması önemli bir avantajdır.

Rüzgar türbinlerinden elde edilen enerji, sulama sistemlerine güç sağlamaktan elektrik üretmeye kadar çeşitli amaçlar için kullanılabilir. Çiftçiler, rüzgar enerjisi üretimine üç şekilde katılabilirler:

- 1) "Rüzgar geliştiricisi" ile ortaklık kurarak ve arazilerine bir türbin kurulmasına izin vererek
- 2) Rüzgar türbinlerini kısmen kendi kullanımları için ve kısmen enerji satışı için kurarak
- 3) Kendileri bir "rüzgar geliştiricisi" olarak sadece enerji işine odaklanarak

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Küresel iklim politikası, iddialı enerji geçiş hedeflerini işlevsel hale getirmenin yollarını arama konusunda açıkça baskı oluşturmaktadır. Bu süreç, tarım da dahil olmak üzere ekonominin birçok sektöründe değişiklikler gerektirmektedir. Tarımın doğrudan enerji tüketimindeki

kısmen küçük payına rağmen, tarımsal gıda sektörü, çeşitli enerji biçimlerinin verimsiz kullanımının bir sonucu olarak görülebilecek şekilde çevreyi birçok farklı şekilde olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda, tarımın hem kendi kullanımı hem de diğer sektörlerin ihtiyaçları için enerji üretimine katkıda bulunmak için önemli fırsatları vardır. Özellikle, tarım ve tarımsal gıdada ortaya çıkan biyokütle sektörünün kullanılmasına büyük umutlar bağlanabilir. Ancak, çiftçiler güneş PV (agrivoltaik) ve rüzgar enerjisi üretimine de dahil olabilirler. Küresel enerji geçiş hedefleri gerçekleştirilecekse, tarıma belirli bir tür "enerji tüketicisi" olarak bakılmalıdır. Sürdürülebilir bir modele doğru enerji geçişinin hedeflerini karşılamak için tarımın potansiyelinin farkına varmak, doğrudan ve dolaylı enerji tüketimini azaltmayı, tüketilen enerjinin kullanım verimliliğini artırmayı ve tarımı kendi kullanımı ve ekonominin diğer sektörleri için yenilenebilir enerji üretimine dahil etmeyi gerektirir.

Tarımda üreten tüketici yaklaşımına geçiş, gelecek için bazı önemli zorlukları da beraberinde getirmektedir. Birincil endişe, güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir kaynakların aralıklı olarak enerji üretmesi nedeniyle enerji depolamadır. Üretim ve tüketimi etkili bir şekilde dengelemek için, gelişmiş pil teknolojileri de dahil olmak üzere, uygun fiyatlı ve verimli depolama çözümleri geliştirmek esastır. Yeni nesil biyoyakıtlar daha temiz bir enerji manzarası vaat etmektedir. Ancak, bunların ilerlemesi, şu anda ölçeklenebilirliği sınırlayan teknolojik ve ekonomik engellerin aşılmasına bağlıdır. Ayrıca, tarımsal enerji üretimini Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) ve iklim politikalarıyla uyumlu hale getirmek çok yönlü bir zorluktur. Bu uyum, artan enerji taleplerini çevre koruma çabaları, adil kaynak dağıtımı ve iklim eylemi hedeflerine bağlılıkla dikkatli bir dengeleme gerektirmektedir. Bilimsel araştırma gerektiren önemli bir zorluk, modern teknolojik çözümleri daha geniş bir ölçekte kullanmanın yollarının aranmasıdır. Modern bilimde, hassas tarım ve akıllı tarım kavramına uyan daha verimli enerji kullanımı için birçok yöntem vardır. Bununla birlikte, bunların yayılma derecesi örgütsel ve ekonomik engeller nedeniyle yetersiz kalmaktadır. Bu konudaki araştırmalar, dünyanın birçok bölgesinde teknolojik ilerlemelerin yayılması için çok önemli görünmektedir. Bu yönleri sosyoekonomik kısıtlamaları ele alırken entegre etmek, tarımı sürdürülebilir bir enerji üreten tüketici sektörüne dönüştürmeye yardımcı olmalıdır.

KAYNAKÇA

- [1] Alatzas, S.; Moustakas, K.; Malamis, D.; Vakalis, S. Biomass Potential from Agricultural Waste for Energetic Utilization in Greece. *Energies* 2019, 12, 1095.
- [2] Alberici, S.; Grimme, W.; Toop, G. A Gas for Climate Report Feasibility of REPowerEU 2030 Targets, Production Potentials in the Member Biomethane Production Potentials in the EU; Gas for Climate; Gas for Climate: Utrecht, The Netherlands, 2022.
- [3] Alexander, P.; Arneth, A.; Henry, R.; Maire, J.; Rabin, S.; Rounsevell, M.D.A. High Energy and Fertilizer Prices Are More Damaging than Food Export Curtailment from Ukraine and Russia for Food Prices, Health and the Environment. *Nat. Food* 2022, 4, 84–95.
- [4] Alengebawy, A.; Ran, Y.; Osman, A.I.; Jin, K.; Samer, M.; Ai, P. Anaerobic Digestion of Agricultural Waste for Biogas Production and Sustainable Bioenergy Recovery: A Review. *Environ. Chem. Lett.* 2024, 22, 2641–2668.

- [5] Baptista, F.; Silva, L.L.; de Visser, C.; Gołaszewski, J.; Meyer-Aurich, A.; Briassoulis, D.; Mikkola, H.; Murcho, D. *Energy Efficiency in Agriculture*; Universidade de Evora: Évora, Portugal, 2014.
- [6] Bioenergy Europe. *Agriculture. The Role of Biomass*. 2024.
- [7] Botelho, D.F.; Dias, B.H.; De Oliveira, L.W.; Soares, T.A.; Rezende, I.; Sousa, T. Innovative Business Models as Drivers for Prosumers Integration—Enablers and Barriers. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2021, 144, 111057.
- [8] Brown, D.; Hall, S.; Davis, M.E. What Is Prosumerism for? Exploring the Normative Dimensions of Decentralised Energy Transitions. *Energy Res. Soc. Sci.* 2020, 66, 101475.
- [9] BRC (2024) The Business Research Company. *Bioenergy Global Market 2024*; The Business Research Company: Hyderabad, India, 2024.
- [10] Dinesh, H.; Pearce, J.M. The Potential of Agrivoltaic Systems. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2016, 54, 299–308.
- [11] Dupraz, C.; Marrou, H.; Talbot, G.; Dufour, L.; Nogier, A.; Ferard, Y. Combining Solar Photovoltaic Panels and Food Crops for Optimising Land Use: Towards New Agrivoltaic Schemes. *Renew. Energy* 2011, 36, 2725–2732.
- [12] EBA (2021) European Biogas Association. *EBA Statistical Report 2021*; European Biogas Association: Brussels, Belgium, 2021.
- [13] EC (2021) European Commission. *New EU Forest Strategy for 2030*; COM (2021) 572 Final; European Commission: Brussels, Belgium, 2021.
- [14] EC (2023) European Commission. *State of the Energy Union Report 2023 (Pursuant to Regulation (EU) 2018/1999 on the Governance of the Energy Union and Climate Action)*; COM/2023/650 Final; European Commission: Brussels, Belgium, 2023.
- [15] EEA, European Environment Agency. *Energy Prosumers in Europe: Citizen Participation in the Energy Transition*; EEA: Copenhagen, Denmark, 2022.
- [16] Energypedia. *Bioenergy in Powering Agriculture*; Energypedia. 2024.
- [17] Ertz, M.; Cao, X.; Barragán Maravilla, J.M. The Prosumer. *Encyclopedia* 2024, 4, 1263–1278.
- [18] Eurostat. *Simplified Energy Balances*. 2024.
- [19] FAO. *Faostat Emissions Due to Agriculture. Global, Regional and Country Trends 2000–2018*; FAO: Rome, Italy, 2021.
- [20] Filho, W.L.; Trevisan, L.V.; Salvia, A.L.; Mazutti, J.; Dibbern, T.; De Maya, S.R.; Bernal, E.F.; Eustachio, J.H.P.P.; Sharifi, A.; Alarcón-del-Amo, M.-C.; et al. Prosumers and Sustainable Development: An International Assessment in the Field of Renewable Energy. *Sustain. Futur.* 2024, 7, 100158.
- [21] Foged, H.L. Danish Policies on Agricultural Biogas Production and Status for Their Implementation. *Organe Inst. Rep. SuNaMU Platf.* 2019, pp.
- [22] Fuchs, C.; Marquardt, K.; Kasten, J.; Skau, K. Wind Turbines on German Farms—An Economic Analysis. *Energies* 2019, 12, 1587.
- [23] Gajdzik, B.; Jaciow, M.; Wolniak, R.; Wolny, R.; Grebski, W.W. Energy Behaviors of Prosumers in Example of Polish Households. *Energies* 2023, 16, 3186.

- [24] Geskus, S.; Punt, M.B.; Bauwens, T.; Corten, R.; Frenken, K. Does Social Capital Foster Renewable Energy Cooperatives? *J. Econ. Geogr.* 2024, 24, 887–905.
- [25] Gimeno, J.Á.; Llera-Sastresa, E.; Scarpellini, S. A Heuristic Approach to the Decision-Making Process of Energy Prosumers in a Circular Economy. *Appl. Sci.* 2020, 10, 6869.
- [26] Hakawati, R.; Smyth, B.M.; McCullough, G.; De Rosa, F.; Rooney, D. What Is the Most Energy Efficient Route for Biogas Utilization: Heat, Electricity or Transport? *Appl. Energy* 2017, 206, 1076–1087.
- [27] IRENA. Renewable Power Generation Costs in 2023; International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, United Arab Emirates, 2024.
- [28] Jain, S. Global Potential of Biogas; World Biogas Association. Ritchie, H.; Roser, M.; Rosado, P. *Renewable Energy*. 2024.
- [29] Janiszewska, D.; Ossowska, L. The Role of Agricultural Biomass as a Renewable Energy Source in European Union Countries. *Energies* 2022, 15, 6756.
- [30] Kotler, P. The Prosumer Movement. In *Prosumer Revisited*; Blattel-Mink, B., Hellmann, K.-U., Eds.; VS Verlag für Sozialwissenschaften: Wiesbaden, Germany, 2010; pp. 51–60, ISBN 978-3-531-16935-4.
- [31] Kuchmacz, J.; Mika, Ł. Description of Development of Prosumer Energy Sector in Poland. *Polityka Energ. Energy Policy J.* 2018, 21, 5–20.
- [32] Kumar, S.; Lohan, S.K.; Parihar, D.S. Biomass Energy from Agriculture: Conversion Techniques and Use. In *Handbook of Energy Management in Agriculture*; Rakshit, A., Biswas, A., Sarkar, D., Meena, V.S., Datta, R., Eds.; Springer Nature Singapore: Singapore, 2023; pp. 181–199, ISBN 978-981-19773-5-0.
- [33] Łakomiak, A. Civic Energy in an Orchard Farm—Prosumer and Energy Cooperative—A New Approach to Electricity Generation. *Energies* 2022, 15, 6918.
- [34] Majewski, E.; Sulewski, P.; Waś, A. Potencjał i Uwarunkowania Produkcji Biogazu Rolniczego W Polsce (Potential and Determinants of Agricultural Biogas Production in Poland); SGGW Publishing: Warsaw, Poland, 2016.
- [35] Martinho, V.J.P.D. Relationships between Agricultural Energy and Farming Indicators. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 2020, 132, 110096.
- [36] Mirosz, L.; Amrozy, M.; Trzaski, A.; Wiszniewska, A. What Policymakers Should Know about Micro-Scale Digestion; National Energy Conservation Agency: Warsaw, Poland, 2015; 54p.
- [37] Naber, N.; Kampman, B.; Scholten, T.; Vendrik, J.; van deWater, S. Potential of Prosumer Technologies in the EU. *PROSEU Results*; CE Delft: Delft, The Netherlands, 2021.
- [38] OECD. Improving Energy Efficiency in the Agro-Food Chain; OECD Green Growth Studies; OECD: Paris, France, 2017; ISBN 978-92-64-27852-3.
- [39] Pelletier, N.; Audsley, E.; Brodt, S.; Garnett, T.; Henriksson, P.; Kendall, A.; Kramer, K.J.; Murphy, D.; Nemecek, T.; Troell, M. Energy Intensity of Agriculture and Food Systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2011, 36, 223–246.
- [40] Pereira, F.; Caetano, N.S.; Felgueiras, C. Increasing Energy Efficiency with a Smart Farm—An Economic Evaluation. *Energy Rep.* 2022, 8, 454–461.

- [41] Pienkowski, D. Rethinking the Concept of Prosuming: A Critical and Integrative Perspective. *Energy Res. Soc. Sci.* 2021, 74, 101967.
- [42] Pimentel, D. *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*; CRC Press LLC: Boca Raton, FL, USA, 2017; ISBN 978-1-315-89341-9.
- [43] REN21 Renewables 2024. Global Status Report. Energy Demand.
- [44] Rokicki, T.; Ratajczak, M.; Bórawski, P.; Beldycka-Bórawska, A.; Gradziuk, B.; Gradziuk, P.; Siedlecka, A. Energy Self-Subsistence of Agriculture in EU Countries. *Energies* 2021, 14, 3014.
- [45] Stejskal, B. Practical Experience from Biogas Station. *Infrastruct. Ecol. Rural Areas* 2008, 9, 125–135.
- [46] Sulewski, P.; Ignaciuk, W.; Szymanska, M.; Waś, A. Development of the Biomethane Market in Europe. *Energies* 2023, 16, 2001.
- [47] Thran, D.; Deprie, K.; Dotzauer, M.; Kornatz, P.; Nelles, M.; Radtke, K.S.; Schindler, H. The Potential Contribution of Biogas to the Security of Gas Supply in Germany. *Energy Sustain. Soc.* 2023, 13, 12.
- [48] Toffler, A. *The Third Wave*; William Morrow and Company, Inc.: New York, NY, USA, 1980.
- [49] Trebska, P.; Biernat-Jarka, A. Rural Households as Food Prosumers in the Context of Sustainable Consumption—An Example of Poland. *J. Mod. Sci.* 2022, 49, 680–697.
- [50] WBA. World Bioenergy Association. *Global Bioenergy Statistics Report 2024*; WBA: Stockholm, Sweden, 2024.
- [51] UCS (2003). Union of Concerned Scientists. Fact Sheet; *Farming the Wind: Wind Power and Agriculture*.
- [52] UK Parliament; House of Lords Library. *Rising Cost of Agricultural Fertiliser and Feed: Causes, Impacts and Government Policy*; UK Parliament: London, UK, 2022.
- [53] Zegada-Lizarazu, W.; Matteucci, D.; Monti, A. Critical Review on Energy Balance of Agricultural Systems. *Biofuels Bioprod. Biorefining* 2010, 4, 423–446.

TARIMDA YENİLENEBİLİR ENERJİ KULLANIMININ FİNANSMANINDA KAMU KAYNAKLARININ ÖNEMİ

Doç.Dr. Nusret MUTLU

GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı

nmutlu@gap.gov.tr, ORCID ID: 0000-0002-5780-4152

Prof.Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK

Çukurova Üniversitesi

hhozturk@cu.edu.tr, ORCID NO: 0000-0001-6904-5539

Arş. Gör. Dr. Hasan Kaan KÜÇÜKERDEM

Iğdır Üniversitesi

kaan.kucukerdem@igdir.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-1593-4725

ÖZET

Tarım, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaştırılmasına özellikle uygun ekonomik bir sektördür. Tarım sektörü de dahil olmak üzere, yenilenebilir enerji kullanımının yaygınlaşmasının önündeki önemli engellerden biri, son yıllarda azalmalarına rağmen, yenilenebilir enerji üretimi için yatırım maliyetlerinin hala yüksek olmasıdır. Bu nedenle, hükümetlerin iklim dönüşümü hedeflerinin ve buna eşlik eden enerji dönüşümünün, enerji karışımında yenilenebilir enerjinin payını artırma da dahil olmak üzere, uygulanmasını hızlandırmaya odaklanmasıyla, konutlar, işletmeler ve çiftlikler tarafından yapılan yatırımlar için devletin mali desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde, yüksek enerji fiyatları, jeopolitik istikrarsızlık ve enerji güvenliği konusundaki endişeler nedeniyle, tarımda yenilenebilir enerji kullanımının finansmanında kamu fonlarının işlevinin değerlendirilmesi özellikle önemli hale gelmektedir. Tarımın mekansal ve yapısal çeşitliliği, çiftçilerin yenilenebilir enerji hakkındaki görüşlerini etkilemektedir. Çiftçilerin yenilenebilir enerjiye yatırım yapma motivasyonları, devletin ve toplumun rolüne ilişkin algı ve enerji dönüşüm sürecinde kullanılan araçlar hakkındaki görüşlerine bağlı olarak değişir. Çiftçiler yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını destekleme açısından uygun düzenlemeler, doğrudan araçlar (sübvansiyonlar) şeklinde finansal destek, dolaylı etki desteği (vergi indirimleri, imtiyazlı krediler), teknolojik destek (örneğin enerji depolama tesislerinin inşası, iletim ağlarının modernizasyonu) ve eğitim desteğine (yenilenebilir enerji alanında iyi uygulamaların teşviki) ihtiyaçları vardır. Bu çalışmada, tarımda yenilenebilir enerji kullanımının finansmanında kamu kaynaklarının önemi tartışılmıştır. Çalışma, tarımda yenilenebilir enerjiyi destekleme politikası için öneriler oluşturulmasına yardımcı olabilir.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Yenilenebilir enerji, Kamu kaynakları, Destek ve teşvikler

1. GİRİŞ

Son yıllarda birçok ülke hükümetinin ilgi odağı haline gelen alanlardan biri de yenilenebilir enerjidir. Bu ilgi, öncelikle enerji tüketimini azaltmayı ve sera gazı (GHG) emisyonlarını

azaltmayı içeren enerji dönüşüm sürecini hızlandırma ihtiyacından kaynaklanmaktadır. Mevcut geliştirme yönleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının maksimum kullanımını ve kaynakların optimum ve rasyonel kullanımını hedeflemektedir. Bu faaliyetler yaşamın tüm alanlarını ilgilendirir ve çeşitli düzeylerde gerçekleştirilir. Enerji dönüşümü, çeşitli endüstrilerde faaliyet gösteren bireyleri, şirketleri ve üretim işletmelerini ilgilendirir. Bu konu, COVID-19 salgını ve Ukrayna'daki savaşın patlak vermesiyle ortaya çıkan enerji krizi ve bunun Rusya için sonuçları sonucunda olağanüstü bir önem kazanmıştır. Rusya, şimdiye kadar enerji üretimi için diğerlerinin yanı sıra fosil yakıtların gerekli ana tedarikçilerinden biri olmuştur.

Enerji dönüşüm süreci, hem uyarlanmış yasal hükümler temelinde (sonraki alıcı gruplarına belirli yükümlülükler yükleyerek) vatandaşların farkındalığını etkileyerek hem de her şeyden önce hükümet harcamaları da dahil olmak üzere çeşitli kamu müdahale araçları yoluyla uygulanmaktadır. Haziran 2023 tarihli Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) raporu (IEA, 2023), hükümetlerin 2020'den bu yana temiz enerji yatırımlarını desteklemek için 0,3216 trilyon USD ayırdığını belirtmektedir. Bu nedenle, 2023'te 2022'ye kıyasla neredeyse %25 oranında artan bu yatırımların hızlı büyümesinde önemli bir rol oynamışlardır. Hükümet harcamalarının büyük bir kısmı, sözde karşılanabilirliğin sürdürülmesi nedeniyle o dönemde tüketicileri desteklemeye ayrılmıştır. Bu destek, enerji krizi sırasında istikrarlı fiyatların sürdürülmesiyle ilgili operasyonel kayıpları telafi etmekten oluşmuştur. 2023'te altı ay boyunca, temiz enerji yatırımlarını desteklemek için yaklaşık 31,2 milyar USD tutarında yeni hükümet harcaması duyurulmuştur. Harcama esas olarak toplu ve alternatif ulaşım için düşük emisyonlu elektrik üretim projelerini ve düşük emisyonlu araçların satışını artırmayı amaçlamaktadır. Yenilenebilir enerji alanındaki önceki araştırmalar genellikle gelişimini etkileyen çeşitli faktör gruplarına odaklanır. Bu faktörler; politik, ekonomik, eğitimsel, coğrafi, çevresel ve teknolojik faktörler olarak gruplandırılabilir.

Bazı çalışmalar ayrıca yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde kamu fonlarının önemini vurgulamaktadır. 2007'deki son küresel mali krizin başlangıcından bu yana enerji piyasasındaki artan rekabetin ve ek kamu finansmanının yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden faktörler olarak çok daha büyük bir rol oynadığını göstermiştir. Buna karşılık, yenilenebilir enerji piyasasını etkileyen temel faktörler, yenilenebilir enerji kaynaklarının finansmanına erişimi genişletmek, geleneksel enerji kaynaklarının payını azaltmak ve yenilenebilir enerji projelerine kamu-özel sektör desteği sağlamak olarak belirtilmektedir. Ayrıca, birçok ülkede yenilenebilir enerjinin gelişme için elverişli koşullar bulunmaktadır. Ancak uygulamalar hükümet ve iş dünyası tarafından amaçlı ve koordineli eylemler gerektirmektedir. Ekonominin ve kentleşmenin gelişmesi, teşvik politikası sisteminin ve hükümet politikasının uygulanması, yenilenebilir enerji yatırım projelerinin geliştirilmesinde en önemli üç faktördür. Bununla birlikte, yenilenebilir enerjiye yönelik kamu harcamalarının etkinliğini inceleyen bazı çalışmalarda (Meleddu ve Pulina, 2018) gerçek Gayri Safi Yurt İçi Hasılanın (GSYİH) ve teknik ve bilimsel alanlardaki mezun sayısının yenilenebilir enerji alanındaki kamu müdahalesinin etkinliğini olumlu yönde etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca, araştırma ve geliştirmeye yönelik kamu harcamaları, yeşil ekonomik büyüme ve enerji verimliliği arasında bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Zhang ve Ark., 2021).

Güç üretimine ek olarak, depolama teknolojisine sahip yenilenebilir enerji, enerji üreticilerine ve tüketicilere ek faydalar sağlamakta ve yerel koşullara uyum sağlayan iş modelleri ortaya

çıkılmaktadır. Ancak, enerji verimliliği ve yenilenebilir enerjiye yönelik vatandaş katılımı, artan kamu desteğiyle güçlendirilecektir. Yenilenebilir enerji pazarındaki engellerin ortadan kaldırılması ve haneler için yatırım fırsatlarının artırılması, ekonomik belirsizlik, pandemi ve durgunluk dönemlerinde ekonomik gerilemelerin üstesinden gelmek için etkili çözümler sağlayabilir. Bu durum, incelenen durumlarda üreten tüketicilere yönelik mevcut desteğin ölçeğinin yetersiz olduğu anlamına gelir.

Yukarıda belirtilenler dikkate alındığında, enerji tüketiminin sadece tarımsal üretimle değil, aynı zamanda hane halkı ihtiyaçlarıyla da ilişkili olduğu aile çiftliklerine dayalı bir ekonomik sektör olarak tarımın durumu ilginç görünmektedir. Genellikle, çiftliklerin dağılık ve enerji üreticilerinden önemli ölçüde uzak olmaları, dağıtım ağlarının zayıflığıyla birleştiğinde, onları enerji yoksulluğuna karşı savunmasız hale getirmektedir. Tarım yenilenebilir enerji kaynaklarının önemli potansiyeli nedeniyle özel bir sektördür. Bu kaynakların kullanımı, çiftçilerin sadece enerji satın alımlarında tasarruf etmelerini değil, aynı zamanda üretilen fazla enerjiyi satmaları durumunda alternatif gelir kaynakları elde etmelerini de sağlayacaktır.

Avrupa Birliği'nde (AB), çiftçiler hem Ortak Tarım Politikası hem de ulusal programlar kapsamında çok çeşitli destek araçlarını kullanma fırsatına sahiptir. Son yıllarda, esas olarak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan teknolojilere yönelik çiftlik yatırımlarını destekleyen sübvansiyonlar biçiminde araçlar da ortaya çıkmıştır. Çiftçilerin yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırım yapma konusundaki ilgilerinin araştırılması ve tarımda yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde kamu fonlarının rolünün değerlendirilmesi önemlidir. Przygodzka ve Ark. (2024) tarafından Polonya için kamu fonlarının çiftçileri yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmaya motive etmedeki öneminin belirlenmesi konusunda yapılan araştırmada aşağıdaki sorulara yanıtlar aranmıştır:

- Çiftçileri yenilenebilir kaynaklardan enerji üretmeye motive eden şey nedir?
- Çiftçilerin enerji dönüşümünde devletin rolü hakkındaki algısı nedir?
- Çiftçiler yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinde devletten ne tür destek beklemektedir?
- Çiftçilerin yenilenebilir enerji kaynakları kurma motivasyonlarına yönelik yaklaşımları ile devlet desteği ve enerji dönüşümü yönleri ve araçlarına yönelik algıları arasında farklar var mı?

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ YATIRIMLARI İÇİN KAMU DESTEĞİ

Çoğu çalışmada, kamu fonlarından destek olmadan yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinin, özellikle başlangıç döneminde, imkansız olacağını belirtmektedir (Angelopoulos ve Ark., 2017). Bu anlaşılabilir bir durumdur. Çünkü yenilenebilir enerji piyasasının gelişimi, diğer tüm piyasalar gibi, yatırımın karlılığına bağlıdır. Bu durum da öncelikle yatırım maliyetlerine, işletme maliyetlerine, yakıtlara erişim maliyetlerine, ölçeğe, üretim kapasitelerine ve fiyatlara bağlıdır. Piyasa enerjisi durumunda, bunlar sadece arz ve talepten değil, aynı zamanda politika ve düzenlemelerden de etkilenir. Modern teknolojilerin uygulanmasıyla ilişkili yüksek yatırım maliyetleri özel bir sorundur. Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı'nın (IRENA) verilerine göre, 2010-2022 yıllarında, jeotermal ve hidroelektrik dışında, diğer kaynakların kurulum maliyetlerinin küresel olarak %26'dan (biyoenerji durumunda), %83'e (fotovoltaik durumunda) kadar azaldığını göstermektedir (IRENA, 2023). Bu maliyetlerdeki değişimler; teknolojik ilerleme, malzeme ve hammaddelere erişim, işçilik maliyetleri ve lojistik

maliyetlerinin bir sonucudur. Kurulum maliyetlerindeki azalma eğilimi ve güç faktörlerindeki eş zamanlı artış, jeotermal ve hidroelektrik hariç, çoğu yenilenebilir enerji kaynağının elektrik üretim maliyetinde (LCOE) bir azalmaya olanak sağlamıştır. Analiz edilen göstergedeki en büyük azalma 2010-2022 yılları arasında fotovoltaiiklerde kaydedilmiştir. Fotovoltaiikler için 2010 yılında enerji üretim maliyeti tüm yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksekti. Diğer bir deyişle, PV için elektrik üretim maliyeti 1 kWh başına 0,445 USD'den 1 kWh başına 0,049 USD'ye azalmıştır. Bu durumda elektrik üretim maliyeti %89 oranında azalmıştır. Buna karşılık, 2022 yılında en ucuz enerji kaynağı karasal rüzgar enerjisi olmuştur (1 kWh başına 0,033 USD). Daha da önemlisi, 2022'de küresel anlamda PV'den elde edilen enerji kömürden elde edilen enerjiden yaklaşık %65, gazdan elde edilen enerjiden ise yaklaşık %80 daha ucuzdu (Przygodzka ve Ark., 2024). Rüzgar enerjisinin maliyetinin kömür ve gazdan elde edilen enerjinin maliyetine oranı benzerdi.

Burada belirtilenlerden görülebileceği gibi, hem ortalama kurulum maliyeti hem de ortalama enerji üretim maliyeti son yıllarda önemli ölçüde azalmıştır. Giriş bölümünde vurgulandığı gibi, çoğu yenilenebilir enerji kaynağında yeşil enerjiye verilen desteğin ölçeği önemli ölçüde artmıştır. IEA (2023) tarafından, 2020'nin ikinci çeyreği itibarıyla (28 Nisan 2023'e kadar), 68 hükümet tarafından kullanılan, 1600'den fazla farklı yatırım desteği bildirilmiştir. Ancak, bunların büyük bir kısmının hem girişimcilerin hem de hanelerin enerji krizinin etkilerine karşı korunmasıyla ilgilidir.

Przygodzka ve Ark., (2024) tarafından bildirildiğine göre, Polonya'da, İklim ve Çevre Bakanlığı'nın tahminlerine göre, üretim kapasitesine yapılan yatırım harcamaları yaklaşık 174,336 milyar USD tutarında olacaktır. Bu fonların yaklaşık %60'ı yenilenebilir enerji teknolojileriyle, yaklaşık %26'sı ise nükleer enerjiyle ilgili olacaktır. Ayrıca, şebeke altyapısının geliştirilmesi için gerekli yatırım harcamaları 120 milyar USD'ye kadar ulaşabilir. Bu yatırımların finansman kaynakları yerel fonlar, AB fonları ve diğer yabancı fonlardır. Bunlar, özel ve finansal kuruluşlardan (esas olarak geri ödenebilir finansman alanında) fonları harekete geçirmeyi amaçlamaktadır. Giderlerin önemli bir kısmı, yakıt ve enerji sektörlerinden (Devlet Hazinesine ait) şirketlerin fonlarıyla karşılanacaktır. Diğer enerji ihtiyaçlarının ise aşağıdaki yöntemler ile karşılanabileceği bildirilmiştir:

- Kamu müdahalelerinin kullanılması: RES müzayede sistemleri, açık deniz rüzgar santrali destek sistemleri-fark sözleşmesi, yüksek verimli kojenerasyon destek sistemleri, beyaz sertifika sistemleri, kapasite piyasası, tarife garantisi, tarife garantisi piyasa fiyatına sübvansiyon sistemleri (prim garantisi), enerji şirketinin yürüttüğü faaliyetlerle bağlantılı olarak ortaya çıkan yükümlülükleri yerine getirmek için gerekli maliyetleri hesaba katan tarifeler);
- Ulusal Çevre Koruma ve Su Yönetimi Fonu'ndan (örneğin, "Temiz Hava", "Elektriğim 5.0", "Benim ısım" ve "Bölgesel Isıtma için kojenerasyon" programları kapsamında) veya yerel hükümet birimlerinden gelen fonlar dahil olmak üzere bütçe dışı araçların kullanılması.

Belirli bir programa bağlı olarak, Avrupa fonları aşağıdakiler tarafından kullanılabilir:

- Bireysel müşteriler (örneğin, fotovoltaiik, ısı pompaları, bina yalıtımı alanında);
- Girişimciler (örneğin, üretim süreçlerinin ve yenilenebilir enerji kaynaklarının verimliliğinin iyileştirilmesiyle ilgili olarak);

• Belediye şirketleri (örneğin, ısı üretimi veya atık kullanımıyla ilgili alanlarda).

Çiftçiler (bireyler olarak) AB ve ulusal fonlardan finanse edilen çoğu programdan faydalanabilir. Örneğin, Polonya'daki bölgesel uygulamalarda, "Elektriğim 5.0" veya "Temiz Hava" programlarından yararlanılmaktadır. Çiftçiler ayrıca, "Agroenergia" programı veya "Kırsal için enerji" programı gibi sadece kendileri ile ilgili programlardan da faydalanabilirler. Avrupa Tarım Garanti Fonu (EAGF), Avrupa Kırsal Kalkınma Tarım Fonu (EAFRD) ve ulusal fonlar tarafından finanse edilen 2023-2027 Bilgisayar Destekli Planlama (CAP) Stratejik Planı [54], yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar için önemli destekler sağlamaktadır. Müdahalenin amacı, yenilenebilir kaynaklardan enerji kullanımı, tarımsal atık ve yan ürünlerinin uygun yönetimi ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesiyle tarımsal faaliyetin çevre üzerindeki baskısını azaltmaktır (Przygodzka ve Ark., 2024).

Çiftçilerin kamu fonlarından destek başvurusunda bulunurken karşılamaları gereken koşulların analizi, öncelikle çiftliklerin kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamaya yarayan RES tesisleri ve biyokütle ve tarımsal atık potansiyelinin çok daha fazla kullanılmasına olanak sağlayan tesisler olmak üzere mevcut finansal perspektifi tercih ettiğini göstermektedir.

Enerji dönüşümüne yönelik hükümet politikasının etkinliği ve bu amaçla finansal teşviklerin kullanımı açısından, bunların yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırım yapmak için gerçekten bir teşvik oluşturup oluşturmadığını ayırt etmek önemlidir. Genellikle çiftlikler üzerinde bu tür birkaç çalışma vardır. Genel olarak, çiftçiler çiftlikte yenilenebilir enerji kaynaklarının adaptasyonunu kolaylaştıran hükümet teşvikleri konusunda olumludur (Morris ve Bowen,2020). Güneş ve rüzgar enerjisi için hükümet sübvansiyonları veya tarife garantileri alanında daha yüksek düzeyde destek, çiftçilerin temiz enerjiye olan ilgisini artıracaktır (Li ve Dong, 2020). Bunun nedeni, çiftçilerin genellikle uygun değişiklikleri uygulamaya koyma konusunda pasif eğilimler göstermeleridir. Bu nedenle, yenilenebilir enerjiden kaynaklanan fırsatlardan yararlanmalarına yardımcı olmak için destek gereklidir (Morris ve Bowen,2020).

Çiftliklerde PV kurulumlarının ekonomik ve sosyal yönleri konusunda, Kata ve Ark. (2021) tarafından Polonya'da yapılan araştırmada, ankete katılan 226 çiftlikten %66,4'ünün RES kurulumlarına sahip olduğu belirtilmektedir. Çiftçiler bunları çoğunlukla kendi fonları ve sübvansiyonlarıyla finanse etmiştir. Finansman yapılarında, kendi fonları ortalama %59'unu oluşturmaktadır. Ancak, ankete katılan çiftliklerin %73,4'ünde, kendi fonları yatırım harcamalarının en az dörtte üçünü karşılamıştır. Ancak, sübvansiyonlar ve vergi indirimleri yatırım harcamalarının yapısında ortalama %34,4'lük bir paya sahiptir. Planlanan yatırımların finansman yapısı biraz farklıdır. Çiftçiler, yatırım maliyetlerinin yaklaşık yarısının sübvansiyonlar ve vergi indirimleri tarafından karşılanmasını beklemişler ve katılımcıların %88,1'i bunları kullanmayı planlamıştır. Bu nedenle, çiftçiler PV tesislere yatırım yapmayı kamu fonlarından gelen finansal desteğe erişime bağlı hale getirmişlerdir. Aynı zamanda, yatırımı teşvik eden motivasyonların değerlendirilmesi dikkate alındığında, en önemlisinin enerji satın alma maliyetlerindeki azalma olduğu ortaya çıkmıştır. Hibe ve diğer destek biçimleri yüksek puan almış, ancak daha düşük bir sırada yer almıştır. Bu durum, çiftçilerin sürdürülebilir uygulamaları benimsemeleri için en önemli motivasyonların, yatırımdan elde edebilecekleri vergi avantajları da dahil olmak üzere, verimlilik ve üretkenlik gibi ekonomik faktörler olduğunu gösteren Trujillo-Barrera ve Ark., (2016) tarafından yapılan araştırmayla da doğrulanmaktadır. Ayrıca, Pehlken ve Ark.(2020) tarafından yapılan bir araştırma, çiftçilerin

yatırım kararları alırken, esas olarak sermaye maliyetleri ve yatırımdan kaynaklanan riskin öznel algısı tarafından yönlendirildiğini belirtmektedir. Sürdürülebilirlik ve ekonomik olmayan hedefler gibi diğer karar alma değişkenleri sadece ikincil bir rol oynar. Ancak, yatırım sübvansiyonunun etkisini değerlendiren bu araştırmada, beklendiği gibi normatif tahmin modellerinden kaynaklanan sübvansiyon miktarının sadece yaklaşık yarısının yatırım yapma isteğinde artış sağladığı bildirilmektedir. Ayrıca, daha önce biyoenerji tesislerine yatırım yapmış olan çiftçilerin yatırım eşikleri daha düşüktür ve sübvansiyona daha güçlü yanıt vermişlerdir. Genel olarak, sunulan sonuçlar ankete katılan tüm çiftçileri belirtir. Ancak, önemli olan, yenilenebilir enerji teknolojilerine yatırımları finanse etmek için bu desteği zaten kullanmış olan çiftçiler ve bunları kendi fonlarından finanse edenler tarafından kamu fonlarından gelen desteğin algılanması ve değerlendirilmesidir.

Tarımda yenilenebilir enerji kullanımının kamu finansman kaynakları ile teşvik edilmesi konusunda; çiftçilerin yenilenebilir enerji tesisi kurma motivasyonları, enerji dönüşümü için devlet desteğinin yönlerine ilişkin algı ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için devlet desteği araçlarına ilişkin beklentiler Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Tarımda Yenilenebilir Enerji Kullanımının Kamu Finansman Kaynakları İle Teşvik Etmek (Przygodzka ve Ark., (2024)

Çiftçilerin yenilenebilir enerji tesisi kurma motivasyonları
• Doğal çevreye özen gösterme ve sera gazlarını azaltma olasılığı
• Yan ürünleri yönetme olasılığı
• Sınırlı enerji kaynakları durumunda enerji bağımsızlığı
• Yüksek elektrik fiyatları
• Geleneksel enerji taşıyıcılarını satın almada yaşanan zorluklar
• Yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretmek için sunulan çözümlerin arkadaşlar/aile arasında popülerliği
• Yüksek finansman düzeyi
• Enerji üretiminde yenilenebilir enerjinin payının artırılmasıyla ilgili sosyal beklentiler/eğilimler
• Yenilenebilir enerji tesislerinin teknik çözümlerinden kaynaklanan sağlık güvenliği
Enerji dönüşümüne yönelik devlet desteğinin yönlerinin algılanması
• Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı olarak enerji payını artırmaya yönelik faaliyetleri desteklemelidir.
• Devlet, en yüksek enerji verimliliği standartlarına sahip elektrikli cihazların satışını desteklemelidir.
• Devlet, elektrikli/hibrit otomobillerin satışını desteklemelidir.
• Devlet, enerji verimli binaların inşasını desteklemelidir.
• Devlet, binaların termal modernizasyonunu desteklemelidir.
• Devlet, enerji tasarrufu sağlamaya çalışan çiftlikleri desteklemelidir.
• Devlet, yenilenebilir enerji kullanan çiftlikleri desteklemelidir.
Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi için devlet desteği araçlarına ilişkin beklentiler

• Devlet, yenilenebilir enerji üreticilerine vergi indirimleri sağlamalıdır.
• Devlet, yenilenebilir enerji tesislerinin satın alınması için sübvansiyon sağlamalıdır.
• Devlet, ev yalıtımı için sübvansiyon sağlamalıdır.
• Devlet, yenilenebilir enerji tesislerinin satın alınması için imtiyazlı krediler sağlamalıdır.
• Devlet, yenilenebilir enerji üreticileri için daha düşük enerji fiyatları sağlamalıdır.
• Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimi için tesislerin satın alınması ve kurulumuyla ilgili düzenlemeleri basitleştirmelidir.
• Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarının satış ve satın alınmasının düzenlenmesiyle ilgili düzenlemeleri basitleştirmelidir.
• Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarının karlılığı hakkında bilgi yaymalıdır.
• Devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretimi ve kullanımında iyi uygulamaları yaymalıdır.
• Devlet, elektrik iletim şebekelerinin modernizasyonunu ve genişletilmesini sağlamalıdır.
• Devlet, enerji depolama tesislerinin inşasını sağlamalıdır.

3. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tarım, dağıtılmış yenilenebilir enerjinin geliştirilmesine özellikle uygun bir ekonomik sektördür. Bunun birkaç nedeni vardır. Birincisi, yenilenebilir enerji kaynakları açısından muazzam bir potansiyele sahiptir ve bu yalnızca güneş, rüzgar ve su için değil, aynı zamanda biyokütle için de geçerlidir. İkincisi, tarımda gerçekleşen teknolojik ilerleme, sürekli enerji kaynaklarına olan talebin artmasına ve çiftliklerin önemli ölçüde dağılmasına neden olur. Enerji üretim yerlerinden uzak olmaları, bu çiftliklerin enerji yoksulluğu sorunundan giderek daha fazla etkilenmesi anlamına gelir. Üçüncüsü, olumsuz çevresel etkiler yaratan bir sektör olarak, güvenli gıda üretimi için daha sürdürülebilir koşullar sağlamak amacıyla temiz enerjiye, enerji tasarrufu sağlayan teknolojilere ve iyileştirilmiş enerji verimliliğine dayanmalıdır. Dördüncüsü ve son olarak, yenilenebilir kaynaklardan dağıtılmış enerji üretimi, çiftliklerin piyasanın işleyişi ve jeopolitik mekanizmalarla ilgili şoklara (enerji krizi, enerji fiyatlarındaki artış, temel enerji taşıyıcılarının satın alınmasıyla ilgili sorunlar) karşı direncini artırır. Birçok araştırmada, tarım da dahil olmak üzere yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinin önündeki önemli engellerden birinin, son yıllarda azalmalarına rağmen, yenilenebilir enerji üretimi için kurulum maliyetlerinin hala yüksek olması olduğu belirtilmektedir. Bu nedenle, hükümetlerin iklim dönüşümü hedeflerinin ve buna eşlik eden enerji dönüşümünün, enerji karışımında yenilenebilir enerjinin payını artırma da dahil olmak üzere, uygulanmasını hızlandırmaya odaklanmasıyla, haneler, işletmeler ve çiftlikler tarafından yapılan yatırımlar için devlet mali desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Günümüzde, yüksek enerji fiyatları, jeopolitik istikrarsızlık ve enerji adaleti konusundaki endişeler önemli duruma gelmiştir. Enerji dönüşümünün başarısı katılımın daha fazla artmasına bağlıdır. Bu bağlamda, tarımda yenilenebilir enerjinin geliştirilmesinin finansmanında kamu fonlarının rolünün değerlendirilmesi özellikle önemli hale gelmektedir.

Çiftçileri yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etmeye teşvik eden en önemli motivasyonlar, özellikle yüksek enerji fiyatları ve geleneksel enerji taşıyıcılarıyla (kömür, gaz) ilgili sorunlar olmak üzere piyasa teşvikleridir. İklim ve enerji dönüşümü sorunlarını çözmede devlet büyük bir rol oynamalıdır. Tarımın mekansal ve yapısal çeşitliliği, çiftçilerin yenilenebilir enerji hakkındaki görüşlerini etkilemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesini destekleme açısından uygun düzenlemeler olarak, doğrudan araçlar (sübvansiyonlar) şeklinde mali destek, dolaylı etki desteği (vergi indirimleri, imtiyazlı krediler), teknolojik destek (örneğin enerji depolama tesislerinin inşası, iletim şebekelerinin modernizasyonu) ve eğitim desteği (yenilenebilir enerji alanında iyi uygulamaların teşviki) beklenmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Angelopoulos, D.; Doukas, H.; Psarras, J.; Stamtsis, G. Risk-based analysis and policy implications for renewable energy investments in Greece. *Energy Policy* 2017, 105, 512–523.
- [2] IEA (2023) Government Energy Spending Tracker, IEA, June 2023 Update.
- [3] IRENA (2023) Renewable Power Generation Costs in 2022; International Renewable Energy Agency: Abu Dhabi, Saudi Arabia, 2023.
- [4] Kata, R.; Cyran, K.; Dybka, S.; Lechwar, M.; Pitera, R. Economic and Social Aspects of Using Energy from PV and Solar Installations in Farmers' Households in the Podkarpackie Region. *Energies* 2021, 14, 3158.
- [5] Li, X.; Dong, Y. Farmers' Willingness to Adopt Clean Energy—Survey in Northeastern China. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 2020, 510, 022044.
- [6] Meleddu, M.; Pulina, M. Public spending on renewable energy in Italian regions. *Renew. Energy* 2018, 115, 1086–1098.
- [7] Morris, W.; Bowen, R. Renewable energy diversification: Considerations for farm business resilience. *J. Rural Stud.* 2020, 80, 380–390.
- [8] Pehlken, A.; Wolf, K.; Grecksch, K.; Klenke, T.; Tsydenova, N. More Sustainable Bioenergy by Creating Use of Regional Alternative Biomass? *Sustainability* 2020, 12, 7849.
- [9] Trujillo-Barrera, A.; Pennings, J.M.E.; Hofenk, D. Understanding producers' motives for adopting sustainable practices: The role of expected rewards, risk perception and risk tolerance. *Eur. Rev. Agric. Econ.* 2016, 43, 359–382.
- [10] Zhang, D.; Mohsin, M.; Rasheed, A.K.; Chang, Y.; Taghizadeh-Hesary, F. Public spending and green economic growth in BRI region: Mediating role of green finance. *Energy Policy* 2021, 153, 112256.

ARMUTTA MEYVE KALİTESİ ALGISI

Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6398-1916>

E-Posta: szbostan@hotmail.com

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

Özet

Bu çalışma armutta tüketici açısından meyve kalitesini ifade eden parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Araştırmada çoğunluğu yazlık olmak üzere, yazlık, güzlük ve kışlık toplam 244 adet yerel armut aksesyonu değerlendirilmiştir. Meyvelerde fiziksel özelliklerden meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve kabuğunda “L”, “a” ve “b” renk değerleri ile duyu ve görsel özelliklerden tat, aroma, sululuk, dış kalite, et yapısı ve yeme kalitesi incelenmiştir. İncelenen parametrelerde varyasyon katsayısı %12.85 (meyve çapı ile %67.14 (kabuk “a” renk değeri) arasında değişmiştir. Parametreler arasında yapılan Pairwise korelasyon analizi meyveye herhangi bir zarar vermeden kalite hakkında tahmin yapabilecek önemli pozitif ilişkiler ortaya koymuştur. Meyvenin dış kalitesi, sululuk durumu, yeme kalitesi, aroması ve tadı hakkında bazı ipuçları verebilir düzeyde önemli ilişkiler bulunmuştur. En yüksek pozitif ilişkiler, sırasıyla dış kalite-yeme kalitesi (0.748***), dış kalite-aroma (0.680***), dış kalite-sululuk (0.587***), dış kalite-tat (0.557***), dış kalite-et yapısı (0.541***), b-dış kalite (0.281***), meyve uzunluğu-yeme kalitesi (0.250*** ve L-dış kalite (0.248*** arasında belirlenmiştir. Temel bileşen analizinde öz değeri 1’in üzerinde olan ilk üç bileşen toplam varyasyonun %70.52’sini açıklamıştır. Toplam değişkenliğin %37.14’ünü açıklayan ilk temel bileşene en yüksek pozitif katkıyı duyu ve görsel özellikler (yeme kalitesi, aroma, dış kalite, sululuk, tat, et yapısı) sağlamıştır. Bu sonuçlara göre, özellikle meyvenin dış kalitesinin yeme kalitesi, sululuğu, tadı ve aroması hakkında yüksek düzeyde fikir verdiği söylenebilir. Diğer taraftan, meyvelerin kabuk renklerinin daha açık ve sarı renkli olması da tüketicilerde meyve dış kalitesi ve yeme kalitesi olgusunu artırmaktadır. Meyve iriliğinin artması da kalite ile ilgili diğer parametrelerin algısına pozitif katkı yapmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Pyrus communis*, Duyu, Görsel, Fiziksel, Korelasyon

PERCEPTION OF FRUIT QUALITY IN PEAR

Abstract

This study was carried out to reveal the relationships between the parameters that express fruit quality in pears from the consumer point of view. A total of 244 local pear accessions, mostly summer, summer, fall and winter, were evaluated in the study. Fruit weight, fruit diameter, fruit length, “L”, “a” and “b” color values on the peel, taste, aroma, juiciness, external quality, flesh structure and eating quality were examined. The coefficient of variation ranged from 12.85% (fruit diameter) to 67.14% (peel “a” color value). Pairwise correlation analysis between the parameters revealed significant positive relationships that can predict quality without any damage to the fruit. Significant correlations were found for external quality, juiciness, eating quality, aroma and taste. The highest positive correlations were found between external quality-eating quality (0.748***), external quality-flavor (0.680***), external quality-juiciness (0.587***), external quality-taste (0.557***), external quality-flesh structure (0.541***), b-external quality (0.281***), fruit length-eating quality (0.250***) and L-external quality (0.248***). In principal component analysis, the first three components with eigenvalues above 1 explained 70.52% of the total variation. Sensory and visual attributes (eating quality, aroma, external quality, juiciness, flavor, taste, flesh structure) made the highest positive contribution to the first principal component, which explained 37.114% of the total variability. According to these results, it can be said that especially the external quality of the fruit gives a high level of insight into the eating quality, juiciness, taste and aroma. On the other hand, the lighter and yellow colored skin color of the fruits also increases the perception of fruit external quality and eating quality among consumers. Increasing fruit size also contributes positively to the perception of other parameters related to quality.

Keywords: *Pyrus communis*, Sensory, Visual, Physical, Correlation

Giriş

Armut, ılıman bölgelerde yetiştirilen önemli bir meyve türüdür. Kültürü yapılan armut türleri arasında en yaygın olarak Avrupa armudu, *Pyrus communis* L., yetiştirilmektedir. Avrupa armudu birçok kişi tarafından tüm meyveler arasında en lezzetli olarak kabul edilir. Tereyağı, sulu bir dokusu hassas bir lezzet ve aroma sunar. Armut lezzet, doku ve görünüm açısından önemli ölçüde çeşitlilik gösterir. İslah yoluyla bu çeşitliliği artırma olasılığı büyüktür. Ancak güçlü tüketici tercihleri, gerçekte yetiştirilen ve pazarlanan çeşitlerin sayısını sınırlamaktadır. Kalitenin farklı bileşenleri ve bunların kalıtımı üzerine yapılan araştırmalar, ıslahçıya, tüketici tercihlerini karşılayan, hastalık direnci ve bahçecilik özellikleri geliştirilmiş yeni çeşitler geliştirmek için bilgi sağlamalıdır (Quamme ve Gray, 1985). Tüketicilerin armut yemeye olan ilgisini yeniden canlandırmak ve görsel olarak çekici, tadı güzel ve arzu edilen bir dokuya sahip

bir ürün sunarak yeni armut tüketicilerini çekmek için yeni çeşitlere ihtiyaç bulunmaktadır (Turpin ve ark., 2016). Meyve ıslah programlarının abiyotik ve biyotik strese karşı direnç, ağaç mimarisi, erkencilik ve verimlilik gibi birçok farklı hedefi olsa da, hepsinin ortak noktası yüksek kaliteli meyve geliştirme ihtiyacıdır. Meyve kabul edilebilir kalitede değilse, ağacın hastalıklara dayanıklı veya verimli olması ticari bir başarı olmayacaktır (Callahan, 2003).

Meyve kalitesi karmaşık bir konudur. İnsanlar farklı olduğu için, arzuları ve kalite fikirleri de farklıdır ve yetiştiricilerin bu pazar ihtiyaçlarını karşılamak için alternatifler sunması gerekir (Callahan, 2003). Kalitenin tanımlanmasında ürün odaklılıktan tüketici odaklılığa doğru bir geçiş kabul edilmektedir. Taze meyve ve sebze pazarlamacıları ve dağıtımçıları, özellikle duysal kalite ve kolaylık açısından tüketici isteklerini önceden tahmin etmek zorunda kalabileceklerdir (Shewfelt, 2000). Kaliteyi tanımlamaya yönelik girişimler genellikle genotipik, tarımsal-çevresel ve hasat sonrası faktörler tarafından belirlenen, ürünlerin doğasında var olan içsel özellikler ile tüketicinin ürün algısını koşullandıran ve kalite standartlarını formüle eden sosyoekonomik ve pazarlama faktörlerinden etkilenen dışsal özellikler arasında ayırım yapmaktadır (Kyriacou ve Rouphael, 2018).

Güvenilir bir yüksek yeme kalitesi, tüketici memnuniyeti ve bir armut çeşidine ve menşee markasına bağlılığı motive etmek için bir ön koşuldur. Meyve kalitesi yetiştirme koşulları, hasat işlemi, depolama ve raf ömrü gibi bir dizi faktör tarafından belirlenir. Duyusal testlerin mantıklı bir planı, üretimin izlenmesi ve armut kalitesinin artırılması için harcanacak yararlı bilgiler sağlayabilir (Predieri ve Gatti, 2008).

Avrupa armut meyvesinin tüketim anındaki kalite kavramı, depolama sırasındaki veya sonrasındaki meyve kalitesinden farklıdır. İkinci durumda, kusurların, bozuklukların ve hastalıkların olmaması iyi kalitede bir meyveyi tanımlamak için yeterliyken, yeme kalitesi için dengeli tatlı ve ekşi tat ve tipik armut aromasının tam gelişimi ile uygun bir doku gereklidir (Eccher Zerbini, 2002). Tüketici, ürünün kullanıma uygun olduğuna ya da beklentilerini karşıladığına karar verir; dolayısıyla ürünün kalitesinin üründe değil, kullanıcının ürünle ilgili zihninde olduğu söylenebilir. Bu da ürünlerin ve dolayısıyla armutların kalitesinin kullanıcıya, onun ihtiyaçlarına ve ürünle ilgili beklentilerine bağlı olduğu anlamına gelir (Eccher Zerbini, 2002).

Gerek armut gerekse diğer bir çok meyve türünün önemli gen kaynaklarına sahip olan Türkiye’de her yöreye özgü çok sayıda yerel çeşitlerin bir kısmı günümüze kadar gelmiş, bir kısmı da farklı nedenlerle gen erozyonu sonucunda kaybolmuşlardır. Günümüze kadar varlığını korumuş olanların çoğunluğu yerel tüketicilerin beğenisini kazanmış olduklarını söyleyebiliriz.

Bu çalışma da yerel çeşitlerde satın alma sırasında yapılabilecek kalite değerlendirmeleri ile bunu etkileyen diğer parametreler arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Trabzon ili ve çevresinde yüzyıllar boyunca yetiştirilen ve genel olarak aile ihtiyacının giderilmesinde ya da yöresel pazarlarda satılarak değerlendirilen ya da kaderine terkedilen 244 adet yerel çeşit ve genotip materyal olarak kullanılmıştır.

Bu aksesyonların ağaçları tamamen doğal ortamda ve kültürel uygulamalardan yoksun halde bulunmaktadır.

Hasat olumu döneminde alınan meyve örneklerinde fiziksel özelliklerden meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve kabuğunda “L”, “a” ve “b” renk değerleri ile duyu ve görsel özelliklerden tat, aroma, sululuk, dış kalite, et yapısı ve yeme kalitesi incelenmiştir.

Meyve analizlerinde IBPGR (1983), UPOV (2010) ve Öztürk (2010)’ün izlediği yöntemlerden yararlanılmıştır. Duyu ve görsel analizler panelistler aracılığıyla degüstasyon yöntemine ve puanlama esasına göre yapılmıştır.

İncelenen parametreler arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek amacıyla tanımlayıcı istatistik, korelasyon ve temel bileşen analizleri JMP 13.2.0 istatistik programı kullanılarak yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

244 armut aksesyonunda incelenen parametrelerde varyasyon katsayısı %12.85 (meyve çapı ile %67.14 (kabuk “a” renk değeri) arasında değişmiştir. Populasyonda meyve iriliği ile Kabuk “L” renk değeri en az varyasyon gösterirken, kabuk “a” renk değeri ile beraber meyve ağırlığı ve tat özelliklerinin de değişimi yüksek düzeyde bulunmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tanımlayıcı istatistikler

Değişken	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maximum	VK
Meyve ağırlığı (g)	94.14	35.06	25.65	225.77	37.24
Meyve çapı (mm)	52.80	6.79	28.08	70.51	12.85
Meyve uzunluğu (mm)	59.40	10.75	26.93	97.65	18.09
Sululuk	3.34	0.75	1.00	5.00	22.31
Tat	2.99	1.03	1.00	5.00	34.44
Aroma	3.19	0.84	1.00	4.80	26.35
Et yapısı	2.46	0.74	1.00	5.00	26.64
Yeme kalitesi	3.32	0.72	1.00	5.00	21.69
Dış kalite	3.20	0.67	1.00	4.80	20.99
Kabuk “L” renk değeri	64.13	8.32	33.69	87.95	12.98

Değişken	Ortalama	Standart sapma	Minimum	Maximum	VK
Kabuk “a” renk değeri	-9.77	6.56	-23.05	12.56	67.14
Kabuk “b” renk değeri	40.85	9.04	11.98	61.21	22.12

Parametreler arasında yapılan Pairwise korelasyon analizi meyveye herhangi bir zarar vermeden kalite hakkında tahmin yapabilecek düzeyde önemli pozitif ilişkiler ortaya koymuştur. Meyveye zarar vermeden algılanan kalite özellikleri arasındaki toplam 37 karşılıklı ilişkiden 22 (%59.46) tanesi önemli, bunlardan 21 (%95.45) tanesi pozitif ve 1 (%4.55) tanesi de negatif ilişkili bulunmuştur (Çizelge 2).

Meyvenin dış kalitesinin, sululuk durumu, yeme kalitesi, aroması ve tadı hakkında bazı ipuçları verebilir düzeyde önemli ilişkiler gösterdiği görülmüştür. En yüksek pozitif ilişkiler, sırasıyla dış kalite-yeme kalitesi (0.748***), dış kalite-aroma (0.680***), dış kalite-sululuk (0.587***), dış kalite-tat (0.557***), dış kalite-et yapısı (0.541***), “b”-dış kalite (0.281***), meyve uzunluğu-yeme kalitesi (0.250***) ve “L”-dış kalite (0.248***) arasında belirlenmiştir.

Diğer taraftan, meyve uzunluğu ve çapının yeme kalitesi, aroma, sululuk, dış kalite; meyve ağırlığının yeme kalitesi, aroma ve sululuk; “L”nin dış kalite ve yeme kalitesi ve “b”nin de dış kalite, et yapısı ve yeme kalitesi ile göstermiş olduğu önemli düzeydeki pozitif ilişkiler kalite tahmininde bu özelliklerin de etkili olabileceğini ortaya koymuştur.

Tek önemli negatif ilişki “a” ile dış kalite arasında (-0.151*) belirlenmiştir.

Çizelge 2. Armut aksesyonlarının kalite özellikleri arasındaki önemli Pairwise korelasyonlar

1. Değişken	2. Değişken	Korelasyon	Önem düzeyi
Meyve uzunluğu	Yeme kalitesi	0.250	<.0001*
Meyve uzunluğu	Dış kalite	0.205	0.0013*
Meyve uzunluğu	Sululuk	0.198	0.0019*
Meyve uzunluğu	Aroma	0.198	0.0019*
Meyve çapı	Yeme kalitesi	0.213	0.0008*
Meyve çapı	Aroma	0.167	0.0089*
Meyve çapı	Sululuk	0.157	0.0141*
Meyve çapı	Dış kalite	0.152	0.0176*
Meyve ağırlığı	Yeme kalitesi	0.183	0.0042*
Meyve ağırlığı	Sululuk	0.146	0.0228*
Meyve ağırlığı	Aroma	0.145	0.0235*
Dış kalite	Yeme kalitesi	0.748	<.0001*
Dış kalite	Aroma	0.680	<.0001*
Dış kalite	Sululuk	0.587	<.0001*
Dış kalite	Tat	0.557	<.0001*
Dış kalite	Et yapısı	0.541	<.0001*
L	Dış kalite	0.248	<.0001*
L	Yeme kalitesi	0.171	0.0076*

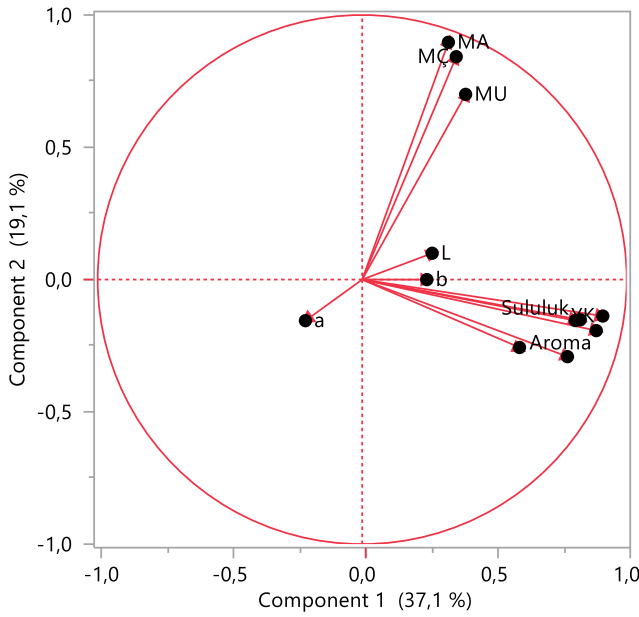
a	Dış kalite	-0.151	0.0182*
b	Dış kalite	0.281	<.0001*
b	Et yapısı	0.185	0.0038*
b	Yeme kalitesi	0.141	0.0277*

*: %5, **: %1, ***: %01 düzeyinde önemli

Temel bileşen analizinde öz değeri 1'in üzerinde olan ilk üç bileşen toplam varyasyonun %70.52'sini açıklamıştır. Toplam değişkenliğin %37.14'ünü açıklayan ilk temel bileşene en yüksek pozitif katkıyı duyuşal ve görsel özellikler (sırasıyla, yeme kalitesi, aroma, dış kalite, sululuk, tat, et yapısı) sağlamıştır. 2. temel bileşen meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve uzunluğu ile %19.10'unu, 3. temel bileşen de meyve kabuğu renk değerleri ile %14.28'ini açıklamıştır (Çizelge 3, Şekil 1). Buradan, kalite değerlendirmelerinde duyuşal ve görsel özelliklerinin en belirleyici olduğu, sonra fiziksel özelliklerin geldiği sonucu ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 3. İncelenen özellikler için üç temel bileşenin özdeğerleri ve toplam değişkenlik oranı

Değişkenler	1. TB	2. TB	3. TB
Yeme kalitesi	0.910	-0.138	-0.099
Aroma	0.885	-0.193	-0.186
Dış kalite	0.824	-0.152	0.109
Sululuk	0.806	-0.155	-0.165
Tat	0.776	-0.291	-0.196
Et yapısı	0.595	-0.257	0.071
Meyve ağırlığı	0.326	0.897	-0.143
Meyve çapı	0.356	0.842	-0.115
Meyve uzunluğu	0.391	0.700	-0.069
Kabuk "L" renk değeri	0.265	0.099	0.787
Kabuk "b" renk değeri	0.245	0.000	0.730
Kabuk "a" renk değeri	-0.215	-0.155	-0.629
Özdeğer	4.46	2.29	1.71
Varyans (%)	37.14	19.10	14.28
Toplam varyans (%)	37.14	56.24	70.52



Şekil 1. 1. ve 2. temel bileşene göre incelenen parametrelerin biplot dağılımı

Temel bilşen analizinin bir çok araştırmada kullanıldığı bilinmektedir. Armutlarda soyulmuş ve soyulmamış armutların besinsel algısını araştırmak için (Michailidis ve ark., 2021), farklı hasat olgunluğunun yeme kalitesine etkisi bağlamında, fizikokimyasal ölçümlerin duyuşal özelliklerle ilişkilendirilmesinde yeme kalitesi parametrelerini araştırmak için (Blanckenberg ve ark., 2016) de temel bileşen analizi (PCA) yapılmıştır.

Tüketicilerin armutların yeme kalitesi ve görünümü konusundaki tercihlerini belirlemede aroma, tat, kabul edilebilir asitlik, tereyağı kıvamında yumuşaklık, sulu, tipik armut şekilli, sarı veya soluk yeşil kabuk rengi tercih edilmektedir (Blanckenberg, 2015). Çalışmamızda da bu özelliklerin çoğununun kalite algısını belirlediği ortaya çıkmıştır.

Meyvenin rengi ve boyutları görünümü etkileyen özelliklerdir (Callahan, 2003). Zira, tüketicilerin muz tercih etmelerinde ileri olgunluktan ziyade rengin daha etkili olduğu (Shewfelt, 2000), melez bir armut çeşidinde yeşilden sarıya belirgin bir renk değişiminin tüketicilere meyve yumuşaması için görsel bir ipucu sağladığı (Turpin ve ark., 2016), ideal bir armudu tanımlamada renk değişimi ile olgunlaşmanın, tatlı ve taze tüketime uygun olmanın belirleyici olduğu ifade edilmiştir (Colonna ve ark., 2024). Çalışmamızda da meyvenin renginin koyuluktan açıklığa, yeşilden sarıya dönmesi, tatlı olması ve iriliğinin artması kalite algısını artırmıştır.

Sonuç

Sonuç olarak, armutta özellikle meyvenin dış kalitesinin yeme kalitesi, sululuğu, tadı ve aroması hakkında yüksek düzeyde fikir verdiği söylenebilir. Diğer taraftan, meyvelerin kabuk renklerinin daha açık ve sarı renkli olması da tüketicilerde meyve dış kalitesi ve yeme kalitesi olgusunu artırmaktadır. Meyve iriliğinin artması da kalite ile ilgili diğer parametrelerin algısına pozitif katkı yapmaktadır.

Kaynaklar

- Blanckenberg, A. (2015). Preference of Western Cape Province consumers for the eating quality and appearance of pears (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University).
- Blanckenberg, A., Muller, M., Theron, K. I., Crouch, E. M., & Steyn, W. J. (2016). Harvest maturity and ripeness differentially affects consumer preference of 'Forelle', 'Packham's Triumph' and 'Abate Fetel' pears (*Pyrus communis* L.). *Scientia Horticulturae*, 207, 131-139. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.05.012>
- Callahan, A. M. (2003). Breeding for fruit quality. *Acta Horticulturae*, 622, 295-302. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2003.622.27>
- Colonna, A. E., Gutierrez, J., Montero, M. L., Gallardo, R. K., & Ross, C. F. (2024). An investigation of consumer pear knowledge, consumer preferences and desirable sensory traits to increase pear consumption. *Acta Horticulturae*, 1403, 53-62. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2024.1403.6>
- Eccher Zerbini, P. (2002). The quality of pear fruit. *Acta Horticulturae*, 596: 805-810. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2002.596.139>
- IBPGR (1983). International Board for Plant Genetic Resources: Descriptor List For Pear (*Pyrus*). <https://www.ars.usda.gov/ARSTUserFiles/20721500/reprints/IBPGR.1983.Pear%20Descriptors.pdf>
- Kyriacou, M. C., & Roupael, Y. (2018). Towards a new definition of quality for fresh fruits and vegetables. *Scientia Horticulturae*, 234, 463-469. <https://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2017.09.046>
- Michailidis, M., Karagiannis, E., Nasiopoulou, E., Skodra, C., Molassiotis, A., & Tanou, G. (2021). Peach, apple, and pear fruit quality: To peel or not to peel?. *Horticulturae*, 7(4), 85. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7040085>

- Öztürk, A. (2010). Sinop İlinde Armut Genotiplerinin Morfolojik, Pomolojik ve Moleküler Karakterizasyonu. Doktora Tezi, O.M.Ü. Fen Bil. Enst. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Predieri, S., & Gatti, E. (2008). Consumer evaluation of 'Abate Fetel' pears. *Acta Horticulturae*, 800, 999-1004. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.800.136>
- Quamme, H. A., & Gray, J. I. (1985). Pear fruit quality and factors that condition it. *Evaluation of quality of fruits and vegetables*, 47-61. <https://doi.org/10.1007/978-1-4613-2549-9>
- Shewfelt, R. L. (2000). Fruit and vegetable quality. In *Fruit and Vegetable Quality* (pp. 160-173). CRC Press.
- Turpin, S. R., Stefanelli, D., Jones, L., Norton, J., Probst, R., Konings, J., & Langford, G. (2016). Perfect pears for the next generation of consumers. *Acta Horticulturae*, 1120, 507-514. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1120.77>
- UPOV (2000). International Union for the Protection of New Varieties of Plants: Guidelines for the Conduct of Tests for Distinctness, Uniformity and Stability (PEAR; *Pyrus communis* L.) http://www.upov.int/en/publications/tg-rom/tg015/tg_15_3.pdf

ORDU EKOLOJİSİNDE YETİŞTİRİLEN ‘AKÇAKOCA 77®’ VE ‘İSTANBUL’ STANDART MUŞMULA ÇEŞİTLERİNİN POMOLOJİK ÖZELLİKLERİ

Prof. Dr. Saim Zeki BOSTAN

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6398-1916>

E-Posta: szbostan@hotmail.com

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

Aykut DUMAN

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-2968-437X>

E-Posta: dumanaykut007@gmail.com

Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu, Türkiye

Özet

Bu çalışma Ordu ekolojisinde yetiştirilen ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ standart muşmula çeşitlerinin ağaç ve meyve özellikleri ile meyvelerin biyokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla 2023 yılında yürütülmüştür. Çalışmada materyal olarak Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama arazisinde bulunan 8 yaşındaki ağaçlar kullanılmıştır. Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Hasat olumunda her tekerrürdeki ağaçlardan alınan meyve örneklerinde fiziksel analizler (meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve hacmi, ostiol genişliği, ostiol derinliği, meyve eti sertliği, meyve eti oranı, tohum sayısı ve tohum ağırlığı); tüketim olumu aşamasında kimyasal analizler (pH, SÇKM, toplam kuru madde oranı, titre edilebilir asitlik, C vitamini, toplam fenolik bileşikler, toplam flavonoid, DPPH antioksidan aktivitesi, FRAP analizi) yapılmıştır. Ağaç özellikleri olarak da taç yüksekliği, taç genişliği, taç çapı, gövde yüksekliği, gövde çapı, gövde çevresi, gövde kesit alanı, yaprak eni, yaprak boyu, yaprak sapı uzunluğu ve yaprak sapı kalınlığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, meyve ağırlığı, meyve eti oranı, tohum sayısı, tohum ağırlığı, nem, toplam kuru madde oranı, SÇKM, titre edilebilir asitlik, C vitamini, toplam fenolikler, toplam flavonoidler, DPPH antioksidan kapasite ve FRAP antioksidan kapasite ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ çeşitlerinde, sırasıyla, 38.29 g ve 24.23 g, %92.88 ve %87.55, 4.08 ve 4.70, 0.62 g ve 0.63 g, %69.97 ve %71.23, %30.03 ve %28.77, %14.00 ve %17.40, %0.68 ve %0.83, 24.93 mg 100 g⁻¹ ve 22.00 mg 100 g⁻¹, 1.50 g GAE kg⁻¹

ve 1.20 g GAE kg⁻¹, 0.88 g QE kg⁻¹ ve 0.73 g QE kg⁻¹, 268.30 mmol TE kg⁻¹ ve 220.35 mmol TE kg⁻¹ ve 507.00 mmol TE kg⁻¹ ve 363.72 mmol TE kg⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Mespilus germanica*, Meyve özellikleri, Ağaç özellikleri, Antioksidan aktivite, Fenolikler

POMOLOGICAL CHARACTERISTICS OF STANDARD MEDLAR CULTIVARS 'AKÇAKOCA 77®' AND 'İSTANBUL' GROWN IN ORDU (TÜRKİYE) ECOLOGY

Abstract

This study was carried out in 2023 to determine the tree and fruit characteristics and biochemical properties of the fruits of 'Akçakoca 77®' and 'İstanbul' standard medlar cultivars grown in Ordu (Türkiye) ecology. In the study, 8-year-old trees in Ordu University Faculty of Agriculture, Department of Horticulture Research and Practice land were used as material. The study was planned in a random plots experimental design with 3 replications. Physical analyses (fruit weight, fruit width, fruit length, fruit volume, ostiol width, ostiol depth, fruit flesh firmness, fruit flesh ratio, seed number and seed weight) and chemical analyses (pH, SCC, total dry matter, titratable acidity, vitamin C, total phenolic compounds, total flavonoids, DPPH and FRAP antioxidant activity) were performed on fruit samples taken from trees in each replicate at harvesting stage. Crown height, crown width, crown diameter, stem height, stem diameter, stem circumference, stem cross-sectional area, leaf width, leaf length, petiole length and petiole thickness were determined as tree characteristics. As a result, fruit weight, fruit flesh ratio, number of seeds, seed weight, moisture content, total dry matter content, SCC, titratable acidity, vitamin C, total phenolics, total flavonoids, DPPH antioxidant capacity and FRAP antioxidant capacity of 'Akçakoca 77®' and 'İstanbul' cultivars were 38.29 g and 24. 23 g, 92.88% and 87.55%, 4.08 and 4.70%, 0.62 g and 0.63 g, 69.97% and 71.23%, 30.03% and 28.77%, 14.00% and 17.40%, 0.68% and 0.83%, 24.93 mg 100 g⁻¹ and 22.00 mg 100 g⁻¹, 1. 50 g GAE kg⁻¹ and 1.20 g GAE kg⁻¹, 0.88 g QE kg⁻¹ and 0.73 g QE kg⁻¹, 268.30 mmol TE kg⁻¹ and 220.35 mmol TE kg⁻¹ and 507.00 mmol TE kg⁻¹ and 363.72 mmol TE kg⁻¹, respectively.

Keywords: *Mespilus germanica*, Fruit traits, Tree traits, Antioxidant activity, Phenolics

Giriş

Doğada kendiliğinden yetişen ve yabani olarak bilinen meyveler, doğal ve sağlıklı ürünlere olan artan talep nedeniyle ıslahçıların da ilgisini çekmiş ve ülkemizde de son yıllarda böyle türlerde

yapılan çalışmalar artış yönünde bir ivme kazanmıştır. Bu yönüyle dikkat çeken bir meyve türü de muşmuladır (Bostan, 2022).

Rosaceae familyasının *Mespilus* cinsine ait olan muşmulanın (*Mespilus germanica* L.) anavatan bölgesi güneybatı Asya'ya ve muhtemelen güneydoğu Avrupa ile Türkiye'nin kuzeyinden Kafkasya ve Transkafkasya'ya ve İran'ın kuzeydoğu kısmına kadar uzanan bölgedir. 8 m yüksekliğe kadar büyüeyebilen, kışın yapraklarını döken büyük bir çalı veya küçük bir ağaçtır. Yapraklar koyu yeşil, iri, basit, eliptik-dikdörtgen şeklinde, 8-15 cm uzunluğunda ve 3-4 cm genişliğindedir. Çiçekleri tekli, 5 çanak ve 5 taç yapraklıdır. Meyveleri kırmızımsı-kahverengi, küresel ile yarı-küresel şeklinde, genellikle 5 adet çekirdeği olan yumuşak çekirdekli bir türdür (Lim, 2012). Çiçeklenmesi mayıs sonu ile haziran başlarına denk gelen muşmulanın meyveleri ekim-kasım aylarında hasat olumuna gelir.

Muşmula ülkemizde nemli ormanların bulunduğu Doğu, Orta ve Batı Karadeniz ile Marmara bölgesinin doğusunda ağaçcık katında ve ormanaltında yayılış gösteren başlıca türlerden birisidir (Durmuş ve Yiğit, 2003; Dönmez ve Aydınözü, 2012). Muşmula çoğunlukla ormanlık alanlarda diğer orman bitkisi türleriyle beraber dağınık halde, yol kenarlarında, bahçe sınırlarında, hobi bahçelerinde ya da diğer meyve ağaçlarına ait bahçelerde münferit olarak bulunmakta olup toplu meyveliklerin oranı çok düşüktür (Bostan, 2022).

Türkiye’de sırasıyla, Bursa, Sinop, Samsun, Çanakkale ve Trabzon illeri ağaç yoğunluğu en fazla olan ilk 5 il olup bunların dışında 38 ilde daha ağaç varlığı bulunmaktadır. Ağaç varlığının bulunduğu 38 ilden sadece 16’sında toplu meyveliklerin 2339 dekar olduğu ve bunun da %57.03’lük bölümünün tek başına Bursa iline ait olduğu, bu ili Çanakkale, Kütahya, Manisa ve Erzurum’un takip ettiği, diğer illerin toplam oranının ise %10.22 olduğu görülmektedir (TÜİK, 2023).

Ülkemiz muşmula doğal genetik kaynakları bakımından zengin bir ülke olmasına rağmen, standart çeşit olarak sadece 1993 yılında tescil edilen ‘İstanbul’ ve ‘İtalyan’ isimli yerel çeşitler ile 2014 yılında Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından tescil edilen ‘Akçakoca 77®’ muşmula çeşidi bulunmaktadır (Akçay ve ark., 2016). Toplam üretimin nerdeyse tamamına yakını ise doğadaki genetik kaynaklar oluşturmaktadır.

Muşmula gibi türlerin her ne kadar daha ziyade anaç özellikleri ve meyvelerinin sos, pelte ya da şarap yapımı için değerli oldukları belirtilmiş olsa da (Westwood, 1978), son yıllarda yapılan araştırmalarla muşmula insan sağlığı ve beslenmesinde kendine özel bir yer bulmuştur.

Meyvelerinin beslenmedeki özel yeri nedeniyle giderek daha ilginç ve çekici hale gelen unutulmuş ve terk edilmiş bir meyve türü olan muşmula geleneksel tıpta (meyveler, yapraklar,

ağaç kabuğu ve çiçekleri) çeşitli hastalıklarda veya tıbbi durumlarda, ayrıca gastronomik alanlarda ve çok çeşitli tariflerde (geleneksel/yerel tarifler) kullanılmakta; özellikle meyve, yaprak, kabuk veya çiçeklerinin kimyasal bileşimi, antioksidan bileşikler (polifenoller ve flavonoidler), karotenoidler, vitaminler, mineraller vb. yönünden zengindir (Voaides ve ark., 2021).

Ordu ilinde daha önce doğadaki muşmula genetik kaynakları üzerinde ıslah çalışmaları yürütülmüşse de standart çeşitlerin performansları ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu çalışma da muşmula üretimi bakımından önemli bir bölge içerisinde yer alan Ordu ekolojisinde yetiştirilen ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ standart muşmula çeşitlerinin ağaç ve meyve özellikleri ile meyvelerin biyokimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Araştırma ve Uygulama arazisinde 2023 yılında yürütülmüştür.

Çalışma da materyal olarak belirtilen arazideki ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ standart muşmula çeşitlerinin 8 yaşındaki ağaçları kullanılmıştır. Muşmula ağaçları 3.0 m x 3.5 m sıra üzeri ve sıra arası mesafede olacak şekilde bahçe tesis edilmiştir. Dikimden sonra ağaçlara goble şekli budama uygulanmıştır. Ağaçlarda düzenli olarak sulama, gübreleme, mücadele ve toprak işleme uygulamaları yapılmaktadır.

Yöntem

Çalışma rastlantı parselleri deneme deseninde 3 yinelemeli olarak düzenlenmiştir. Hasat olumunda (ekim ayı içerisinde) ağaçlardan alınan 30’ar adet meyve ve yaprak örnekleri ölçüm, tartım, değerlendirme ve analizler için bölüm laboratuvarına götürülmüştür (Şekil 1 ve 2).



Şekil 1. Meyve ve yaprak örneklerinin alınması ve analizinden görüntüler



‘Akçakoca 77®’

‘İstanbul’

Şekil 2. ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ çeşidine ait hasat edilmiş meyveler

Meyvelerde fiziksel analizler olarak meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, meyve hacmi, ostiol genişliği, ostiol derinliği, meyve eti sertliği (dijital sertlik ölçerle), meyve eti oranı, tohum sayısı ve tohum ağırlığı meyve eti renginin beyaz olduğu hasat olumu döneminde (Yılmaz, 2015) yapılmıştır.

Meyvelerde kimyasal analizler olarak pH, ŞÇKM, titre edilebilir asitlik, C vitamini, toplam fenolik bileşikler, toplam flavonoid, DPPH antioksidan aktivitesi ve FRAP analizi de tüketim olumu aşamasında (buruk tadın azaldığı ve meyve etinin yaklaşık % 50’sinin kahverengiye dönüştüğü dönem) yapılmıştır (Yılmaz, 2015). Ayrıca meyvelerde toplam kuru madde oranı sabit ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Maral Gürbüz ve Bostan, 2020).

Biyokimyasal analizler için öncelikle hasat edilen meyveler yabancı maddelerinden arındırıldıktan sonra çekirdeksiz haldeki meyve parçaları blendırdan geçirilmiş ve tülbentte sıkılarak meyve suları süzölmüştür. Oda sıcaklığındaki meyve suyunda pH dijital pH-metreyle, SÇKM dijital refraktometreyle, titredilebilir asitlik dijital bürette titrasyon yöntemiyle ve malik asit cinsinden formülle hesaplanarak (Cemeroğlu, 1992), C vitamini içeriği askorbik asit testi kitleri (Merck 116981) kullanılarak reflectoquant cihazıyla (Maral Gürbüz ve Bostan, 2020), toplam fenolik bileşikler Folin-Ciocalteu's kimyasalı kullanılarak (Ozturk ve ark., 2019), toplam flavonoid kolorimetrik yöntemle göre (Chang ve ark., 2002), DPPH antioksidan aktivitesi Blois (1958) ve Ozturk ve ark. (2019)'nın kullandıkları yöntem ve prosedüre göre ve FRAP analizi de "Demir iyonları (Fe+3) indirgeme antioksidan gücü testi" esasına göre (Benzie ve Strain, 1996) yapılmıştır.

Ağaç özellikleri olarak da taç yüksekliği, taş genişliği, taç çapı, gövde yüksekliği, gövde çapı, gövde çevresi, gövde kesit alanı, yaprak eni, yaprak boyu, yaprak sapı uzunluğu ve yaprak sapı kalınlığı belirlenmiştir.

İncelenen pomolojik özellikler için elde edilen verilere SAS-JMP 13.2.0 istatistik programında varyans analizi uygulanmıştır. Sonuçların değerlendirilmesinde önemlilik düzeyi $\alpha=5\%$ olarak dikkate alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Muşmula meyvelerinin fiziksel özelliklerinin çeşitlere göre değişimi için yapılan varyans analizi, meyve ağırlığı, meyve eni, meyve hacmi, ostiol genişliği ve meyve eti oranının çeşitlere göre önemli düzeyde değiştiğini ortaya koymuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Meyve fiziksel özelliklerinin çeşitlere göre değişimi

Özellikler	'Akçakoca 77®'	'İstanbul'	LSD _{0.05}
Meyve Ağırlığı (g ⁻¹ adet)	38.29±7.23 a	24.23±3.20 b	12.67
Meyve Eni (mm)	47.71±4.81 a	37.02±1.86 b	8.26
Meyve Boyu (mm)	32.02±2.32	36.74±1.86	-
Meyve Hacmi (ml)	38.25±8.76 a	21.33±2.89 b	14.78
Ostiol Genişliği (mm)	29.72±4.05 a	21.32±1.70 b	7.04
Ostiol Derinliği (mm)	8.45±2.80	9.68±0.40	-
Meyve Eti Sertliği (N)	8.20±1.37	7.51±0.58	-

Meyve Eti Oranı (%)	92.88±3.04 a	87.55±1.26 b	5.27
Tohum Sayısı	4.08±1.27	4.70±0.46	-
Toplam Tohum Ağırlığı (g ⁻¹ adet)	0.62±0.19	0.63±0.07	-
Nem (%)	69.97±2.86	71.23±1.72	-

Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (LSD, p<0.05).

Önemli çıkan bütün özelliklerin en yüksek değerleri ‘Akçakoca 77®’ çeşidinde belirlenirken, meyve boyu, ostiol derinliği, meyve eti sertliği, tohum sayısı, toplam tohum ağırlığı, nem ve toplam kuru madde oranının çeşitlere göre değişimi önemsiz çıkmıştır.

Yalova’da yapılan bir çalışmada, ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ çeşitlerinde, sırasıyla meyve ağırlığının 59.60 g ve 30.25 g, meyve eninin 56.78 mm ve 41.94 mm, meyve boyunun 35.43 mm ve 36.89 mm, ostiol genişliğinin 31.27 mm ve 24.33 mm, ostiol derinliğinin 6.89 mm ve 10.41 mm, tohum sayısının 4.3 ve 5.00 ve tohum ağırlığının 0.57 g ve 0.35 g olduğu bildirilmiştir (Akçay ve ark., 2016). Çalışmamızda da önceki çalışma sonucuna benzer şekilde, incelenen fiziksel özelliklere ait değerler ‘Akçakoca 77®’ çeşidinde ‘İstanbul’ çeşidine göre daha yüksek bulunmuş fakat her iki çeşitte de çalışmamızdaki değerler daha düşük olmuştur. Bunun ekolojik koşulların farklılığından ya da yılın etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Kimyasal özelliklerden SÇKM ve antioksidan kapasitesi (FRAP) dışındaki özellikler çeşitlere göre önemsiz çıkmış olup ‘İstanbul’ çeşidi en yüksek SÇKM’ye, ‘Akçakoca 77®’ çeşidi de en yüksek antioksidan kapasiteye (FRAP) sahip olmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Meyve kimyasal özelliklerinin çeşitlere göre değişimi

Özellikler	‘Akçakoca 77®’	‘İstanbul’	LSD _{0.05}
pH	8.23±0.36	8.23±0.03	-
SÇKM (%)	14.00±0.62 b	17.40±1.20 a	2.17
Toplam Kuru Madde Oranı (%)	30.03±2.86	28.77±1.72	-
Titredilebilir Asitlik (%)	0.68±0.24	0.83±0.16	-
C Vitamini İçeriği (mg 100 g ⁻¹)	24.93±3.48	22.00±2.55	-
Toplam Fenolikler (g GAE kg ⁻¹)	1.50±0.11	1.20±0.26	-
Toplam Flavonoidler (g QE kg ⁻¹)	0.88±0.06	0.73±0.25	-
Antioksidan kapasite DPPH (mmol TE kg ⁻¹)	268.30±9.02	220.35±42.47	-

Antioksidan kapasite FRAP (mmol TE kg⁻¹) 507.00±8.74 **a** 363.72±27.52 **b** 46.29

Aynı sütunda aynı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (LSD, p<0.05).

Yalova ekolojisindeki ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ çeşitlerinde, sırasıyla SÇKM %24.8 ve %17.4, toplam kuru madde %29.6 ve %25.8, titre edilebilir asitlik 0.44 g^{-L} ve 0.41 g^{-L} arasında belirlenirken (Akçay ve ark., 2016), çalışmamızda ‘Akçakoca 77®’ çeşidinin SÇKM değeri önceki çalışmadan önemli düzeyde düşük iken, ‘İstanbul’ çeşidi ile benzer bulunmuştur. Toplam kuru madde miktarı değerleri hemen hemen önceki çalışma sonuçlarına benzer çıkmıştır. Çalışmamızdaki asitlik değerleri ise önceki çalışmadan yüksek olmuştur. Ekolojik koşullardaki değişim meyvelerin kimyasal içeriğinde önemli farklılıklar oluşturabilmektedir. Bölgede yapılan seleksiyon ıslahı çalışmalarında (Bostan, 2020; Maral Gürbüz ve Bostan, 2020; Cevahir ve Bostan, 2021) ümitvar genotiplerde C vitamini içeriği bakımından çalışmamızda benzer sonuçlar elde edilmişken, toplam fenolikler ile antioksidan kapasite bakımından geniş bir değişim yelpazesi oluşmuştur. Bunun da özellikle genotipik özelliklerden kaynaklandığı söylenebilir.

Bitki özelliklerinden sadece taç yüksekliği, yaprak eni ve yaprak boyunun çeşitlere göre önemli bulunduğu ve ‘İstanbul’ çeşidine ait ağaçların daha yüksek boylu, ‘Akçakoca 77®’ çeşidine ait ağaçların da yapraklarının daha büyük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Bitki özelliklerinin çeşitlere göre değişimi

Özellikler	‘Akçakoca 77®’	‘İstanbul’	LSD _{0.05}
Ağaç boyu (m)	2.98±0.20	3.76±0.45	-
Taç yüksekliği (m)	1.98±0.14 b	2.84±0.47 a	0.78
Taç genişliği (m)	3.90±0.13	3.14±0.86	-
Taç çapı (m)	3.68±0.24	3.00±0.75	-
Gövde yüksekliği (m)	1.00±0.10	1.00±0.03	-
Gövde çapı (cm)	10.33±0.58	11.00±2.65	-
Gövde çevresi (cm)	29.67±6.43	30.00±8.19	-
Gövde kesit alanı (cm ²)	83.99±9.51	98.65±8.39	-
Yaprak eni (cm)	6.89±0.75 a	4.93±0.59 b	1.54
Yaprak boyu (cm)	14.70±0.52 a	11.94±1.33 b	2.28

Yaprak sapı uzunluğu (mm)	8.04±1.11	8.92±0.44	-
Yaprak sapı kalınlığı (mm)	2.54±0.28	2.21±0.21	-

Aynı satırda aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir (LSD, $p<0.05$).

Sonuç

Ordu ekolojisindeki ‘Akçakoca 77®’ ve ‘İstanbul’ standart muşmula çeşitleri arasındaki pomolojik özelliklere ait farklılıklar Yalova ekolojisine benzer olarak belirlenmiştir.

Her iki çeşidin meyveleri Yalova ekolojisindekinden daha hafif ve küçük bulunmuştur.

Diğer taraftan, SÇKM değerinin ‘İstanbul’ çeşidinde her iki ekolojide aynı, ‘Akçakoca 77®’ çeşidinde ise Yalova’da daha fazla olduğu, toplam kuru madde oranları bakımından önemli farklılıklar bulunmadığı söylenebilir.

Sonuç olarak, Ordu ekolojisinde ilk kez yapılan bu çalışmanın, verim değerlerinin de elde edilmesi sonucunda adaptasyonu hakkında daha kesin sonuçlar elde edilebileceği düşünülerek, birkaç yıl daha devam ettirilmesi tavsiye edilebilir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı kapsamında desteklenmiştir (Proje No: 1919B012316996, 2023 Yılı 2. Dönem Başvurusu). Yazarlar bu desteklerinden dolayı ilgili kuruma teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Akçay, M. E., Özdemir, Y., & Doğan, A. (2016). Muşmula yetiştiriciliğinde yeni bir çeşit olan Akçakoca 77®’nin bazı özelliklerinin belirlenmesi. BAHÇE (Özel Sayı cilt: 1), 45, 832-837.
- Benzie, I. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. Analytical biochemistry, 239(1), 70-76.
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181(4617), 1199-1200.
- Bostan, S. Z. (2020). Bioactive compounds of new superior medlar genotypes (*Mespilus germanica*) grown in Turkey. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 37(3), 185-189. <https://doi.org/10.13002/jafag4703>

- Bostan, S. Z. (2022). Türkiye’de muşmula çeşit ıslahındaki gelişmeler. Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Gelişmeler (Editör: Doç. Dr. Atilla ATİK), Duvar Yayınları, Sayfa: 109-122.
- Cemeroğlu, B. (1992). Meyve ve sebze işleme endüstrisinde temel analiz metotları. Biltav Yayınları, Ankara, 380.
- Cevahir, G., & Bostan, S. Z. (2021). Organic acids, sugars and bioactive compounds of promising medlar (*Mespilus germanica* L.) genotypes selected from Turkey. International Journal of Fruit Science, 21(1), 312-322. <https://doi.org/10.1080/15538362.2021.1874594>
- Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of food and drug analysis, 10(3).
- Dönmez, Y., & Aydınözü, D. (2012). “Bitki örtüsü özellikleri açısından Türkiye”, İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü. Coğrafya dergisi, No: 1302-7212.).
- Durmuş, E., & Yiğit, A. (2003). Türkiye’nin meyve üretim yöreleri. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi, 13(2), 23-54.
- Lim, T. K. (2012). *Mespilus germanica*. (In: Edible medicinal and non-medicinal plants) (Vol. 4, pp. 437-441). Dordrecht, The Netherlands, Springer.
- Maral Gürbüz, E., & Bostan, S. Z. (2020). Çarşamba ilçesi (Samsun) ümitvar muşmula genotiplerinin fiziksel ve kimyasal karakterizasyonu. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23(4), 816-823. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.692052>.
- Ozturk, B., Karakaya, O., Erdem, H., Küçüker, E., Özkan, Y., & Yıldız, K. (2019). The effects of foliar iron treatments (+ Fe) on fruit quality of different pear cultivars. Erwerbs-Obstbau, 61(4), 373-378.
- TÜİK (2023). <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Voaides, C., Radu, N., Birza, E., & Babeanu, N. (2021). Medlar-A comprehensive and integrative review. Plants, 10(11), 2344.
- Westwood, M. N. (1978). “Temperate Zone Pomology”, W.H. Freeman and Company San Fransisco. 428 p.
- Yılmaz, A. (2015). Tokat’ta Doğal Olarak Yetişen Muşmula (*Mespilus germanica* L.) Genotiplerinin Seleksiyonu. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 129s, Tokat.

DETERMINATION OF PYROLYSIS AND KINETIC PARAMETERS OF PALM SEED AND OLIVE SEED

DİLAN KÖKSAL ÖZTÜRK

Uşak University, dilan.koksal@gmail.com, Orcid: 0000-0002-6735-5506

Prof. Dr. MENDERES LEVENT

Uşak University, menderes.levent@usak.edu.tr, Orcid:0000-0002-6363-1614

Dr. Öğr. Üyesi KADİR GÜNDOĞAN

Uşak University, kadir.gundogan@usak.edu.tr, Orcid:0000-0001-6742-3110

SUMMARY

Today, the need for energy is increasing in parallel with the increasing world population. Most of the energy resources are obtained from fossil fuels. However, the significant decrease in the reserves of fossil fuels and environmental damages have become an important problem. Biomass is a type of fuel that is biologically based and has very low pollution compared to coal, which can be converted into energy form with the support of solar energy, and most importantly, it is renewable. Türkiye is a country with a great potential of biomass. In this study, pyrolysis experiments of palm kernel and olive kernel, which are very common biomass samples in our country, were carried out at four different heating rates (10 °C, 15 °C, 20 °C, 30 °C) with non-isothermal thermogravimetric analysis (TGA) at a maximum temperature of 1000 °C in an inert nitrogen gas atmosphere and solid state reaction kinetics parameters were determined. These parameters are determined with model free equations methods Kissinger Akashiro Sunose(KAS) and Flynn Wann Ozawa (FWO). Characterization studies of the biomass samples before and after pyrolysis were completed by XRD and FTIR analyses. Arrhenius profiles and activation energy of the samples were determined and their usability as fuel and energy potentials were compared with conventional fuels. According to the results obtained, it was seen that palm kernel and olive kernel have the potential to be used as fuel.

Key words: Pyrolysis, biomass, olive kernel, palm kernel, kinetic analysis, renewable energy.

1. INTRODUCTION

With the increase in globalisation in the world, factors such as technological progress, development of industry and population growth bring along the increase in energy needs. Although fossil fuels meet a large percentage of the energy need today, it is seen as a result of the studies that their reserves are beginning to run out. In recent years, research on alternative energy sources that can be used instead of fossil fuels has gained momentum[1]. Among these fuels, biomass stands out with many features such as being environmentally friendly, being obtained from waste materials, and being constantly renewable. The abundance of biomass resources in our country, which is rich in agriculture and animal husbandry, makes it very attractive to use [2].

Biomass is a very diverse, easily accessible and utilisable energy source. Unlike fossil fuels, it is renewable in less than a hundred years. It can be converted into solid, liquid or biogas as fuel and can be used for electricity generation, heating, industrial and domestic needs. It is a very good option to meet the energy needs in today's conditions where energy resources are becoming increasingly limited. Renewable energy sources used as an alternative to traditional fossil fuels will reduce greenhouse gas emissions and energy costs while ensuring energy security in the long term [3] [4].

There are many studies on biomass pyrolysis in the literature. Researchers have successfully applied biomass and kinetic analysis together.

Kanca (2019) determined the energy values of biomass types (hazelnut shell, walnut shell, cotton waste) that can be energy sources by pyrolysis and oxidation processes. According to the results, it was observed that shelled biomasses showed similar thermal behaviours among themselves, while cotton waste showed different thermal behaviours and differences in gas emissions from shelled biomasses. Utilizing all the outputs obtained, it was confirmed that the three proposed biomasses can be used as energy sources by pyrolysis and combustion processes. It was concluded that these biomasses with proven energy potential are also effective materials for reducing the emission of sulphur-containing gases [5].

In this thesis study, Altunbaş (2015) investigated the possibilities of converting Pelemir plant into a liquid product (bio-oil) that can be an alternative to the fuels used today with the conversion method (pyrolysis). The optimum operating conditions (pyrolysis temperature, particle size, heating rate, nitrogen gas flow rate, retention time and condensation temperature)

were determined to obtain liquid product and the possibility of alternative energy source of liquid (bio-oil) product was investigated. Pyrolysis experiments were carried out in a fixed bed reactor and the structure of the bio-oil obtained was analysed by various spectroscopic and chromatographic methods. As a result, it was determined that bio-oil can be an alternative, renewable, environmentally friendly energy source to the liquid fuels used today and can be a chemical raw material input in many chemical industries [6].

Gözke and Açıkalin (2020) investigated the thermal degradation behaviour and kinetics of cherry pits. Therefore, cherry pits of two different particle sizes (75-150 and 150-250 μm) were subjected to non-isothermal thermogravimetric analysis from room temperature to 800 $^{\circ}\text{C}$ in the presence of nitrogen gas at five different heating rates (5, 10, 20, 30 and 40 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$). The studies revealed the presence of four different steps in the pyrolysis zone, corresponding mainly to the removal of moisture and low molecular weight volatiles (step 1), thermal degradation of hemicellulose (step 2), cellulose (step 3) and lignin (step 4). The kinetic parameters of active pyrolysis steps (2nd and 3rd steps) were calculated by Coats-Redfern and Kissinger-Akahira-Sunose methods. Although the Coats-Redfern method gives higher values, all activation energy values calculated by both methods are compatible with each other and activation energy values increase with increasing particle size [7].

In this study, pyrolysis experiments of olive pits and palm pits, which are abundant in our country, were carried out with TGA at four different heating rates and the solid state kinetic parameters of the samples were determined using the data obtained.

2. EXPERIMENTAL STUDY

Palm kernel and olive kernel provided from Türkiye Tarih A.Ş. and grinded to powder size before pyrolysis experiments. TGA experiments of biomass samples carried out four different heating rates and 50 ml/min inert nitrogen gas atmosphere with maximum temperature of 1100 $^{\circ}\text{C}$ by Hitachi STA 7300 TGA analyzer.

Table 1. Proximate analysis of olive kernel and palm kernel [8].

Analysis	Olive kernel	Palm kernel	Standard
Moisture (%)	4,3	4,76	TSE 690, ASTM D3173

<i>Volatile matter (%)</i>	75,7	79,22	ASTM D 3175
<i>Ash (%)</i>	2,4	1,10	ASTM D 3174
<i>Fixed carbon (%)</i>	17,4	16,36	Hesap
<i>Calorific value (Kcal/kg)</i>	415,90	400,64	ASTM D 5865
<i>Cellulose (%)</i>	25	26,60	TSE 6812
<i>Lignin (%)</i>	34	24,06	ASTM D 1106-96
<i>Hemicellulose (%)</i>	34,5	42,30	

2.1. Kinetic Analysis

For modelling biomass thermal degradation process there are some approaches used. General empirical model employs kinetics, and Arrhenius expression is used to correlate the solid state data of reaction [9]. On this work model-free integral methods of KAS and OFW are used to calculate kinetic parameters of active pyrolysis region of coal samples. Equation 1 and 2 can be considered for KAS and OFW method respectively:

$$\ln\left(\frac{\beta}{T^2}\right) = \ln\left(\frac{AR}{E_a g(\alpha)}\right) - \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) \quad (1)$$

$$\ln(\beta) = \ln\left(\frac{AE_a}{R g(\alpha)}\right) - 5,331 - 1,052 \frac{E_a}{R}\left(\frac{1}{T}\right) \quad (2)$$

Here, α is the amount of sample, β denotes heating rate, A is pre-exponential factor (min^{-1}), E_a is activation energy of reaction (kJmol^{-1}), R is the universal gas constant ($\text{JK}^{-1}\text{mol}^{-1}$), and T is the absolute temperature (K). Where, activation energy of samples was derived with different $f(\alpha)$ values between 0.1 and 0.9 are applied to slope of $\ln(\beta/T^2)$ vs $(1/T)$ KAS method and $\ln(\beta)$ vs $(1/T)$ graphics for OFW method for each heating rates .

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. TGA Pyrolysis Results

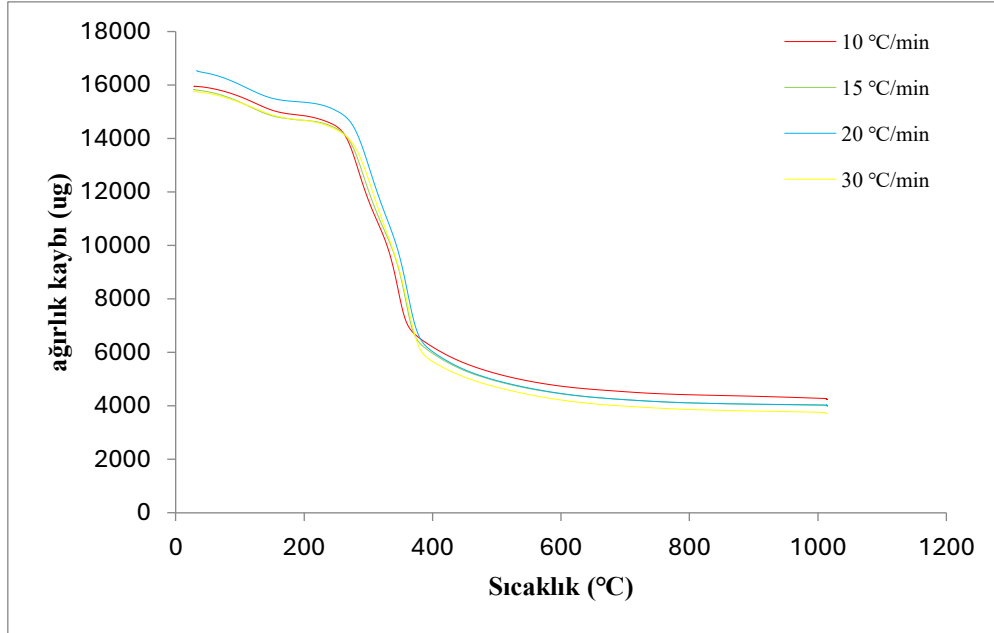


Figure 1. TGA graph of palm kernel.

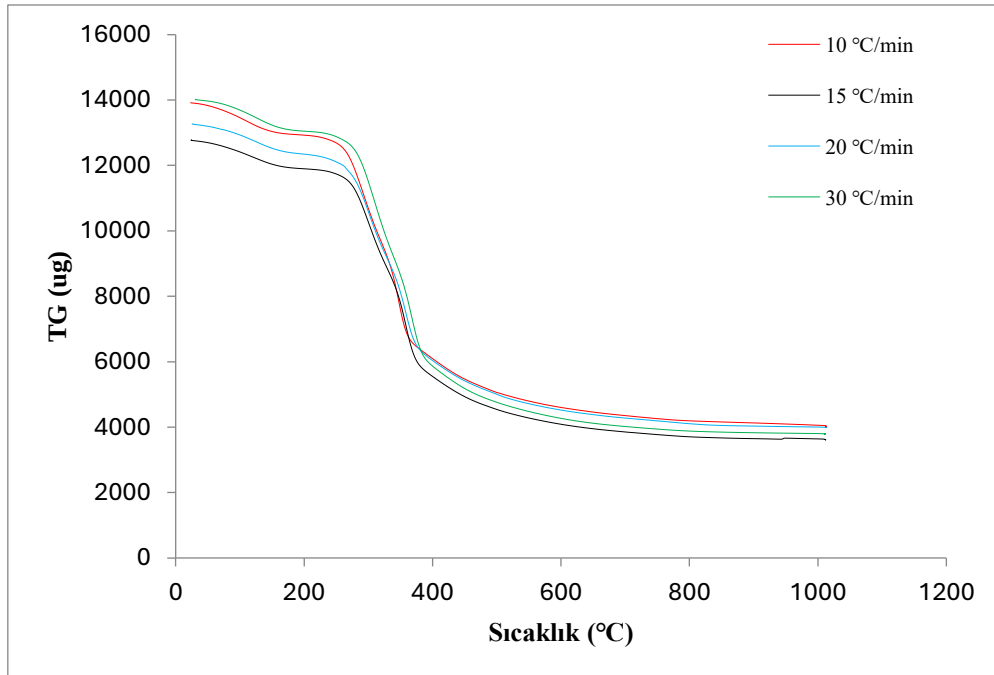


Figure 2. TGA graph of olive kernel.

When the TGA graphs were analysed detailed, it was observed that the graph curves for the two biomass samples were similar. The first large mass losses of the materials occurred between 250 °C and 275 °C on average at four different heating rates. At a heating rate of 10 °C/min, 8% mass loss for the olive kernel sample occurred at a temperature of 255 °C, while the temperature at which 8% mass loss occurred for the palm kernel was read as 267 °C. The second and largest mass loss, which is clearly seen in the curves, was 44% at 385 °C for the olive kernel sample and 44% at 369 °C for the palm kernel sample at a heating rate of 15 °C/min. All samples lost approximately 80% of their weight at 1000 °C and completely degraded.

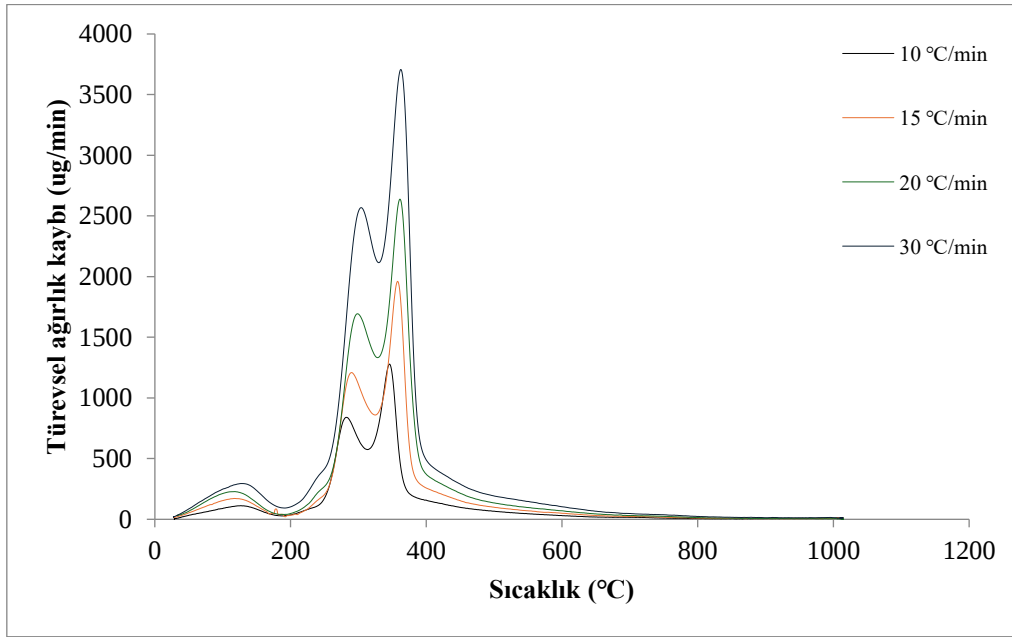


Figure 3. DTG graph of palm kernel.

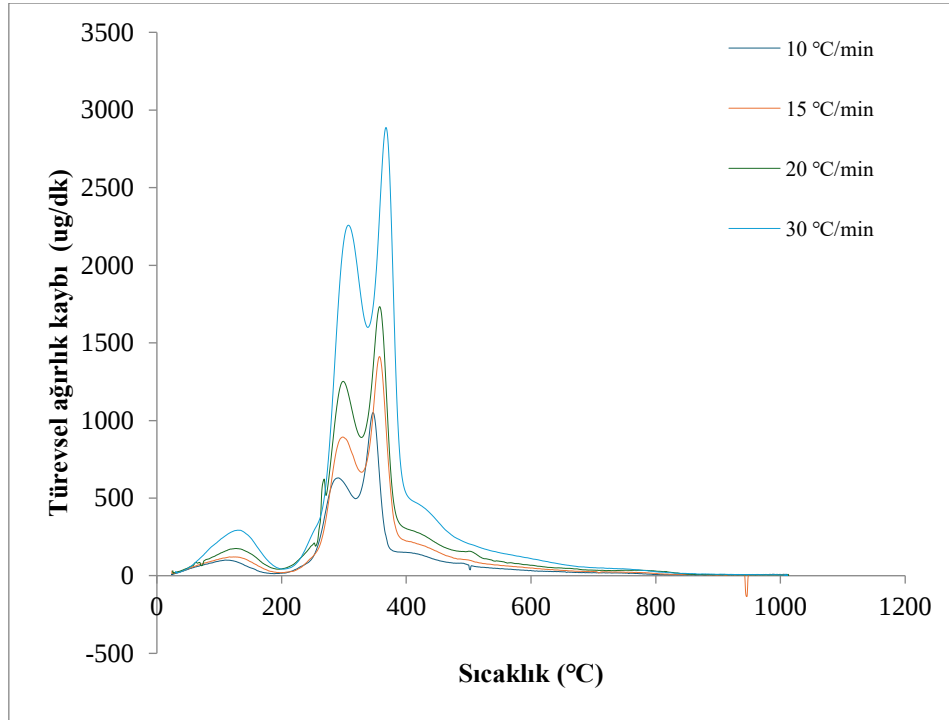


Figure 4. DTG graph of olive oil.

When the DTG curves are analysed, it is seen that the pyrolysis process takes place in three steps at all heating rates of the graphs of palm and olive kernel. When the peaks are evaluated, especially the 2nd step (hemicellulose and cellulose degradation) and 3rd step (lignin degradation) stages are observed as very distinct peaks between 220 °C and 410 °C temperatures. This region is defined as the active pyrolysis region where the mass loss and mass loss rate are the highest. As can be clearly seen on the curves, two separate active pyrolysis zone peaks are read. The first of these peaks represents hemicellulose degradation with lower molecular weight. The other peak represents the degradation of high molecular weight lignin. According to the graphs, the maximum mass loss rates were calculated as 5.26 %/min at 278 °C for palm kernel sample and 3.65 %/min at 359 °C for olive pith. With the increase in heating rate, mass loss rates increase in the same way. Since the amount of energy loaded to the system per unit time increases in order to increase the heating rate, the increase in mass loss per unit time is interpreted as an expected development.

Table 2. Active pyrolysis step temperature and mass loss values of waste biomass samples.

	10 °C/min		15 °C/min		20 °C/min		30 °C/min	
	<i>Palm Kernel</i>	<i>Olive Kernel</i>	<i>Palm Kernel</i>	<i>Olive Kernel</i>	<i>Palm Kernel</i>	<i>Olive Kernel</i>	<i>Palm Kernel</i>	<i>Olive Kernel</i>
Tb(°C)	261	267	267	277	268	279	275	282
Ts (°C)	360	369	369	385	371	388	375	392
Wmax (%)	45	45	44	44	41,5	41,5	45	45

The temperature and mass loss values of waste biomass samples at different heating rates in the 2nd step, active pyrolysis step, are shown in Table 2. According to the table, all samples lost approximately 45% of their residual weight (**Wmax**) after moisture removal during oxidation. The start and end temperatures of active pyrolysis were similar for palm kernel and olive kernel, while the oxidation temperatures of the samples increased with the increase in heating rate. The lowest oxidation start temperature (**Tb**) was calculated as 261 °C in the palm kernel sample with a heating rate of 10 °C/min, while the highest oxidation end temperature (**Ts**) was 392 °C in the olive kernel sample with a heating rate of 30 °C/min. The increase in the temperature values of the samples with the increase in the heating rate is an expected situation due to the faster heating of the material at high step heating rates. Likewise, at low heating rates, the particles will heat up much more slowly and heat transfer will be more efficient than at high heating rates. With the increase in the heating rate, heat transfer is realised at lower efficiency and the start and end temperatures of active pyrolysis are shifted to high degrees.

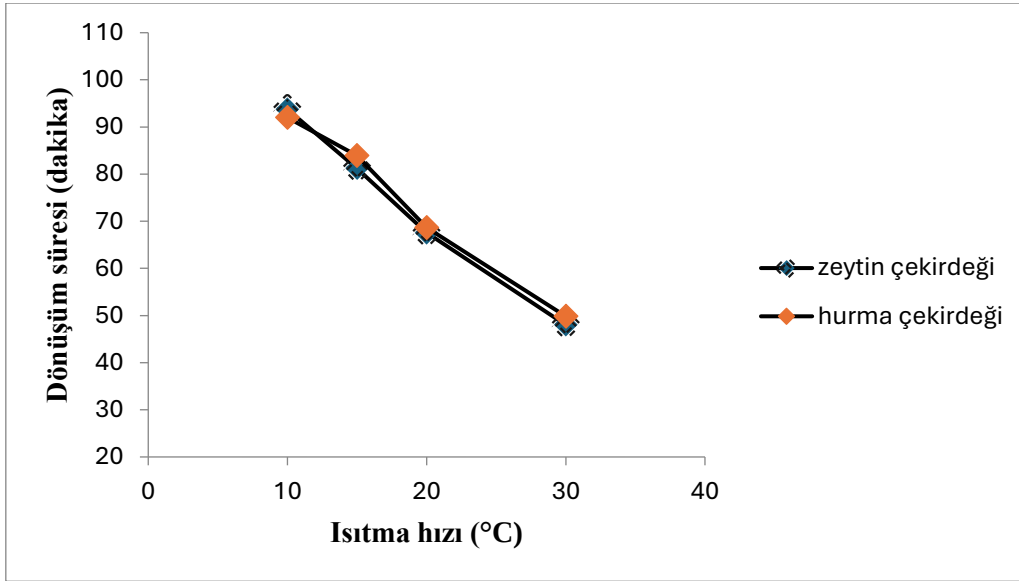


Figure 5. Biomass conversion time for %100 with different heating rates.

Figure 5. shows the conversion times of coal and biomass samples at four different heating rates. According to the graph, the conversion times of the samples decreased significantly as the heating rates increased. The conversion times of the samples within themselves at different heating rates decreased with the increase in heating rate. As the heating rate increases, the material temperature rises faster and structural degradation starts earlier.

3.2. Kinetic Analysis

The activation energies of palm kernel and olive kernel samples were determined by kinetic analysis with model-free methods Flynn-Wall-Ozawa (FWO) and Kissinger-Akahira-Sunose (KAS).

For different conversion fractions (α :0.1-0.9) in KAS and FWO model-free approaches, activation energy values were calculated for each conversion value using the formulas in Equation (1) and Equation (2). The average value of the activation energies determined for each transformation value was found. Activation energy values were calculated from the slope of the graphs plotted with $\ln\beta$ versus $1/T$ values for FWO method and $\ln\beta/T^2$ versus $1/T$ values for KAS method. The graphs of the samples obtained for each transformation are given in Figure 6, Figure 7, Figure 8, and Figure 9.

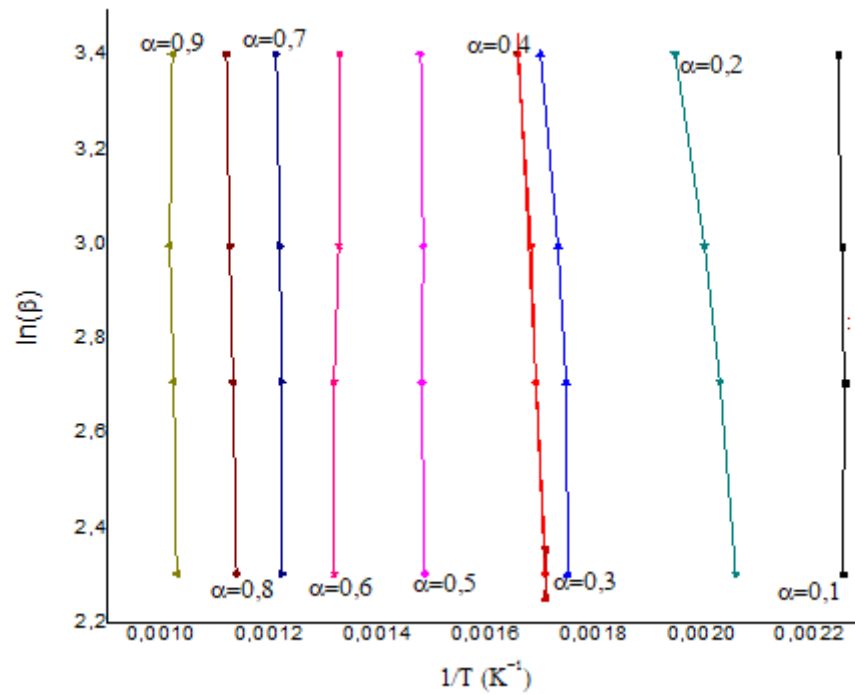


Figure 6. FWO method $\ln\beta - 1/T$ graph of palm kernel.

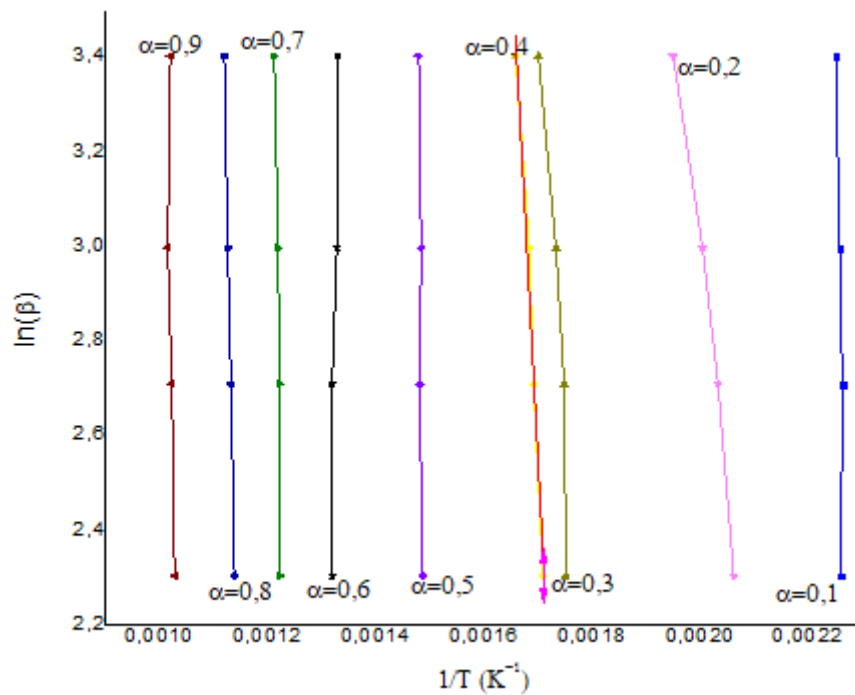


Figure 7. FWO method $\ln\beta - 1/T$ graph of olive oil.

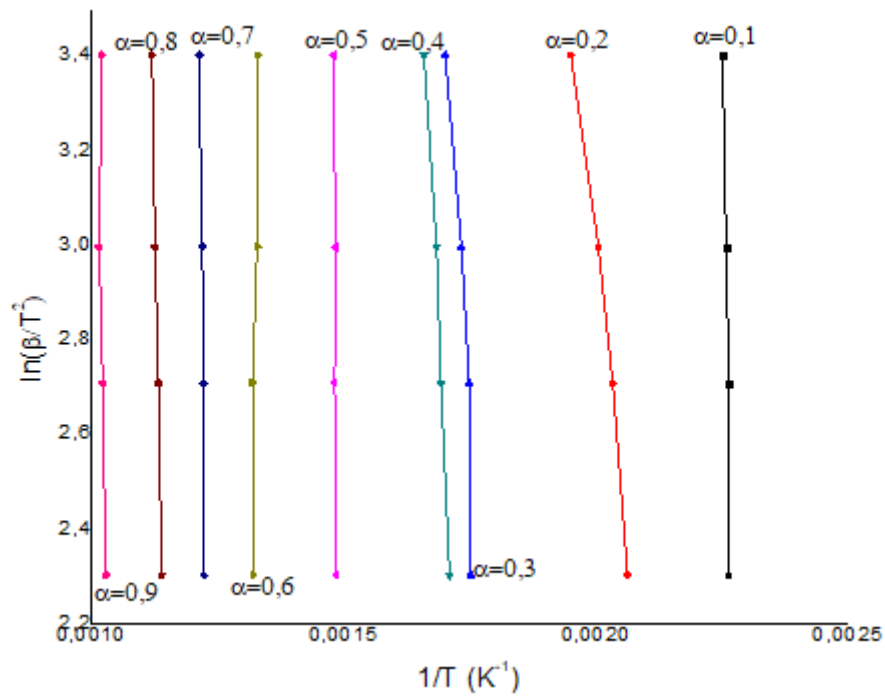


Figure 8. KAS method $\ln(\beta/T^2) - 1/T$ graph of palm kernel.

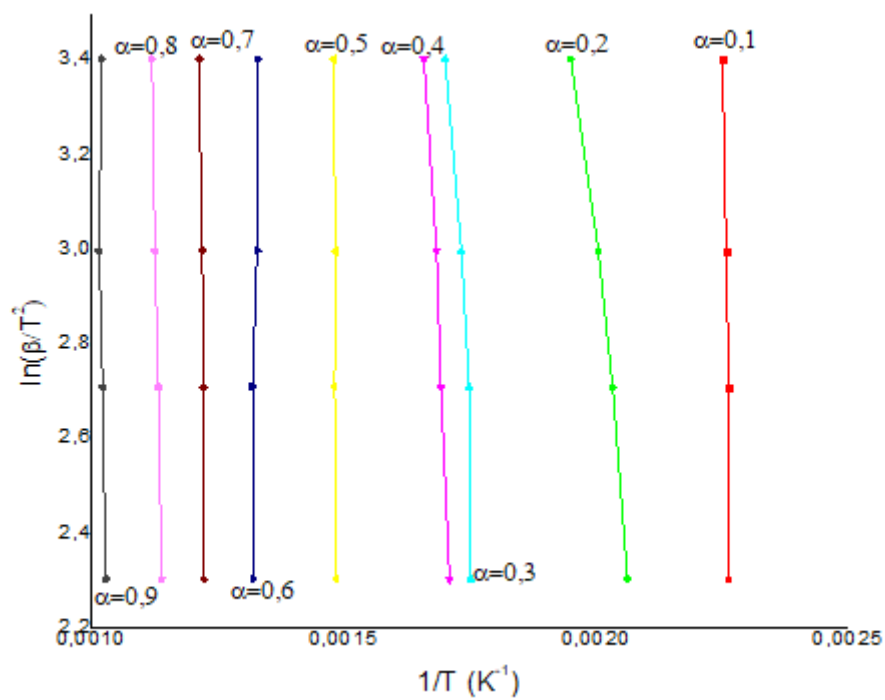


Figure 9. KAS method $\ln(\beta/T^2) - 1/T$ graph of olive kernel.

The slopes were obtained according to different heating rates for each of the 0,1-0,9 conversion ranges on the graphs obtained from KAS and FWO methods and activation energy values were calculated according to Arrhenius equation with the help of R² values.

Table 3. Activation energy values of biomass samples calculated at 0,1-0,9 conversion rates.

		KAS Method				FWO Method		
	Conversion rates	Oxidation equations	R ²	Activation Energy (kj/mol)	Conversion rates	Oxidation equations	R ²	Activation Energy (kj/mol)
Palm Kernel	0,1	y=-8796x+5,4967	0,9564	73,129944	0,1	y=-8748x+5,6158	0,9567	74,131326
	0,2	y=-9486x+6,9872	0,9677	78,8666	0,2	y=-9414x+6,9791	0,9624	79,8799
	0,3	y=-13464x+9,4563	0,9733	111,939696	0,3	y=-13378x+9,4559	0,9789	113,824657
	0,4	y=-17554x+15,1236	0,9898	145,9439	0,4	y=-17468x+15,1241	0,9864	147,78562
	0,5	y=-18136x+16,1263	0,9658	150,782704	0,5	y=-18253x+16,1271	0,9671	151,97412
	0,6	y=-19365x+17,8796	0,9245	161,0006	0,6	y=-19426x+17,8789	0,9312	162,2016
	0,7	y=-20626x+18,9406	0,9736	171,484564	0,7	y=-20597x+18,9503	0,9759	172,481555
	0,8	y=-21230+20,453	0,9770	176,5062	0,8	y=-21287+20,429	0,9896	178,62647
	0,9	y=-22006x+21,6327	0,9675	182,957884	0,9	y=-22114x+21,6327	0,9589	181,24657
		-						
Olive Kernel	0,1	y= -8756x+5,4521	0,9681	72,79738	0,1	y= -8721x+5,4536	0,9741	73,165478
	0,2	y = -9175x + 5,6547	0,9845	76,2809	0,2	y = -9166x + 5,6558	0,9766	77,6846
	0,3	y=-12296x+13,5746	0,9954	102,2289	0,3	y=-12296x+13,5761	0,9901	103,3364
	0,4	y=-16193x + 15,9996	0,9756	134,6286	0,4	y=-16171x + 15,9987	0,9699	135,6784
	0,5	y=-17642x+16,0126	0,9458	146,6756	0,5	y=-17619x+16,0126	0,9578	147,2165
	0,6	y = -19162x + 16,7895	0,9566	159,3129	0,6	y = -19189 + 16,7931	0,9643	160,1236
	0,7	y= -20316x+18,7453	0,9358	168,9072	0,7	y= -20371x+18,7523	0,9512	169,4578
	0,8	y = -22120x + 21,597	0,9682	183,9057	0,8	y = -22361x + 21,609	0,9725	184,9741
	0,9	y=-23639x+22,9674	0,9574	196,5346	0,9	y=-23694x+22,9701	0,9689	197,1236
		-				-		

Table 3. shows the values calculated by KAS and FWO method for the active pyrolysis step of palm kernel and olive kernel. Here, it is seen that the activation energy values calculated from the conversion range of 0.1-0.9 for biomass samples increase with the conversion rate. It is thought that this is due to the breakdown of cellulose in the structure of palm kernel and olive kernel at low conversion rates. When the conversion rates are reached with higher temperatures, it is expected that the activation energy required for the continuation of the reaction will be high since it is difficult to break down hemicellulose and lignin after the cellulose removed from the structure. When the table is analysed in detail, the activation energy value of palm kernel at 0.2 conversion rate was 78.866 kJ/mol, while this value was calculated as 176.8062 kJ/mol at 0.8 conversion rate. During the pyrolysis process, high activation energy values are required during pyrolysis as hemicellulose, cellulose and lignin of biomass samples with lignocellulosic structure have high thermal stability.

The cellulose component, which is a linear polysaccharide in the content of biomasses, degrades rapidly due to the cleavage of glucose bonds during the main weight loss of pyrolysis. The reason for obtaining low activation energy values at low conversion rates of palm kernel and olive kernel powders is that both samples are cellulosic based. A large part of the lignin structure consists of aromatic polymer rings with cross-links. Degradation of these rings can only occur at high conversion rates.

The high R2 values obtained on the graphs while determining the activation energy values by FWO and KAS model-free kinetic methods confirm the accuracy of the calculated results.

4. CONCLUSIONS

In this study, pyrolysis experiments of palm kernel and olive kernel were carried out by thermogravimetric analysis and kinetic parameters were determined by KAS and FWO model-free approaches. The following results were obtained.

According to the results of chemical analyses of palm kernel and olive kernel, high calorific values and low moisture content suggest that they can be used as fuel.

According to the TGA pyrolysis results, the thermal degradation processes of the biomass samples were completed in three main steps and the samples lost approximately 80% of their weight at the end of pyrolysis.

During pyrolysis, the effect of heating rates on the start and end temperatures of the oxidation step was observed and it was observed that these temperature values increased with the increase in the heating rate.

According to the kinetic analysis results, activation energy values were calculated by model-free methods. According to the results, the calculated activation energy values increased with the increase in the conversion rate. Since the decomposition of lignocellulosic biomass samples continues until high temperatures, it is expected that the activation energy values will increase.

As a result, according to the analyses and calculated kinetic parameters, palm kernel and olive kernel have the potential to be used as fuel. It is thought that the results of this study will contribute to the literature and shed light on the researchers who will work on this subject.

5. REFERENCES

- [1] Chungen Y, Lasse AR, Søren KK. (2008). Grate firing of biomass for heat and power production. *Process Energy Combust Science*, 34:725–54.
- [2] Demirbas, A.(2002b). Desulfurization of coal using biomass ash. *Energy Sources*, 24, 1099-1105. <https://doi.org/10.1080/00908310290087021>
- [3] Sahu, S.G. Sarkar, P. Chakraborty, N. Adak, A.K. (2010) Thermogravimetric assessment of combustion characteristics of blends of a coal with different biomass chars, *Fuel Processing Technology*, 91, 369–378. [doi:10.1016/j.fuproc.2009.12.001](https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2009.12.001)
- [4] Özsin. G. (2018). Termal Analiz İle Birleştirilmiş Spektral Yöntemlerin Kullanımı İle Biyokütle Piroлизinin İncelenmesi. *Baun Fen Bil. Enst. Dergisi*, 20(2), 315-329.
- [5] Kanca A., (2019). Pamuk Atığı, Fındık Kabuğu ve Ceviz Kabuğu'nun Piroлиз ve Oksidasyon Davranışlarının Kıyaslanması, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(2), 43-54.
- [6] Altunbaş, O.(2015).Pelemir Bitkisinin Piroлизı. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, *Yüksek Lisans Tezi*, 112s, Konya.
- [7] Gözke, G., Açıkalın, K. (2020). Kiraz Çekirdeği Piroлиз Kinetiğinin Model İçermeyen Ve Model Bazlı İntegral Kinetik Yöntemler Kullanılarak İzotermal

Olmayan Termogravimetrik Analiz Verileri Üzerinden İncelenmesi. *Nözü Müh. Bilim. Dergisi*, 9(2), 1001-1016.

- [8] Parthasarathy, P., Narayanan, K.S., Arockiam, L.C., Gai, C.Y., Dong, Y.T., Zhang, T. (2013). The kinetic analysis of the pyrolysis of agricultural residue under non-isothermal conditions, *Bioresource Technology*, 127, 298-305.
- [9] Köksal Öztürk, D., Levent, M., Gündoğan, K. (2024). A study on combustion behaviour and reaction kinetics mechanism of some Egean region Turkish lignites. *Chemical Papers*, 78, 8877–8888. <https://doi.org/10.1007/s11696-024-03717-7>

ORTA GERİLİM KABLO İZOLASYON MALZEMELERİNİN PERFORMANS FAKTÖRLERİNİN İNCELENMESİ

YUSUF CAN GÖKTAŞ

Yıldız Teknik Üniversitesi, ychangoktas@icloud.com - 0009-0006-8288-6555

Dr. Öğr. Üyesi RAMAZAN AYAZ

Yıldız Teknik Üniversitesi, ayaz@yildiz.edu.tr - 0000-0002-6201-1181

Dr. Öğr. Üyesi CELAL FADIL KUMRU

Süleyman Demirel Üniversitesi, celalkumru@sdu.edu.tr – 0000-0003-4248-6355

ÖZET

Enerji günümüz dünyasının en temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Sanayi devriminden bu yana teknolojinin hızlı gelişimiyle beraber insanlık giderek daha çok enerjiye ihtiyaç duymakta ve bununla beraber enerji üretim, iletim ve dağıtımında negatif etkisi bulunan faktörleri azaltmaya ve yok etmeye çalışmaktadır. Günümüzde enerji iletiminde kullanılan en önemli elemanlardan biri de şüphesiz kablolardır. Özellikle şehirleşmenin ve sanayileşmenin artması, yenilebilir enerji sistemlerinin yaygınlaşması ve şebekeye entegre olması ve güç sistemleri elemanlarının giderek daha zor işletme şartlarına maruz kalmasıyla kabloların güvenilir ve sağlıklı bir şekilde vazifesini yerine getirmesi daha da büyük önem arz etmeye başlamıştır.

Bu bağlamda yapılan çalışmada, orta gerilim kablolarında en çok kullanılan yalıtkan olan çapraz bağlı polietilenle (XLPE) beraber düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve alev geciktiricili termoplastik (HFFR) yalıtkanlar 2 gruba ayrılarak 1. grup termal yaşlandırmaya tabi tutulmuş, 2. grup ise %85 nem oranlı kabinde yüksek neme maruz bırakılmıştır. Numunelere 7 günlük döngülerle dielektrik güç kaybı, tan delta, delinme gerilimi ve çekme kopma testleri yapılmıştır. Bu bağlamda numunelerdeki dielektrik bozulma gözlemlenmiştir. Özellikle nem kabinde %85 nem ve 60 °C’de bulunan numunelerde 1.haftadan itibaren %20-%25 oranında tan delta artışı görülmüştür. Sonuçlar OG kablolarda dielektrik özelliklerin çevresel faktörlere göre incelenmesi gerektiğini, nem ve sıcaklık etkilerinin OG kablolarda ciddi bozunmalara ve arızaya neden olabileceğini göstermiştir. Bu çalışmadaki veriler ömür tahmini açısından üretilecek metodlar için de bir veri kaynağı olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: İzolasyon Performansı, termal yaşlandırma, tan delta, nem etkisi, dielektrik kayıp

INVESTIGATION OF PERFORMANCE FACTORS OF MEDIUM VOLTAGE CABLE INSULATION MATERIALS

YUSUF CAN GÖKTAŞ

Yıldız Technical University, ychangoktas@icloud.com - 0009-0006-8288-6555

Asst. Prof. Dr. RAMAZAN AYAZ

Yıldız Technical University, ayaz@yildiz.edu.tr - 0000-0002-6201-1181

Asst. Prof. Dr. CELAL FADIL KUMRU

Suleyman Demirel University, celalkumru@sdu.edu.tr – 0000-0003-4248-6355

ABSTRACT

Our energy needs and reliance on energy are expanding daily due to population growth and evolving technology. In addition, power systems are developing, and alternative energy systems are being integrated into the grid and are trying to meet the energy demand. Therefore, these systems are becoming more and more complex, and it is of great importance that the energy reaches the end user in a quality and healthy manner without any failure or interruption. In this context, the insulation materials used in cables must be well designed and sized.

In this study, the most commonly used insulation in medium voltage cables, cross-linked polyethylene (XLPE), low density polyethylene (LDPE) and flame retardant thermoplastic (HFFR) insulations were divided into 2 groups, the first group was subjected to thermal aging, and the second group was exposed to high humidity in a cabin with 85% humidity. Dielectric strength loss, tan delta, breakdown voltage and tensile rupture tests were performed on the samples with 7-day cycles. In this study, dielectric degradation in the samples was observed. Especially in the samples at 85% humidity and 60 °C in the humidity cabin, a tan delta increase of 20-25% was observed starting from the first week. The results showed that dielectric properties in MV cables should be examined according to environmental factors, and that humidity and temperature effects can cause serious degradation and failure in MV cables. The data in this study can also be used as a data source for methods to be produced in terms of life estimation.

Keywords: Insulation performance, thermal aging, tan delta, humidity effect, dielectric loss

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN METEOROLOJİK KURAKLIKLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI: YAMULA BARAJI HAVZASI ÖRNEĞİ

Sezen KAYA

Kırıkkale Üniversitesi, sezenkaya.0@gmail.com - 0000-0002-0472-6322

Dr. Öğretim Üyesi, Gaye AKTÜRK

Kırıkkale Üniversitesi, gayecoguzturk@kku.edu.tr - 0000-0002-9477-7827

ÖZET

Kuraklık, yağışların kaydedilen normallerinin önemli ölçüde altına düşmesi sonucu gerçekleşen doğal bir olaydır. Suyun yokluğundan veya kıtlığından kaynaklanan kuraklık, birçok alanda farklı zaman dilimlerinde ve çeşitli şiddetlerde tüm canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir. Doğal bir afet olan kuraklık, günümüzde iklim değişikliği, çevresel ve beşerî faktörler, hızlı nüfus artışı, su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı gibi sebeplerle etkilerini daha çok ve daha hızlı bir şekilde hissettirmektedir. Gelecekte iklim değişikliğinin neden olacağı yağış eksikliğine bağlı kuraklıkların potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi; su kaynaklarının yönetimi, tarımsal faaliyetler, enerji üretimi ve iklim değişikliğine adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu sebeple, kuraklık olaylarının süre, şiddet, yoğunluk ve frekans gibi farklı karakteristik özelliklerinin aynı anda değerlendirilerek kapsamlı kuraklık risk analizlerinin yapılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında, yarı kurak iklim özelliklerine sahip Kızılırmak havzasında yer alan Yamula baraj havzasında meteorolojik kuraklık olaylarının zamansal gelişimini ve kuraklık özelliklerini (sıklık, şiddet, yoğunluk ve süre) incelemek amacıyla havza içerisinden ve çevresinden seçilen 6 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1980-2005 yılları arasındaki gözlem verileri kullanılarak CNRM-CM5/RCA4 bölgesel iklim modelinin en kötü durum senaryosuna (RCP 8.5) göre üretilen 2023-2100 zaman periyodundaki yağış verilerine Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) yöntemi uygulanmış ve farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9 ve 12 aylık) kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen SPI değerlerine göre, kurak dönemlerin sıklığının kısa zaman ölçeklerinde nispeten yüksek olduğu ve zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin sıklığının azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca uygulanan Run teorisi aracılığıyla kurak periyotlar belirlenmiş ve kuraklık süre, yoğunluk ve şiddet değerleri hesaplanmıştır. Analizler sonucunda havzada, yakın gelecek (2025-2050) ve orta vade (2051-2075) periyotlarında öngörülen kurak dönemlerin kuraklık süre ve yoğunluk değerlerinde artış gözlenirken, uzak gelecek (2076-2100) periyodunda ise öngörülen kurak dönemlerin kuraklık süre ve şiddet değerlerinde azalma yaşanacağı tespit edilmiştir. Bu çalışma doğrultusunda elde edilen kuraklık tahmini sonuçlarının, karar verici mekanizmaların havza bazlı yaptığı planlamalarda su fazlalığı ve su sıkıntısı yaşanabilecek bölgeler için alınması gereken önlemlere yönelik önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: İklim Değişikliği, Yağış, Yamula Baraj Havzası, Kuraklık, Kuraklık Karakteristikleri, SPI, RCP 8.5.

1. GİRİŞ

Kuraklık, bir bölgede yağış miktarının mevcut iklim şartlarının normaline göre azalmasıyla ortaya çıkan ve arazi kaynakları üretim sistemlerini olumsuz şekilde etkileyerek ciddi hidrolojik dengesizliklere yol açan doğal bir olaydır [1,2]. Yavaşça başlayıp aylar hatta yıllar içinde gelişen, geniş alanları etkileyen bir doğal afet olan kuraklık, bu özellikleriyle diğer doğal felaketlerden ayrılmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin etkisiyle, dünyanın pek çok bölgesinde sıcaklıkların artması ve yağışların azalması, kuraklık olaylarının daha sık yaşanmasına ve daha önemli hale gelmesine yol açmaktadır. Su kıtlığından kaynaklanan kuraklık olayları, birçok alanda, farklı zaman dilimlerinde ve çeşitli şiddetlerde tüm canlıların yaşamını olumsuz etkilemektedir. Tüm iklim kuşaklarında gözlemlenen kuraklığın etkileri, meydana geldiği bölgenin duyarlılığına bağlı olarak önemli farklılıklar gösterebilir [3]. Yakın gelecekte özellikle kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alan bölgelerde gerekli önlemler alınmadığı takdirde su kaynaklarına erişimde büyük sorunlar yaşanacağı gibi, su kıtlığının olumsuz etkilerinin sosyal hayata, ekonomik ve politik alanlara olumsuz yansımaları olacaktır.

Kuraklık, meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyo-ekonomik kuraklık olmak üzere dört ana grupta sınıflandırılır [4,5]. Her bir kategori, kendine özgü parametreler veya değişkenlere ihtiyaç duyar [6]. Meteorolojik kuraklık, belirli bir dönemdeki ortalama yağış miktarının azalması ya da söz konusu zaman dilimine ait normallerde yaşanan sapmalar olarak tanımlanabilir. Süregeldiği takdirde, meteorolojik kuraklık hızla şiddetlenebilir ya da aniden sonlanabilir [7]. Meteorolojik veriler, meteorolojik kuraklığın tespitinde temel başvuru parametreleri olup, meteorolojik kuraklığın izlenebilmesi için meteorolojik parametrelere dayalı çeşitli indisler kullanılabilir. Bunlardan en yaygın olanı sadece yağış verisi kullanılarak hesaplanabilen, kuraklık şiddetinin bir ölçüsü olan SPI'dır [8].

İklim değişikliğinin yerel iklim üzerindeki etkisi, kuraklık gibi aşırı hava olaylarının sıklığını ve şiddetini değiştirebilir [9]. Bu sebeple kuraklığın gelecekteki etkilerinin değerlendirilebilmesi için, güvenilir iklim tahminlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Küresel İklim Modelleri (GCM'ler), farklı senaryolar kapsamında güvenilir iklim projeksiyonları üretebilmek için en çok kullanılan modellerdir [10,11]. Ancak, GCM'lerin düşük çözünürlüklü olması yani ayrıntılı bilgi içermemesi nedeniyle ihtiyaç duyulan bilgi üretilmeyebilir. Havza ölçeğinde gerekli bilgiyi elde etmekte yetersiz kalan GCM'ler yerine daha yüksek çözünürlüklü Bölgesel İklim Modelleri (RCM'ler) geliştirilmiştir [12].

İklim değişikliğinin etkileri göz önünde bulundurularak yapılan kuraklık analiz çalışmaları, son yıllarda daha da önem kazanmıştır. Topçu vd. (2010) tarafından, Türkiye'de gelecekteki kuraklık özelliklerinin olası değişiklikleri araştırılmıştır. Çalışmada, Türkiye genelindeki 52 istasyondan 1960-1990 dönemi yağış verileri kullanılarak elde edilen 2070-2100 yılları arasındaki gelecekteki yağış serileri, bölgesel bir iklim modeli (RegCM3) kullanılarak simüle edilmiş ve kuraklık indislerinin hesaplanmasında kullanılmıştır. Sonuçlar, ülkede kuraklık koşullarının çeşitlilik gösterdiğini ve şiddet, frekans ve süre açısından artan eğilimlerin tespit edildiğini göstermiştir [13]. Kim vd. (2014) tarafından, Kore'deki kuraklık tehlikesinin alansal dağılımındaki değişiklikler, SPI ile frekans analizi yapılarak incelenmiştir. Çalışmada 54 meteorolojik gözlem istasyonundan alınan geçmiş gözlem verileri (1976–2010) ile 4 küresel iklim modelinin öngörülen yağış verileri (2011–2099) kullanılmış ve haritalama

yöntemi uygulanarak seçilen istasyonlar için şiddet-süre-frekans (SDF) eğrileri elde edilmiştir. Analizlerin sonuçları, geçmişte sık kuraklık yaşanan Nakdong Nehri havzasındaki kuraklığın daha da şiddetleneceğini ve Han Nehri havzasında ise gelecekte daha ciddi kuraklıkların olacağını göstermiştir [14]. Dongwoo Jang (2018) tarafından, HadGEM3-RA iklim modelinin RCP8.5 senaryosu çerçevesinde ülkedeki 73 meteoroloji istasyonuna ait öngörülen 2011-2100 dönemi için yağış ve sıcaklık verileri ile SPI ve RDI yöntemlerine dayalı meteorolojik kuraklık analizi yapılmıştır. Çalışmada, SPI yöntemine göre gelecekte iklimin nemli olması beklenirken, potansiyel evapotranspirasyon (PET) değerlerini de dikkate alan RDI yöntemine göre ise kuraklık şiddeti değerlerinin kademeli olarak düşmesiyle kurak bir iklim öngörülmüştür. Ayrıca, meteorolojik kuraklık analizinde sıcaklık ve buharlaşmanın önemi vurgulanmıştır [15]. Danandeh Mehr vd. (2020) tarafından, 6 adet meteoroloji istasyonundan gözlemlenen ve tahmin edilen veriler kullanılarak Ankara'daki, mevcut (1970-2000) ve yakın gelecekteki (2016-2040) meteorolojik kuraklık olaylarının özelliklerini araştırmak için SPI ve SPEI (Standartlaştırılmış Yağış Evapotranspirasyon İndisi) yöntemleri bir analiz aracı olarak tercih edilmiştir. Çalışmada, HadGEM2-ES, MPI-ESMMR ve GFDL-ESM2M küresel iklim modellerinin bölgesel olarak küçültülmesinden elde edilen RCP4.5 ve RCP8.5 senaryolarının iklim projeksiyonları kullanılmıştır. Araştırmacılar, 1971-2000 yıllarını kapsayan referans döneminde 6 şiddetli ve 2 aşırı kurak durum yaşadığını göstermiş ve yakın gelecekteki 2016-2040 dönemi için daha az kuraklık olayının meydana geleceğini öngörmüşlerdir [6]. Seddiqe vd. (2023) tarafından, Marmara Bölgesi'ndeki Ayazma Nehir havzasında 2022-2100 dönemi için meteorolojik kuraklıkların zamansal özellikleri, 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde SPEI yöntemi ile araştırılmıştır. Bu amaçla çalışmada, en yüksek Z istatistik değerlerine sahip aylık CNRM-CM5/RCA4 (RCP8.5) yağış ve sıcaklık projeksiyonları seçilmiştir. Havzada, elde edilen SPEI değerlerine göre kuraklık şiddetinde ve süresinde yüzyılın ortasından sonra 6 aydan uzun sürelerde anlamlı bir artış olduğu belirlenmiştir [16]. Şeker (2024) tarafından, Türkiye'de Akdeniz bölgesi için gelecekteki kuraklık durumu incelenmiştir. Bu amaçla, CMIP6 kapsamında yayınlanan 22 farklı küresel dolaşım modelinin SSP2-4.5 ve SSP5-8.5 senaryolarına göre 2021-2100 yılları için aylık ortalama sıcaklık ve aylık toplam yağışların gelecek projeksiyonlarının çıktıları elde edilmiştir. Projeksiyon verileri kullanılarak, yağış ve sıcaklık değişimleri sonucunda kuraklık oluşumu, SPI ve SPEI yöntemleri aracılığı ile incelenmiştir. Sonuçlarda, her iki senaryoda da bölge yağışlarında azalmaları, sıcaklıklarda ise artışları göstermiştir [17].

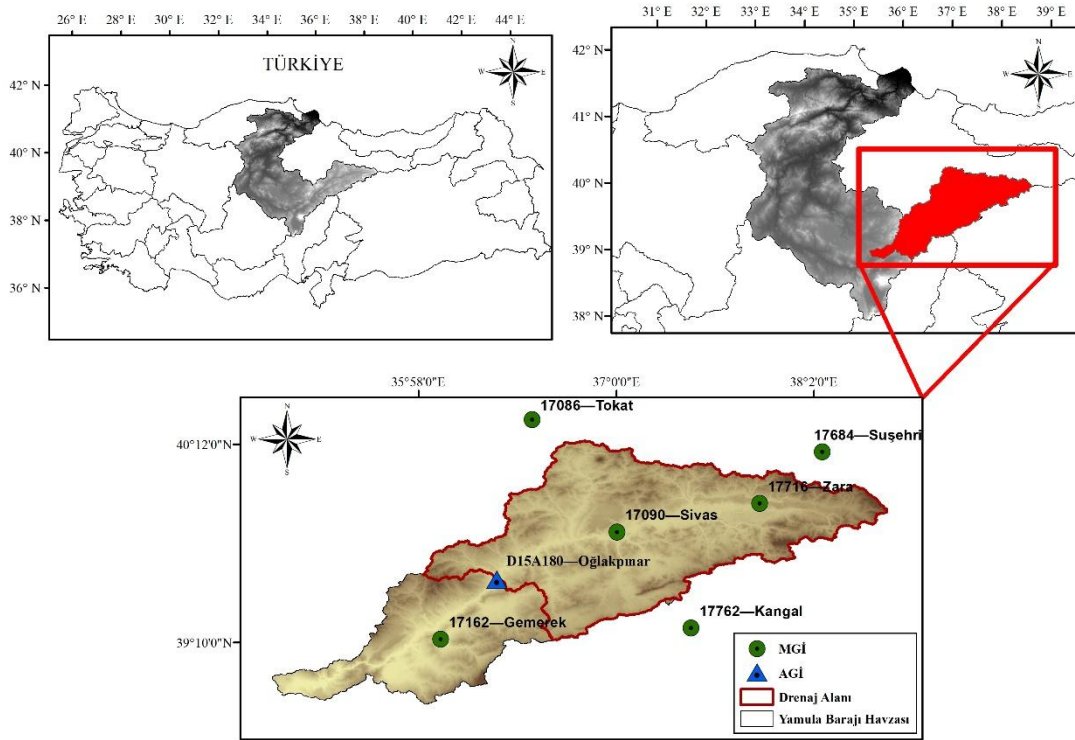
Çalışma kapsamında, Türkiye'nin yarı kurak iklim özelliklerine sahip Yamula Baraj havzasında yer alan Oğlakpınar Akım Gözlem İstasyonu'na (AGİ) ait drenaj alanında meteorolojik kuraklık olaylarının zamansal gelişimi ve kuraklık özellikleri (sıklık, şiddet, süre ve yoğunluğu) incelenmiştir. Öncelikle, havza içerisinden ve çevresinden seçilen 6 adet meteoroloji gözlem istasyonunun (MGİ), 1980-2005 veri aralığına sahip günlük toplam yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilmiştir. Elde edilen gözlem yağış verileri (1980-2005) kullanılarak CNRM-CM5/RCA4 bölgesel iklim modelinin en kötü durum senaryosuna (RCP 8.5) göre üretilmiş 2023-2100 gelecek zaman periyodundaki yağış verilerine SPI yöntemi uygulanmış ve farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9 ve 12 aylık) meteorolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, temsili konsantrasyon yollarına (RCP8.5) dayanarak, Oğlakpınar AGİ havzasında öngörülen meteorolojik kuraklık

koşullarını değerlendirmek ve elde edilen bulguların çalışma bölgesinde sürdürülebilir su kaynakları yönetimine katkı sağlamasıdır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Alanı

Yamula Baraj havzası, Türkiye'nin en önemli su kaynaklarından biri olan Kızılırmak Nehri'nin membasında yer almaktadır. Havza, Kızılırmak Havzası'nın bir alt havzasıdır ve toplam drenaj alanı 15,581 km²'dir. Yükseltinin 989 m ile 2,985 m arasında değiştiği havza yüksek bir topoğrafyaya sahiptir (Görsel 1). Yarı kurak iklim kuşağında yer almakta olan havzanın büyük bir bölümünde soğuk kışlar ve sıcak yazlar ile tipik kurak iklim hakimdir. Çalışma alanı olarak, Yamula Baraj havzası sınırları içinde yer alan D15A180-Oğlakpınar AGİ'sine ait drenaj alanı seçilmiştir. Seçilen çalışma alanı yaklaşık 11,186 km² olup, bu büyüklük Yamula Baraj havza alanının %72'sine karşılık gelmektedir (Görsel 1). Yükseltinin doğudan batıya doğru arttığı bölgede, çalışma alanının ortalama yükseltisi 2,080 m olup, yükselti değerleri 1,192 m ile 2,986 m aralığında değişmektedir. Çalışma alanında yıllık ortalama sıcaklık yaklaşık 9,08°C ve yıllık yağış yüksekliği 452,78 mm'dir. Çalışma alanının yaklaşık %44'ünü tarım alanları oluşturmaktadır.



Görsel 1. Seçilen çalışma alanı ve meteoroloji istasyonlarının dağılımı

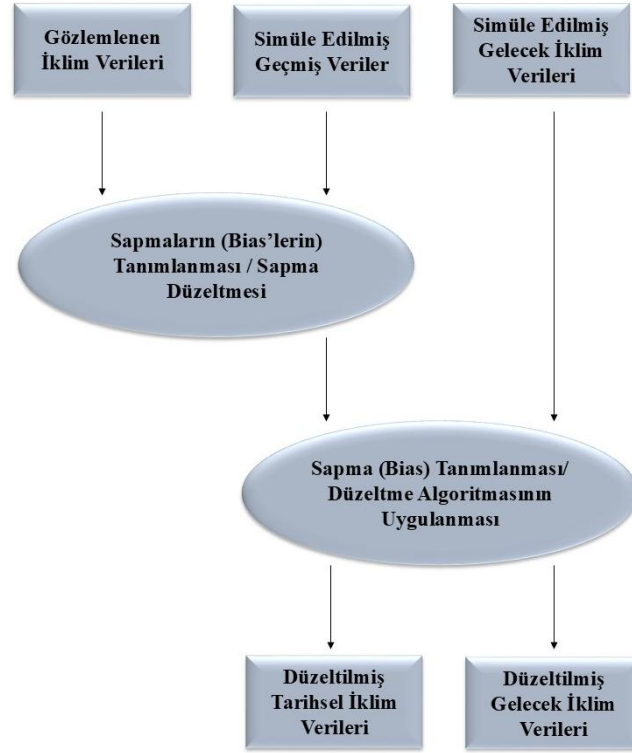
2.2. Meteorolojik Veriler

Gelecekteki sera gazı emisyonlarının nasıl değişeceğine dair varsayımlar kullanan GCM ve RCM'ler iklim koşullarını tahmin edebilmek için en sık başvurulan yöntemlerdir [10]. GCM'lerin düşük yatay çözünürlüğü nedeniyle genelde daha küçük ölçeklerde uygulanan modellerde bu verilerin doğrudan kullanılması yeterli olamamaktadır [18]. Bu nedenle GCM'lerin düşük yatay çözünürlüğüne alternatif bir iyileştirme olarak RCM kullanılabilir [19]. RCM'ler, GCM'lerden bazı uyumsuzlukların giderilmesi ile üretilir ve en yaygın kullanılan araç ise ölçek küçültme (downscaling) yöntemidir [18]. Bu çalışma kapsamında EURO-CORDEX verileri kullanılmıştır [20]. EURO-CORDEX, CORDEX yapısının Avrupa kısmıdır ve çoklu ölçeklendirme yöntemlerine dayanan iklim modelleri üretmektedir [21]. Bu çalışma, EURO-CORDEX simülasyonlarının uzun süreli deneylerden elde edilen ve 2100 yılına kadarki senaryoları içeren CMIP5 verilerini içermektedir. Bahsedilen senaryolar ise sera gazı konsantrasyonlarının nasıl değişeceğini ifade etmektedir.

Çalışma kapsamında, 2023-2100 yılları arasında CNRM-CM5/RCA4 bölgesel iklim modelinden alınan çıktılar ile RCP8.5 emisyon senaryosu kullanılmıştır (Çizelge 1). İklim verilerindeki yanlışlığın giderilmesi için Sapma (Bias) düzeltmesi yapılması amacıyla CMHyd (Climate Model data for hydrologic modeling) aracına başvurulmuş ve 1980-2005 yılları arasındaki geçmiş veriler kullanılmıştır. Oğlakpınar AGİ'sine ait drenaj alanı ve çevresinden seçilen 6 adet meteoroloji gözlem istasyonunun 1980-2005 yılları arasındaki günlük toplam yağış verileri ise MGM'den temin edilmiştir. CMHyd aracının çalışma şeması aşağıdaki görselde ifade edilmiştir (Görsel 2).

Çizelge 1. Yamula Barajı Havzası kullanılan meteoroloji gözlem istasyonlarının özellikleri

İstasyon No	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Enlem	Boylam	Gözlem Periyodu	RCP8.5 Senaryo Periyodu
17086	Tokat	611	40.33	36.56	1980-2005	2023-2100
17090	Sivas	1294	39.74	37.00	1980-2005	2023-2100
17162	Gemerek	1182	39.19	36.08	1980-2005	2023-2100
17684	Suşehri	1164	40.16	38.08	1980-2005	2023-2100
17716	Zara	1338	39.89	37.75	1980-2005	2023-2100
17762	Kangal	1521	39.24	37.39	1980-2005	2023-2100



Görsel 2. Sapma (Bias) Düzeltmesi çalışma şeması [22]

2.3. Standart Yağış İndisi (SPI)

Bu çalışmada, seçilen bölgede kuraklık değerlendirme SPI yöntemi kullanılarak yapılmıştır. SPI, farklı bölge iklimlerinde kuraklık olaylarını izlemek ve tanımlamak sebebiyle McKee ve arkadaşları tarafından tasarlanmıştır [8]. İndisin uygulanma adımlarında tek gerekli girdi değişkeni yağıştır ve bu da indisin hesaplama kolaylığını ortaya koymaktadır [23]. Dünya genelinde kullanılması WMO (Dünya Meteoroloji Örgütü) tarafından önerilen bu indeks yağış azlığını tespit ve takip etme olanağı sunmaktadır. İndisin hesaplama adımları Eşitlik 1'deki gibidir.

$$SPI = \frac{x_i - x_{ort}}{\sigma} \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Eşitlikteki formülde x_i ölçülen yağış verisini, x_{ort} yağış ortalamasını, σ ise standart sapmayı ifade etmektedir. SPI indeksi için aşırı nemlilikten aşırı kuraklığa kadar uzanan nemlilik ve kuraklık sınıflandırması aşağıdaki tabloda sunulmuştur [24–26].

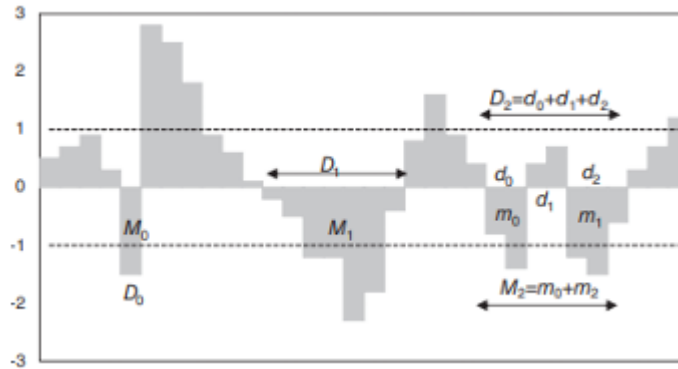
Çizelge 2. SPI metoduna göre indis değerleri ve sınıflandırılması

Sınıflandırma	SPI
Aşırı Nemli	≥ 2
Çok Nemli	1.5 ~ 1.99
Orta Nemli	1 ~ 1.49
Normale Yakın	-0.99 ~ 0.99
Orta Kurak	-1 ~ 1.49
Şiddetli Kurak	-1.5 ~ -1.99
Aşırı Kurak	≤ -2

2.4. Run Analizi (Gidişler Analizi)

Run Analizi, 1967 yılında Yevjevich tarafından geliştirilmiş, kuraklıkların süresini, şiddetini ve yoğunluğunu belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemde, Kuraklık süresi (D), negatif indis değerlerinin olduğu dönemleri gösterirken, kuraklık şiddeti (M), bu süre içerisinde hesaplanan indis değerlerinin toplamı olarak ifade edilir. Kuraklık yoğunluğu (I) ise şiddetin süreye oranı (M/D) şeklinde açıklanmıştır [27–29].

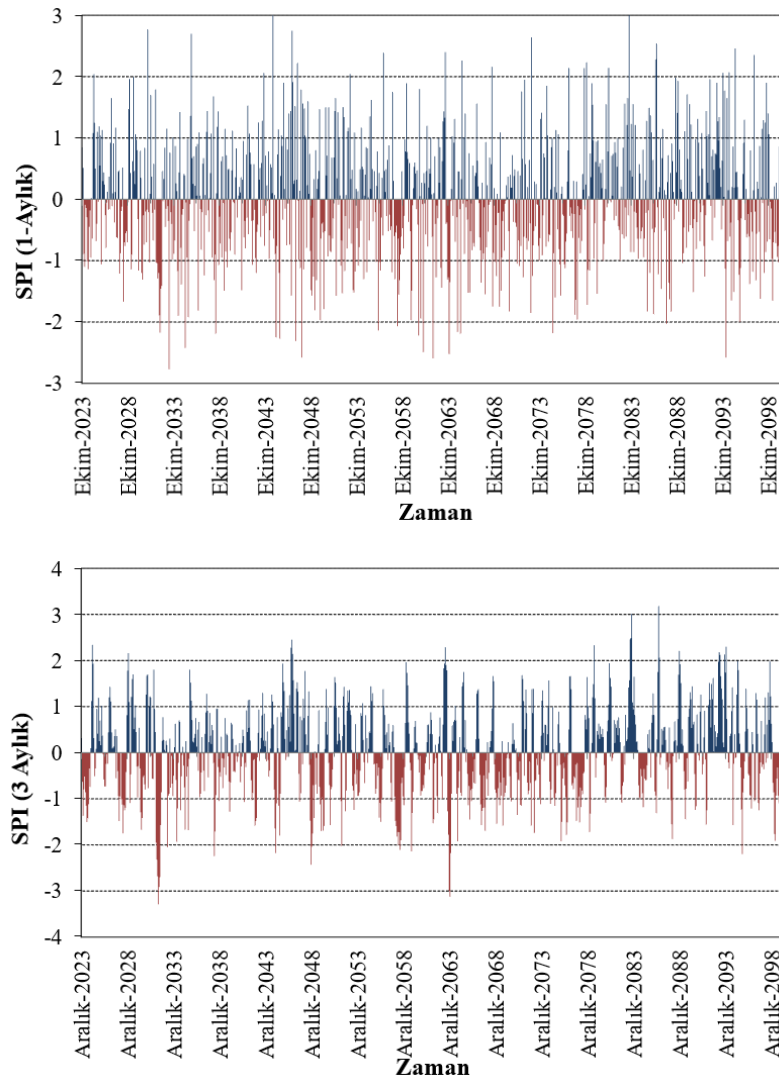
Görsel 3'te de görüldüğü gibi, bir kuraklık durumu negatif eşik değerinin altında tek bir ay boyunca D_0 ve M_0 şiddetinde devamlılığını sürdürebileceği gibi, birkaç ay süresince D_1 ve M_1 şiddetinde gerçekleşirse de tek bir kuraklık olayı olarak tanımlanır. İki kuraklık olayının arasındaki zaman 6 ay veya daha az ise bu durum da tek bir kuraklık olayı olarak değerlendirilebilir. Bu bağlamda, D_2 süresi d_0 , d_1 ve d_2 sürelerinin toplamı ile tespit edilirken, M_2 şiddeti m_0 ve m_1 şiddetlerinin toplamı ile hesaplanır. M_2 şiddeti ise m_0 ve m_1 şiddetlerinin toplamı üzerinden belirlenir [27–29].

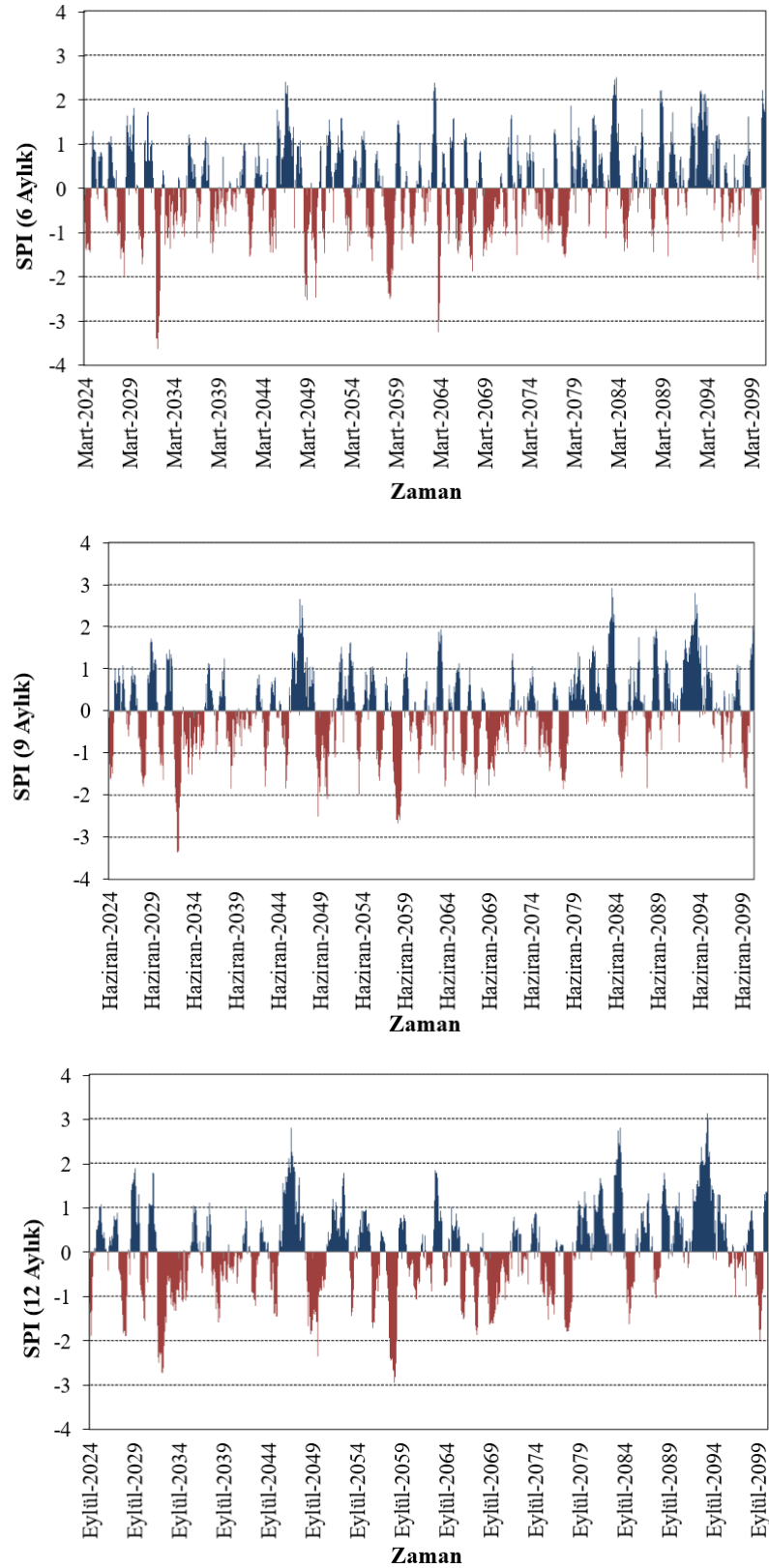


Görsel 3. Run analizi [30]

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Çalışmanın bu bölümünde, seçilen çalışma bölgesinde 2023-2100 yılları arasında ön görülen meteorolojik kuraklık olayları, 1, 3, 6, 9 ve 12 aylık zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın amacı, bu meteorolojik kuraklık olaylarının çeşitli zaman ölçeklerindeki gelişimini izlemek ve karakteristik (kuraklık sıklığı, süresi, şiddeti ve yoğunluğu) özelliklerini tanımlamaktır. Görsel 4'te kurak ve yağışlı dönemlerin farklı zaman ölçeklerinde hesaplanan zamansal değişimleri gösterilmektedir. SPI değerlerine göre, zaman ölçeğinin artmasıyla birlikte genel olarak kuraklık eğilimi daha belirgin hale gelmiş, kurak dönemlerin sıklığında azalma ve kuraklık sürelerinde ise nispeten artış gözlenmiştir.





Görsel 4. Seçilen çalışma alanında SPI'nın farklı zaman ölçeklerinde zamansal değişimleri

Çalışma alanında 2023–2100 yılları arasındaki öngörülen kurak dönemlere ait kuraklık süresi, kuraklık şiddeti ve kuraklık yoğunluğunu içeren meteorolojik kuraklık özellikleri 12 aylık zaman ölçeğinde Run teorisi kullanılarak belirlenmiş ve analiz sonuçlarına göre 20 farklı

kurak periyot elde edilmiştir. Bölgede öngörülen meteorolojik kuraklıklara ait periyotların özelliklerine ilişkin özet sonuçlar Çizelge 3'te sunulmaktadır. 12 aylık zaman ölçeğinde SPI analizinden elde edilen sonuçlar, öngörülen en uzun kuraklık süresinin Nisan 2067'den Ekim 2071'e kadar 55 ay olduğunu göstermiştir. Bu kurak periyot 42.38 şiddetinde ve 0.77 yoğunluğunda tespit edilmiştir. Çalışmada, öngörülen diğer en uzun kuraklık süresinin Nisan 2032'den Aralık 2035'e kadar toplam 45 ay olduğu dikkat çekmektedir. Bu kurak dönem, süre bakımından ikincil olsa da 53.92 şiddeti ve 1.20 yoğunluğu ile en şiddetli ve diğer döneme kıyasla daha yoğun bir kurak periyottur. Öngörülen en yoğun kurak dönem, Aralık 2057'den başlayarak Nisan 2059'a kadar süren 17 aylık dönemde 1,83 olarak hesaplanmış olup, en şiddetli kuraklık periyodu Nisan 2032 ile Aralık 2035 arasında süren 45 aylık süreçte gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, en yoğun ve en uzun süren kurak periyotlar orta vade (2051-2075) döneminde, en şiddetli kurak periyot ise yakın gelecek (2025-2050) döneminde tespit edilmiştir. Ayrıca Çizelge 3'ten de görüldüğü gibi uzak gelecek (2076-2100) periyodunda ise kurak periyotların sürelerinde ve şiddetlerinde zaman içerisinde bir azalma söz konudur.

Çizelge 3. SPI-12 için Yapılan Run analizi sonuçları

SPI-12					
No	Başlangıç	Bitiş	M	D (Ay)	I
1	2024/9	2025/2	6.40	6	1.07
2	2027/12	2028/12	14.79	13	1.14
3	2030/5	2031/3	9.25	11	0.84
4	2032/4	2035/12	53.92	45	1.20
5	2038/5	2040/3	16.00	23	0.70
6	2042/10	2043/9	7.49	12	0.62
7	2044/11	2045/11	10.54	13	0.81
8	2048/11	2051/3	31.78	29	1.10
9	2053/10	2054/5	6.17	8	0.77
10	2056/4	2057/3	11.89	12	0.99
11	2057/12	2059/4	31.06	17	1.83
12	2060/4	2061/10	10.30	19	0.54
13	2066/4	2066/11	9.72	8	1.22
14	2067/4	2071/10	42.38	55	0.77
15	2075/3	2076/11	18.51	21	0.88
16	2077/11	2078/10	17.88	12	1.49
17	2084/10	2085/11	11.63	14	0.83
18	2087/12	2088/9	6.24	10	0.62
19	2096/12	2097/2	1.76	3	0.59
20	2099/3	2100/3	3.1	3	1.03

Not: D: Kuraklık Süresi; M: Kuraklık Şiddeti; I_d: Kuraklık Yoğunluğu.

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin yarı kurak iklim özelliklerine sahip Yamula Baraj havzasında yer alan Oğlakpınar AGİ'sine ait drenaj alanında, öngörülen meteorolojik kuraklık olaylarının zamansal gelişimini ve kuraklık özelliklerini (sıklık, şiddet, yoğunluk ve süre) incelemek amacıyla, havza içerisinden ve çevresinden seçilen 6 adet meteoroloji gözlem istasyonuna ait 1980-2005 yılları arasındaki gözlem verileri kullanılarak CNRM-CM5/RCA4 bölgesel iklim modelinin en kötü durum senaryosuna (RCP 8.5) göre üretilen 2023-2100 zaman periyodundaki yağış verilerine SPI yöntemi uygulanmış ve farklı zaman ölçeklerinde (1, 3, 6, 9 ve 12 aylık) kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Farklı zaman ölçeklerinde elde edilen SPI değerlerine göre, kurak dönemlerin sıklığının kısa zaman ölçeklerinde nispeten yüksek olduğu ve zaman ölçeği arttıkça kurak dönemlerin sıklığının azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada, Run teorisi aracılığıyla 20 adet kurak periyot belirlenmiş ve kurak periyotların şiddetleri, yoğunlukları ve süreleri ile ilgili bulunan sonuçlar sunulmuştur. Elde edilen bulgulara göre, en yoğun ve en uzun süren kurak periyotlar orta vade (2051-2075) döneminde, en şiddetli kurak periyod ise yakın gelecek (2025-2050) döneminde tespit edilmiştir.

Gelecekteki kuraklık olaylarının doğru bir şekilde öngörülmesi, sürdürülebilir kalkınma stratejilerinin geliştirilmesinde, afet risklerinin azaltılmasında ve iklim değişikliğine adaptasyon politikalarının şekillendirilmesinde temel bir rol oynamaktadır. Bu çalışmanın, diğer havzalar ve bölgeler için örnek teşkil edebileceği ve iklim değişikliği araştırmalarına metodolojik katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] UNCCD. 1995. The United Nations Convention to Combat Desertification in those Countries Experiencing Serious Drought and/or Desertification, Particularly in Africa. Text with Annexes, United Nations Environment Programme (UNEP), Geneva. 1995.
- [2] Türkeş M. ORTA KIZILIRMAK BÖLÜMÜ GÜNEY KESİMİNİN (KAPADOKYA YÖRESİ) İKLİMİ VE ÇÖLLEŞMEDEN ETKİLENEBİLİRLİĞİ. vol. 14. 2005.
- [3] World Wide Fund for Nature. Drought Assessment Report. 2008.
- [4] Wilhite DA, Glantz MH. Understanding: the Drought Phenomenon: The Role of Definitions. *Water Int* 1985;10:111–20. <https://doi.org/10.1080/02508068508686328>.
- [5] Mishra AK, Singh VP. A review of drought concepts. *J Hydrol (Amst)* 2010;391:202–16. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.07.012>.
- [6] Danandeh Mehr A, Sorman AU, Kahya E, Hesami Afshar M. Climate change impacts on meteorological drought using SPI and SPEI: case study of Ankara, Turkey. *Hydrological Sciences Journal* 2020;65:254–68. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1691218>.
- [7] Tarım Ve TC, Bakanlığı O, Yönetimi SU, Müdürlüğü G, Ve T, Yönetimi K, et al. KURAKLIK YÖNETİMİ. n.d.
- [8] Mckee TB, Doesken NJ, Kleist J. THE RELATIONSHIP OF DROUGHT FREQUENCY AND DURATION TO TIME SCALES. 1993.
- [9] IPCC. IPCC, 2013. Climate change 2013: the physical science basis. In: Contribution of working group I to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge UK: Cambridge University Press. 2013.
- [10] De Girolamo AM, Bouraoui F, Buffagni A, Pappagallo G, Lo Porto A. Hydrology under climate change in a temporary river system: Potential impact on water balance and flow regime. *River Res Appl* 2017;33:1219–32. <https://doi.org/10.1002/rra.3165>.
- [11] Gebrechorkos SH, Hülsmann S, Bernhofer C. Changes in temperature and precipitation extremes in Ethiopia, Kenya, and Tanzania. *International Journal of Climatology* 2019;39:18–30. <https://doi.org/10.1002/joc.5777>.
- [12] Tan ML, Juneng L, Tangang FT, Samat N, Chan NW, Yusop Z, et al. SouthEast Asia HydrO-meteorological drought (SEA-HOT) framework: A case study in the Kelantan River Basin, Malaysia. *Atmos Res* 2020;246. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2020.105155>.
- [13] Topcu S, Sen B, Türkes M. Observed and projected changes in drought conditions of Turkey. n.d.
- [14] Kim CJ, Park MJ, Lee JH. Analysis of climate change impacts on the spatial and frequency patterns of drought using a potential drought hazard mapping approach. *International Journal of Climatology* 2014;34:61–80. <https://doi.org/10.1002/joc.3666>.
- [15] Jang D. Assessment of meteorological drought indices in Korea using RCP 8.5 scenario. *Water (Switzerland)* 2018;10. <https://doi.org/10.3390/w10030283>.

- [16] Seddiqe KH, Sediqi R, Yildiz O, Akturk G, Kostecki J, Gortych M. Effects of Climate Change on Streamflow in the Ayazma River Basin in the Marmara Region of Turkey. *Water (Switzerland)* 2023;15. <https://doi.org/10.3390/w15040763>.
- [17] DOKTORA TEZİ FARKLI İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SENARYOLARI ALTINDA AKDENİZ BÖLGESİNDEKİ KURAKLIĞIN DEĞERLENDİRİLMESİ Mehmet ŞEKER İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI ŞANLIURFA 2024. n.d.
- [18] Yang W, Andréasson J, Graham LP, Olsson J, Rosberg J, Wetterhall F. Distribution-based scaling to improve usability of regional climate model projections for hydrological climate change impacts studies. *Hydrology Research* 2010;41:211–29. <https://doi.org/10.2166/nh.2010.004>.
- [19] Lee M, Im E, Bae D. Impact of the spatial variability of daily precipitation on hydrological projections: A comparison of GCM- and RCM-driven cases in the Han River basin, Korea. *Hydrol Process* 2019;33:2240–57. <https://doi.org/10.1002/hyp.13469>.
- [20] <https://www.euro-cordex.net/> n.d.
- [21] EURO-CORDEX. (2022). EURO-Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment for the Euro-Mediterranean area . 2022.
- [22] Rathjens H, Bieger K, Srinivasan R, Chaubey I, Arnold JG. CMhyd User Manual Documentation for preparing simulated climate change data for hydrologic impact studies. 2016.
- [23] Sırdaş, S. (2002). Meteorolojik kuraklık modellemesi ve Türkiye uygulaması. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul. n.d.
- [24] Kassaye AY, Shao G, Wang X, Wu S. Quantification of drought severity change in Ethiopia during 1952–2017. *Environ Dev Sustain* 2021;23:5096–121. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00805-y>.
- [25] Li X, He B, Quan X, Liao Z, Bai X. Use of the standardized precipitation evapotranspiration index (SPEI) to characterize the drying trend in Southwest China from 1982-2012. *Remote Sens (Basel)* 2015;7:10917–37. <https://doi.org/10.3390/rs70810917>.
- [26] Salvacion AR. Mapping meteorological drought hazard in the Philippines using SPI and SPEI. *Spatial Information Research* 2021;29:949–60. <https://doi.org/10.1007/s41324-021-00402-9>.
- [27] Kumanlioglu AA. Characterizing meteorological and hydrological droughts: A case study of the Gediz River Basin, Turkey. *Meteorological Applications* 2020;27. <https://doi.org/10.1002/met.1857>.
- [28] Kumanlioglu AA. A new approach for characterization of meteorological and hydrological droughts: Cumulative standardized drought index (CSDI). *Physics and Chemistry of the Earth* 2023;131. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2023.103420>.
- [29] Yevjevich V, Ica Yevjevich V. AN OBJECTIVE APPROACH TO DEFINITIONS AND INVESTIGATIONS OF CONTINENTAL HYDROLOGIC DROUGHTS AN

OBJECTIVE APPROACH TO DEFINITIONS AND INVESTIGATIONS OF
CONTINENTAL HYDROLOGIC DROUGHTS. 1967.

- [30] Ablak E, Tuncer Uysal E, Kumanlioglu A. Farklı standartlaştırılmış indis yöntemleri ile Bartın ilinin meteorolojik kuraklıklarının analizi. Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi 2025;14:382–91. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1575949>.

USAGE OF LUCUMA POWDER AS SUGAR REPLACER IN REGULAR AND GLUTEN-FREE CAKES

Kübra AKTAŞ

Karamanoğlu Mehmetbey University, kubraaktas@kmu.edu.tr, 0000-0002-0197-0768

ABSTRACT

This study looked at the effect on product quality of using lucuma powder, which has recently been added to the category of natural sweeteners, as a sugar substitute in both regular and gluten-free cakes. For this purpose, some physical, chemical and sensorial properties were determined in cake samples with 0, 30 and 60% lucuma substitution. When the crust color values of the cake samples were examined, it was observed that the L^* and b^* values decreased with the addition of lucuma. However, there was no statistically significant difference between crust a^* values. For the crumb colour values, similar to the crust colour values, the L^* and b^* values decreased with the addition of lucuma, but unlike the crust colour values, the a^* values increased. As regards firmness, the samples without added lucuma showed the lowest values in both cakes. There was no statistically significant difference between the values for baking loss and cake yield in regular cakes. In gluten-free cakes, the baking loss was lowest in the sample with 60% lucuma, while the cake yield results were similar. The ash content of the samples increased regularly with the addition of lucuma and the protein content reached the highest value in the samples with 60% lucuma addition. Moisture and fat values of regular cakes were not significantly affected by the addition of lucuma. In gluten-free cakes, moisture and fat values were similar in the samples with 0% and 30% lucuma addition and the samples with 60% lucuma addition displayed higher values. When the overall acceptability scores are analysed, it was concluded that the use of lucuma as a sugar replacer in both types of cake was not suitable at a level of 60% and this level should not be higher than 30%.

Keywords: Firmness, gluten-free cake, lucuma, sugar replacer, sensory test

1. INTRODUCTION

Lucuma fruit belongs to the Sapotaceae family and grows mainly in Peru, but also in Chile, Ecuador, California (United States), Mexico, Bolivia and Costa Rica. This fruit is also known as ‘Gold of Incas’ because it was valued by the Incas. [1, 2]. It has ovoid shape, greenish yellow color (Figure 1), nice smell and intense sweet taste [3]. Due to its beneficial nutrients, lucuma is a good choice in healthy diets. It contains high amount of phenolic components and dietary fibre and because of the sweet taste of lucuma, it can be a natural alternative to sweeteners. It is conceivable that the low glycaemic index of lucuma may help stabilise blood sugar levels [4]. This caramel, butterscotch or maple-like distinctive flavour potential may render possible its use to flavour beverages, preserves, pudding, yoghurt, ice cream, cake and cookie fillings and other desserts [2, 5]. As lucuma fruit is physically perishable, it is usually commercially available as pulp and/or powder [1, 6]. García-Ríos

et al. [7] researched the chemical properties of two commercial Peruvian *Pouteria lucuma* varieties and reported that protein, ash, lipid, total dietary fiber and starch contents were 4.3/5.2 %, 2.10/2.51 %, 1.29/1.23 %, 24.2/24.2 % and 15.6/11.7 % respectively. On the other hand, Durakova et al. [4] determined that protein, ash and fat contents of lucuma flour were 3.83, 2.22 and 2.55% respectively. It is also a good source for betacarotene, niacin, and iron and it includes significant amounts of calcium and phosphorus.



Figure 1. Lucuma fruit and powder [2]

Lucuma is known to have anti-inflammatory, anti-aging, and skin-repair effects on human skin [8]. In the world, there is an increasing demand from consumers for food products based on natural, plant-based and healthy ingredients. Among the reasons for this situation; high nutritional value, low calorie ingredients, natural sweetness and the seeking for new flavours can be shown [9]. Cereal-based foods continue to be consumed worldwide as an important source of energy and nutrients in various forms such as baked goods, noodles and pasta, snack foods, cakes, breakfast cereals, etc. [10, 11]. In addition, for consumers who prefer gluten-free diet, the availability and variety of these mentioned products in the market in a gluten-free way increases the optionality in food choice.

Cakes are products that are usually consumed at every meal of the day, especially as breakfast or afternoon snacks [12]. The cake mix can be defined as an oil-water emulsion with a continuous aqueous phase in which dissolved or suspended dry components may be present [13]. The quality of the cake is related to the volume formed by the gas bubbles incorporated into the batter during mixing and crumb texture. In addition to this, cake batter viscosity and air-holding ability or gas bubble stability are very important in product formation. The gelatinisation temperature of starch is also another important factor influencing the volume. It has been reported in the literature that better dough expansion can be achieved with higher gelatinisation temperature [14, 11]. On the other hand, when gluten-free cake production was examined, it was seen that the factors affecting the quantity and quality of the product could be the grinding method of the grain, flour type, flour particle size, other ingredients in the cake batter and additives (e.g. fibre, gum, emulsifier) [11].

Cakes usually have a sweet flavour. This sweetness is usually provided by sugar in recipes. Many synthetic sweeteners have now been developed that can substitute for the sugar used in the formulation, but demand is undoubtedly concentrated on low-calorie natural sweeteners. This trend is caused by the harmful effects of heavy sugar consumption as well as the problems posed by artificial food additives. Furthermore, although many types of low calorie sweeteners are readily available, the food industry can only use a few of them due to safety concerns and technological issues. It should be pointed out that, in addition to sweetening, these sweeteners can affect properties such as colour, flavour, texture and shelf life of a product [15].

The present study aimed to investigate the effects of using lucuma, recently attributed as a natural sweetener, as a sugar replacer in both regular cakes and gluten-free cakes.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Materials

Wheat flour, rice flour, corn flour, corn starch, whole egg, granulated sugar, shortening, milk, skimmed milk powder, salt, vanillin and baking powder were purchased from commercial companies in Karaman, Türkiye. Guar gum was supplied from Kimbiotek Chemical Substances Inc., Istanbul, Türkiye. Lucuma powder was procured from İngro Food Marketing, Türkiye.

2.2. Cake production

The modified method of Satouf and Köten [16] was implemented for gluten-free cake production. The control gluten-free cake included 50g rice flour, 50g corn flour, 65g whole egg, 70g granulated sugar, 50g milk, 30g shortening, 6g baking powder, 3g vanillin and 1g guar gum (Table 1). Whole egg and sugar were whipped in a mixer (Kitchen-aid, Artisan Series, Greenville, USA) and the shortening and milk were added. Then the other components were integrated into the mix until a homogenous mixture. The fat-coated baking pans with $7.5 \times 6.5 \times 12$ cm dimensions were used for baking (Bosch HBT 112, Athens, Greece) for 30 min at 180 °C.

The regular cakes which composed of 100g wheat flour, 75g shortening, 75g granulated sugar, 75g whole egg, 5g skimmed milk powder, 0.5g salt, 4.5g baking powder and 10g corn starch (Table 1) were produced according to method of Çakır et al. [17]. Cake samples containing 0%, 30% and 60% lucuma powder as sugar replacement were referred as R0, R30, R60 for regular cakes and G0, G30, G60 for gluten-free cakes respectively.

Table 1. Formulations of control cake samples

	Gluten-free cake	Regular cake
Rice flour	50 g	-
Corn starch	-	10 g
White flour	-	100 g
Corn flour	50 g	-
Whole egg	65 g	75 g
Granulated sugar	70 g	75 g
Shortening	30 g	75 g
Milk	50 g	-
Skimmed milk powder	-	5 g
Salt	-	0.5 g
Vanillin	3 g	-
Baking powder	6 g	4.5 g
Guar gum	1 g	-

2.3. Color measurement

The color parameters; L^* , a^* , and b^* values determined with a Minolta CR300 (Minolta Inc., Tokyo, Japan). The measurements applied to both the crumb and crust of cake samples.

2.4. Physical analysis

Crumb firmness values of cake samples sized $2 \times 2 \times 2$ cm were obtained using a texture analyzer (TA-XT.Plus, Stable Micro Systems, Godalming, UK) with an aluminum P36/R cylinder probe. The tests were conducted under the following conditions: strain deformation 25%; pre-test speed 1.0 mm/s; test speed 1.0 mm/s; and post-test speed 10.0 mm/s.

The baking loss value was calculated using the weight of the cake mixture (dough) and the weight of the cake after baking, and the results were expressed as a percentage.

The weights of the cakes were weighed 1 hour after they were removed from the oven. Cake yield was calculated by dividing the measured cake weight by the initial dough weight and multiplying by 100.

2.5. Proximate composition

The moisture, ash, protein and fat contents were determined according to the methods explained by American Association of Cereal Chemists, with method numbers 44-19, 08-01, 46-12 and 30-25 respectively [18].

2.6. Sensory properties

The sensory evaluation of cake samples with lucuma powder was carried out by a trained panel of seven members. Samples encoded with three-digit numbers were presented in random order to each panellist individually on the same day. The samples were scored in terms of taste, odour, crumb color, crust color, texture, pore structure and overall acceptability by using a 7-point hedonic scale (1: extremely bad, 2: very bad, 3: poor, 4: average, 5: good, 6: very good and 7: extremely good). Ethical committee approval was received from the Karamanoğlu Mehmetbey University, Science and Engineering Scientific Research and Publication Ethics Committee in accordance with the decision dated 12.06.2024 and numbered 5/14.

2.7. Statistical analysis

All data deducted from the experiments were statistically evaluated with one-way analysis of variance (ANOVA) using SPSS 20 statistical program (Version 22.0. Armonk, NY: IBM Corp). Duncan's multiple comparison test was used to compare the means. The significance level was taken as 5% in all mean comparisons. The experiments were carried out with two replications.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

3.1. Color properties

The color properties of cake samples were shown in Table 2. Lucuma powder usage in different cake formulations didn't significantly affect crust a^* values. However, it is seen that L^* and b^* values were statistically affected. The highest L^* and b^* values in both regular and gluten-free cakes belonged to samples without lucuma powder. On the other hand, the crust L^* and b^* color values of the samples containing 30 and 60% lucuma were close to each other. The crust L^* , a^* , and b^* values of regular and gluten-free cakes varied between 36.97-46.38/40.15-48.05, 15.07-16.58/14.80-16.87 and 23.04-33.30/25.29-35.02, respectively.

Unlike the crust color, the crumb a^* values were affected by the addition of lucuma. The lowest crumb a^* values were obtained as 0.15 and -2.57 in R0 and G0 samples respectively. Besides, similar to the crust color values, it was seen that the highest crumb L^* and b^* values were obtained in the control samples and the crumb L^* and b^* values of the samples with lucuma were close to each other. To summarise, the substitution of lucuma powder resulted in cakes with less bright and yellow color. The less bright and darker color of lucuma compared to sugar may be reflected in the product (L^* , a^* and b^* values of lucuma powder; 75.61, 4.64 and 19.42 respectively).

Table 2. Color properties of regular and gluten-free cake samples

	L^*	a^*	b^*
	Crust color		
R0	46.38±1.07a	15.10±0.95a	33.30±1.92a
R30	39.25±1.61b	15.07±0.35a	24.89±1.48b
R60	36.97±1.74b	16.58±0.06a	23.04±1.86b
G0	48.05±0.75a	14.80±1.11a	35.02±1.25a
G30	43.93±2.66ab	15.96±2.74a	27.24±0.57b
G60	40.15±0.75b	16.87±0.03a	25.29±0.49b
	Crumb color		
R0	60.38±0.89a	0.15±0.64b	26.71±0.08a
R30	45.86±2.14b	9.98±0.50a	20.37±0.47b
R60	41.68±1.76b	11.80±0.01a	19.37±0.28b
G0	57.51±0.81a	-2.57±0.26c	24.54±1.70a
G30	43.59±1.04b	10.13±0.33b	16.96±0.66b
G60	42.34±1.69b	11.42±0.03a	14.38±1.34b

(R:Regular cake sample G:Gluten-free cake sample) Different letters in the same column indicate that there is a statistical difference between the values ($p<0.05$).

3.2. Physical properties

The values for the firmness analysis conducted on fresh samples were given in Figure 2. The control of regular cakes had lower firmness values (1344.44 g) than others and firmness values of the regular cake samples with lucuma powder were found to be statistically similar to each other (1903.53 g and 2092.39 g for R30 and R60) ($p>0.05$). Lucuma powder addition increased the firmness values at both usage rates in gluten-free cakes and the results were determined as 1573.59 g, 2066.43 g, 2867.62 g for G0, G30 and G60 respectively. This result may be associated with the high fiber content of lucuma powder. Thanks to the high water binding capacity of the fibers, more density, less volume and a firmer structure are formed in products such as cakes etc. and some studies have revealed results confirming this thought [19].

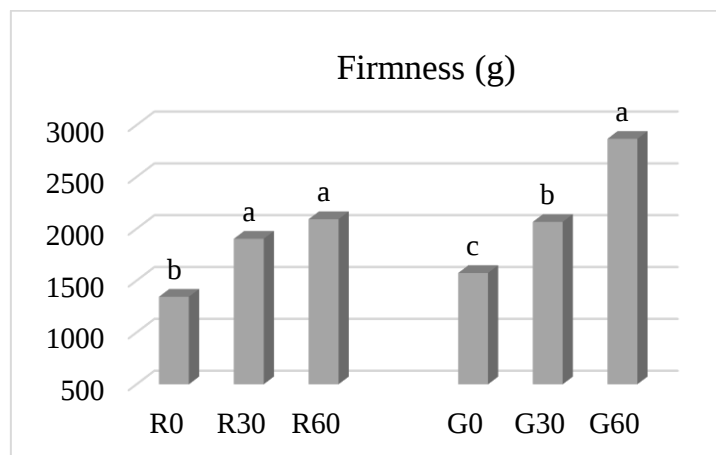


Figure 2. Firmness values of cake samples (R:Regular cake sample G:Gluten-free cake sample)
Averages defined with the same letter are not statistically different from each other ($p<0.05$).

The baking loss and cake yield results were displayed in Figure 3. There was no statistically significant difference between the baking loss results in regular cakes and the results were as follows; 9.96%, 9.32%, and 8.78%, respectively. On the other hand, the lowest baking loss value of gluten-free cakes was determined in samples with 60% lucuma added (8.10%). No statistically significant difference was determined between the baking loss values in gluten-free cakes with 0% and 30% lucuma addition (8.72%-8.67%).

If we consider the cake yield results, it can be said that the results are very close to each other in both regular cakes and gluten-free cakes and there is no statistically significant difference between them.

Baking loss occurs when water is removed during cooking. It causes structural changes in the cake and shortens shelf life. In the present study, since the fibres contained in the structure of lucuma powder increase the water binding capacity, the water evaporation in the lucuma added samples decreased and this situation became more visible in gluten-free cakes which are more starchy. But the differences in the water binding capacity of these samples did not cause a significant difference in cake yield. Some studies supported these considerations regarding the behaviour of dietary fibres included in the cake formulation [20, 21].

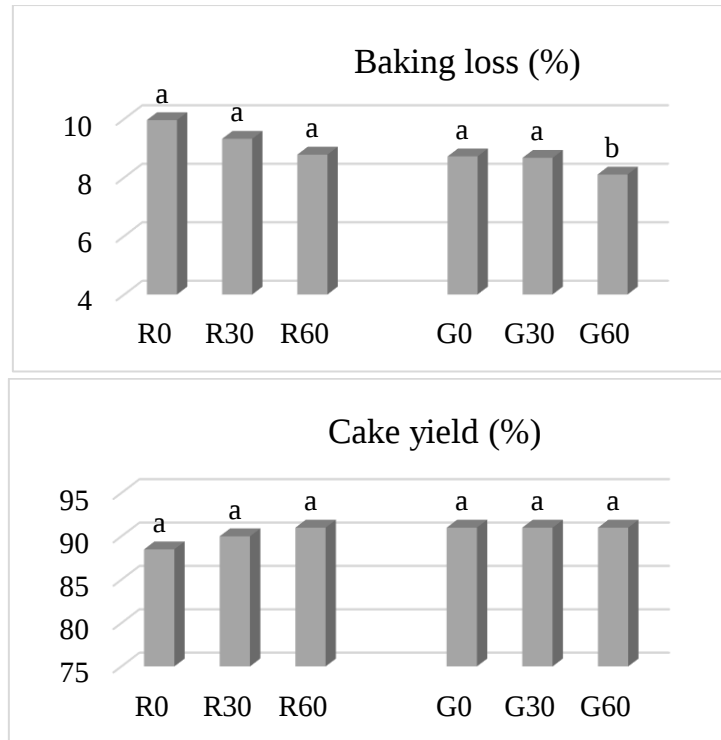


Figure 3. Baking loss and cake yield of cake samples (R:Regular cake sample G:Gluten-free cake sample)
Averages defined with the same letter are not statistically different from each other ($p < 0.05$).

3.3 Proximate composition

The chemical composition of cake samples were given in Table 3. Increasing doses of lucuma powder increased the moisture content in both cake types, but this increase was not statistically significant in regular cakes. In gluten-free cakes, the moisture content of 30% lucuma added cake and control cake were not statistically different and the highest moisture content was obtained with 60% lucuma. When the ash samples were investigated, it was found that lucuma powder significantly increased the ash content in all samples. While the ash contents for R0, R30 and R60 were 1.71%, 1.84% and 1.93% respectively, these values were 1.92%, 2.19% and 2.52% for gluten-free cakes. The protein contents of samples were affected with lucuma addition. Especially 60% lucuma added samples had the highest protein content. These highest values were 6.83% and 5.00% for regular and gluten-free cake samples respectively. But there was no statistical difference between protein values of control and 30% lucuma added samples. The fat content increased slightly with the addition of lucuma. However, there was no statistical difference between the results obtained with regular cakes (21.67-22.52%). On the other hand, the lowest fat value in gluten-free cakes was found in the sample without the addition of lucuma (13.64%).

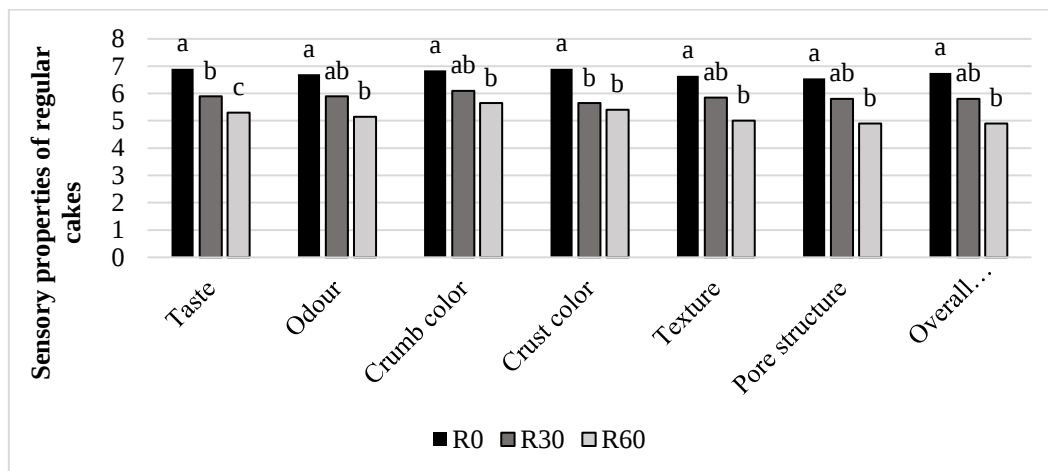
Table 3. Proximate composition of regular and gluten-free cake samples

	Moisture(%)	Ash(%)	Protein(%)	Fat(%)
R0	17.91±0.26a	1.71±0.02c	5.19±0.23b	21.67±1.15a
R30	18.71±0.57a	1.84±0.02b	5.84±0.12b	22.52±0.64a
R60	19.64±0.58a	1.93±0.01a	6.83±0.16a	23.40±0.69a
G0	23.77±0.98b	1.92±0.01c	3.69±0.32b	13.64±0.32b
G30	25.09±0.44b	2.19±0.01b	4.14±0.24b	14.45±0.39ab
G60	28.05±0.16a	2.52±0.04a	5.00±0.16a	15.25±0.42a

(R:Regular cake sample G:Gluten-free cake sample) Different letters in the same column indicate that there is a statistical difference between the values ($p<0.05$).

3.4 Sensory properties

The sensory properties of regular and gluten-free cakes were presented in Figure 4. Samples with 60% lucuma powder were the least liked in terms of taste and odour in both cake types. In terms of crust and crumb color scoring, control samples were found to have the highest scores. Addition of lucuma powder caused a decrease in texture scores in different cake samples. While no statistically significant difference was observed between gluten-free cakes in the scoring for pore structure, samples with 60% lucuma received the lowest scores in regular cakes. When we examined the overall acceptability scores, it was concluded that the addition of lucuma powder at a rate of 60% decreased the liking and that it should not be used at a rate of more than 30%.



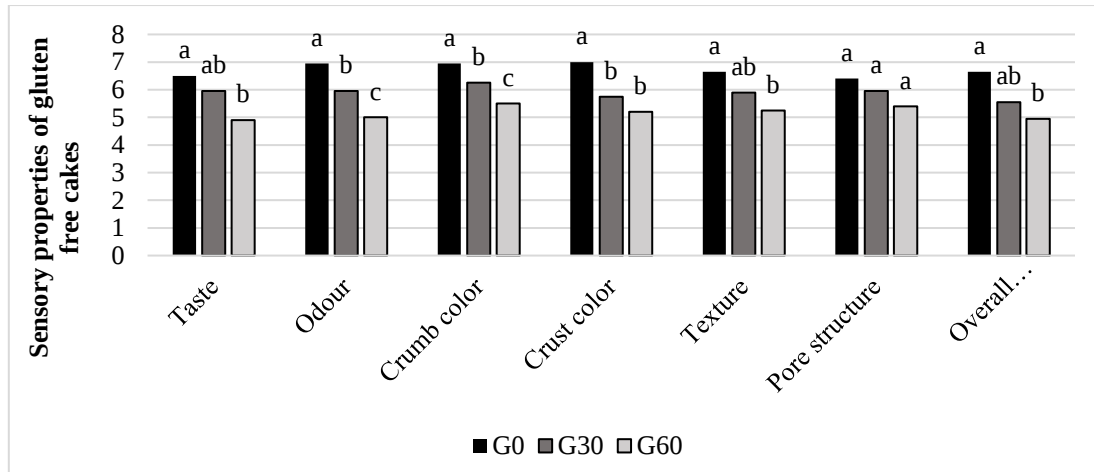


Figure 4. Sensory properties of cake samples

Averages defined with the same letter are not statistically different from each other ($p < 0.05$).

4. CONCLUSION

The results indicated that lucuma powder can be a good alternative source for replacing sugar in both regular and gluten-free cakes formulations. However the used addition levels should be taken into consideration. The usage at 60% level of lucuma powder increased the moisture, ash, protein and fat contents, a^* crumb color and decreased baking loss in the gluten-free cakes. Besides a firmer structure was obtained with 60% lucuma powder. On the other hand in regular cake samples, the results at 30% and 60% substitution levels for color and firmness were close to each other. When we examined the sensory scores, lucuma powder at 60% level did not generally enhance the sensory attributes of cakes. The control samples were found to be more preferable. As a conclusion, it can be said that the addition of lucuma powder at a rate of 60% decreased the liking and that it should not be used at a rate of more than 30%.

REFERENCES

- [1] Singh, G., *Sensory and consumer evaluation of lucuma powder as an ingredient for ice cream in the United States*, Master's thesis, Kansas State University, USA, 2022.
- [2] Kahler, E., *The effect of natural alternative sweeteners lucuma, yacon, and monk fruit on the growth of probiotic lactic acid bacteria*, Master's thesis, Abertay University. UK, 2020.
- [3] Maza-De la Quintana, R. and Paucar-Menacho, L., Lucuma (*Pouteria lucuma*): composition, bioactive components, antioxidant activity, uses and beneficial properties for health, *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 135 – 142, 2020.
- [4] Durakova, A., Gogova, T., Vladeva, S., Vasileva, A., Slavov, A., Yanakieva, V. and Temelkova, M., Biscuits with flour of lucuma, spelt and carob for prophylactic and dietary nutrition, *Journal of Hygienic Engineering & Design*, 37, 2021.

- [5] Ma, J., Yang, H., Basile, M. J. and Kennelly, E. J., Analysis of polyphenolic antioxidants from the fruits of three *Pouteria* species by selected ion monitoring liquid chromatography–mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(19), 5873-5878, 2004.
- [6] Yahia, E. M. and Gutiérrez-Orozco, F., *Lucuma* (*Pouteria lucuma*) (Ruiz and Pav) Kuntze). In E. M. Yahia (Ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits* (Vol. 3, pp. 443–449). Woodhead Publishing Limited, 2011.
- [7] García-Ríos, D., Aguilar-Galvez, A., Chirinos, R., Pedreschi, R. and Campos, D., Relevant physicochemical properties and metabolites with functional properties of two commercial varieties of Peruvian *Pouteria lucuma*, *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(6), e14479, 2020.
- [8] Mukta, N., Sunita, M. and Aparna, S., Different types of super food product its sensory evaluation storage and packaging, *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovation in Technology*, 3(6), 812-820, 2017.
- [9] Singh, G., Kumar, R. and Talavera, M. J., Consumer acceptance of novel lucuma fruit ice cream in the US Market, *Foods*, 13(19), 3055. 2024.
- [10] Tebben, L., Shen, Y. and Li, Y., Improvers and functional ingredients in whole wheat bread: A review of their effects on dough properties and bread quality, *Trends in Food Science & Technology*, 81, 10–24, 2018.
- [11] Xu, J., Zhang, Y., Wang, W. and Li, Y., Advanced properties of gluten-free cookies, cakes, and crackers: a review, *Trends in Food Science & Technology*, 103, 200-213. 2020.
- [12] Tsatsaragkou, K., Papantoniou, M. and Mandala, I., Rheological, physical, and sensory attributes of gluten-free rice cakes containing resistant starch, *Journal of Food Science*, 80(2), E341–E348, 2015.
- [13] Ronda, F., Oliete, B., G´omez, M., Caballero, P. A. and Pando, V., Rheological study of layer cake batters made with soybean protein isolate and different starch sources, *Journal of Food Engineering*, 102(3), 272–277, 2011.
- [14] Gularte, M. A., de la Hera, E., G´omez, M. and Rosell, C. M., Effect of different fibers on batter and gluten-free layer cake properties. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie-Food Science and Technology*, 48(2), 209–214, 2012.
- [15] Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F. and Raposo, A., Natural sweeteners: The relevance of food naturalness for consumers, food security aspects, sustainability and

health impacts, International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(17), 6285, 2020.

- [16] Satouf, M. and Köten, M., Usability of chia (*Salvia hispanica* L.) flour in production of rice and corn flour based gluten-free cupcake, Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 11(5), 897-904, 2023.
- [17] Çakır, N., Bilgiçli, N. and Yaver, E., Impact of xylanase-treated wheat milling by-products on the physical and chemical properties of cakes, Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(15), 6331-6337, 2021.
- [18] AACC, Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN, US, 1990.
- [19] Milner, L., Kerry, J. P., O'Sullivan, M. G. and Gallagher, E., Physical, textural and sensory characteristics of reduced sucrose cakes, incorporated with clean-label sugar-replacing alternative ingredients, Innovative Food Science & Emerging Technologies, 59, 102235, 2020.
- [20] Ateş, G. and Elmacı, Y., Coffee silverskin as fat replacer in cake formulations and its effect on physical, chemical and sensory attributes of cakes, LWT, 90, 519-525, 2018.
- [21] Kim, J. H., Lee, H. J., Lee, H. S., Lim, E. J., Imm, J. Y. And Suh, H. J., Physical and sensory characteristics of fibre-enriched sponge cakes made with *Opuntia humifusa*, LWT, 47(2), 478-484, 2012.

İŞLETMELER İÇİN KURYE VERİMLİLİK SİMÜLASYONU

Adem ÖRPEK

Maltepe Üniversitesi, orpekadem34@gmail.com - 0009-0004-5040-1600

Prof. Dr. Emin Murat ESİN

Maltepe Üniversitesi, muratesin@maltepe.edu.tr - 0000-0001-7697-3579

ÖZET

Son yıllarda e-ticaretin hızlı gelişmesi nedeniyle insanların online platformlardan sipariş verme oranı gittikçe artış göstermektedir. Bu taleplerin teslimatlarının karşılanması ve müşteri memnuniyetinin yüksek tutulması için teslimatın en hızlı ve verimli şekilde yapılması gerekmektedir. Bunu sağlamak için kurye sayısını arttırmak bir çözümdür. Ancak bu yapılırsa kurye sabit giderleri artacağından işletme kârlılığının korunması zorlaşacaktır.

Optimal bir çözümün bulunabilmesi, farklı senaryolarla toplam teslimat süresi, kurye verimliliği ve işletme kazançları üzerindeki etkilerini gösterecek bir simülasyon ile mümkün olabilir.

Bu çalışmada amaca uygun bir simülatör tasarımı ve yazılımı gerçekleştirilmiştir.

Simülatör; sistem parametrelerine sezgisel yahut istatistiksel olarak bilinen aralıklarda üretilmiş değerler vererek sonuçları değerlendirebilmemizi sağlar. Bu değer girişleri bir kullanıcı arayüzünden sağlanmaktadır. Sonuçta simülasyon farklı işletme tipleri için siparişin hazırlanması ve kurye tarafından iletilmesi için gerekli süreleri için kuyruk simülasyonu yaparak teslimat durumunu, müşteri memnuniyetini ve net kazanç gibi bilgileri elde etmiş olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kurye Simülasyonu, Stokastik Sistemler, Kuyruk Simülasyonu

1. GİRİŞ

Günümüzde zamanın kıymeti oldukça fazladır. İş yerlerinde, okullarda, evlerde ve birçok farklı yerde zamandan tasarruf için tüketiciler işletmelerden siparişler vermektedir. Tüketicilerin bu denli artan sipariş talebine istinaden işletmelerin de teslimat süreçlerini çok iyi yönetmesi gerekmektedir. Bu kapsamda daha hızlı, verimli ve maliyet etkin çözümler geliştirmelidir. Bu bağlamda, kurye verimliliği ve teslimat süreçlerinin optimizasyonu, lojistik maliyetleri düşürmek ve müşteri memnuniyetini artırmak için kritik bir faktör haline gelmiştir.

Sipariş teslimatı süreçlerinde karşılaşılan en büyük zorluklardan biri, siparişlerin zamanında teslim edilememesidir. Teslimat sürelerinin uzaması, müşteri memnuniyetsizliğine ve yüksek iade oranlarına yol açarken, önlem olarak kurye sayısının artırılması işletmenin maliyetlerini yükseltecektir. Ayrıca teslimatta sorun yaşayan tüketici bir sonraki siparişi için sorun yaşadığı işletmeyi tercih etmeyebilir. Bu durumda da işletme müşteri kaybı yaşayarak gelirinin daha da düşmesi riski ile karşı karşıya kalacaktır.

İşletmelerin aktif hizmette olduğu dönemde en optimal kurye sayısını belirlemesi çok olanaklı olmayabilir. Bu simülasyon çalışmasında farklı parametrelerin etkilerini simüle ederek, kurye verimliliği ve sipariş teslimat sürelerinin optimizasyonuna dair bilgi sunmaktır. Bu bilgiler işletme sahipleri için yol gösterici ve yönlendiricidir.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Literatür incelendiğinde, kurye hizmetleri ve lojistik sistemlerindeki stokastik modelleme ve simülasyon konularında çeşitli önemli çalışmalarla karşılaşılmaktadır.

Yan, Lin ve Lai (2013) çalışmalarında stokastik sistem modellemesi kullanarak, kurye rotalama ve zamanlama problemlerine yaklaşmaktadırlar. Seyahat süreleri ve taleplerin belirsiz olduğu durumları göz önünde bulundurarak, bu belirsizliklerin lojistik süreçler üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. Yazarlar, stokastik faktörlerin entegrasyonu ile kurye sistemlerinde rotalama ve zamanlamayı optimize etmeyi amaçlamakta, gerçek zamanlı ayarlamalar ile operasyonel verimliliği artırmayı hedeflemektedirler. Bu modelleme yaklaşımı, daha esnek ve dinamik bir rotalama süreci sunarken, aynı zamanda maliyetleri azaltarak müşteri memnuniyetini artırmaya yönelik çözümler önermektedirler [1].

Pereira ve Rodrigues (2011), kurye hizmetlerinde teslimat zaman dilimlerinin atanmasını ele alan stokastik programlama modeli önermektedirler. Çalışma, teslimat sürelerinin belirsizlik içerdiği ve bu belirsizliğin karar alma süreçlerini etkilediği senaryolar üzerinde yoğunlaşmaktadır. Yazarlar, teslimat süreçlerinin optimizasyonunu sağlarken hem müşteri memnuniyetini artırmayı hem de lojistik maliyetleri minimize etmeyi amaçlamaktadır. Model, teslimat zaman dilimlerinin uygun bir şekilde atanmasını sağlayarak, lojistik operasyonların verimliliğini artırmak için stokastik yöntemleri kullanır [2].

Georgiadis ve Vlachos (2014), kurye hizmetlerinde stokastik modelleme ve simülasyon kullanımına dair derinlemesine bir analiz sunmaktadır. Çalışma, belirsiz taleplerin ve yol koşullarının kurye sistemleri üzerindeki etkilerini dikkate alarak, bu belirsizliklerin yönetilmesinin önemine vurgu yapmaktadır. Yazarlar, stokastik modeller ve simülasyon teknikleri kullanarak, kurye rotalama problemlerine yönelik yenilikçi çözüm yaklaşımları geliştirmekte ve operasyonel verimliliği artırmaya yönelik pratik çözümler önermektedirler. Bu çalışma, kurye hizmetlerinde esneklik ve verimlilik sağlamak için stokastik faktörlerin nasıl etkili bir şekilde modelleme ve simülasyon yoluyla ele alınabileceğini göstermektedir [3].

Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000), tarafından kaleme alınan Simulation Modeling and Analysis kitabı, simülasyon modellemesinin temel prensiplerini ve çeşitli uygulama tekniklerini kapsamlı bir şekilde incelemektedir. Kitap, simülasyonun teorik temellerinden başlayarak pratikteki kullanımlarına kadar geniş bir yelpazede bilgi sunar ve özellikle mühendislik, lojistik, üretim sistemleri ile hizmet sektöründeki uygulamalara dair derinlemesine bir anlayış kazandırır [4].

Bu alandaki literatür çalışmaları, belirsiz seyahat süreleri, değişken talepler ve yol koşulları gibi stokastik faktörlerin etkilerini göz önünde bulundurarak, kurye rotalama ve zamanlama problemlerine yönelik yenilikçi çözüm yaklaşımları geliştirmektedir. Stokastik programlama, simülasyon teknikleri gibi farklı analitik yaklaşımlar, kurye hizmetlerinin operasyonel verimliliğini artırmak ve maliyetleri minimize etmek amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca, bu çalışmalar, gerçek zamanlı ayarlamalar ve dinamik karar alma süreçlerinin uygulanabilirliğini tartışarak, kurye hizmetlerinde daha esnek ve etkin bir yapı oluşturulmasına katkı sağlamaktadır.

3. YÖNTEM

Bu çalışmanın amacı, bir işletmenin belirli çalışma saatleri içinde alınan siparişlerin alım, hazırlık ve teslimat süreçlerini modellemek ve simüle etmektir. Çalışmada, farklı kurye sayılarının sistem üzerindeki etkisi çeşitli senaryolar aracılığıyla analiz edilecektir. Bu analiz, işletmenin kurye sayısını optimal bir şekilde belirlemeyi ve kaynak kullanımını daha verimli hale getirmeyi hedeflemektedir. Yapılacak simülasyon, işletmenin operasyonel verimliliğini artırmayı ve finansal performansını iyileştirmeyi amaçlayan bir yaklaşım sunmaktadır.

Simülasyona ait parametre ve genel bilgileri aşağıdaki gibidir:

1. İşletmenin günlük çalışma saatleri: 09:00-18:00 (540 dakika)'dır.
2. Siparişlerin geliş zamanı, ortalama 10 ± 5 dakika aralığında rastgele dağılacaktır.
3. Siparişlerin hazırlanma süresi ortalama 15 ± 5 dakika olacak şekilde modellenmiştir
4. Teslimat süresi ortalama 15 ± 10 dakika x2 (geri dönüş süresi ile) belirlenmiştir.
5. Sipariş tutarları 300 TL $\pm$ 100 TL arasında rastgele değerler alacaktır.
6. Simülasyonda, farklı kurye sayılarının etkilerini gözlemlemek için kurye sayısı, kullanıcı tarafından belirlenecektir.
7. Her bir sipariş için kurye maliyeti, sipariş tutarının %20'si olarak kabul edilecektir.
8. Bekleme süresi 10 dakikayı aşan müşterilerin ödedikleri ücret iade edilecektir.

Bu simülâtörün gerçekleştirilmesi için HTML kullanılarak sistem parametrelerin kullanıcıdan alınmasını sağlayan bir form tasarlanmıştır. Simülasyonun algoritması ve rastgele sayı üretimi işlemleri için program JavaScript ortamında yazılmıştır.

Simülasyonu başlatmak için, Görsel 1'de sunulan sistem parametrelerinin kullanıcı tarafından girilmesi ve Simülasyonu Başlat butonuna tıklaması gerekmektedir. "Simülasyonu Başlat" butonuna tıklandığında, sistem tarafından belirtilen parametreler ile simülasyon işlemleri gerçekleştirilmekte ve sonuçlar hesaplanarak kullanıcıya gösterilmektedir. Burada kullanıcının belirlediği kurye sayısı için $n-1$, n ve $n+1$ olacak şekilde 3 kurye sayısı için hesaplama sağlanmaktadır.

Simülasyon Parametreleri

Kurye Sayısı :

Sipariş Geliş Süresi (dk) : $\pm$

Hazırlık Süresi (dk) : $\pm$

Teslimat Süresi (dk) : $\pm$

Sipariş Tutarı (TL): $\pm$

Simülasyonu Başlat

Görsel 1. Simülasyonun Parametre Değer Giriş Ekranı

Simülasyon sonuçlarının özet gösterimi için, Görsel 2'deki gibi bir sonuç ekranı tasarlanmıştır. Bu ekran, farklı kurye sayıları ile simüle edilerek oluşturulan verileri özet şekilde kullanıcıya listelemektedir.

Sonuçlar

1 Kurye İçin Sonuçlar

Toplam Sipariş	Teslim Edilen Sipariş	Kuyrukta Geçirilen Süre	Toplam Kazanç	Kurye Gideri	Bekleme Kaynaklı İade Tutarı	Net Kazanç
54	37	4576 dk	9947.00 TL	1989.40 TL	9538.00 TL	-1580.40 TL

2 Kurye İçin Sonuçlar

Toplam Sipariş	Teslim Edilen Sipariş	Kuyrukta Geçirilen Süre	Toplam Kazanç	Kurye Gideri	Bekleme Kaynaklı İade Tutarı	Net Kazanç
54	51	64 dk	13548.00 TL	2709.60 TL	0.00 TL	10838.40 TL

3 Kurye İçin Sonuçlar

Toplam Sipariş	Teslim Edilen Sipariş	Kuyrukta Geçirilen Süre	Toplam Kazanç	Kurye Gideri	Bekleme Kaynaklı İade Tutarı	Net Kazanç
54	52	1 dk	13673.00 TL	2734.60 TL	0.00 TL	10938.40 TL

Görsel 2. Simülasyon Sonuç Ekranı

Simülasyon sonuçlarının özeti dışında yapılan tüm işlemlerin detaylı bilgisi Görsel 3'deki gibi bir alanda verilmiştir. Her bir isenaryonun sonuçlarını buradan ayrı ayrı inceleyebilmektedir.

Tüm Siparişler

1 Kurye Sipariş Detayları

Zaman	Sipariş Tutarı (TL)	Hazırlık Süresi	Teslimat Süresi	Bekleme Süresi	Durum
09:12	190	12 dk	6 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:24	219	18 dk	23 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:34	406	11 dk	17 dk	20 dk	Teslim Edildi
09:42	166	11 dk	12 dk	29 dk	Teslim Edildi
09:56	332	16 dk	24 dk	22 dk	Teslim Edildi

2 Kurye Sipariş Detayları

Zaman	Sipariş Tutarı (TL)	Hazırlık Süresi	Teslimat Süresi	Bekleme Süresi	Durum
09:12	190	12 dk	6 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:24	219	18 dk	23 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:34	406	11 dk	17 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:42	166	11 dk	12 dk	9 dk	Teslim Edildi
09:56	332	16 dk	24 dk	0 dk	Teslim Edildi

3 Kurye Sipariş Detayları

Zaman	Sipariş Tutarı (TL)	Hazırlık Süresi	Teslimat Süresi	Bekleme Süresi	Durum
09:12	190	12 dk	6 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:24	219	18 dk	23 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:34	406	11 dk	17 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:42	166	11 dk	12 dk	0 dk	Teslim Edildi
09:56	332	16 dk	24 dk	0 dk	Teslim Edildi

Görsel 3. Simülasyon Detaylı Sonuç Ekranı

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen simülasyon sistemi, farklı kurye sayılarıyla sipariş yönetimini ve finansal performansı analiz ederek işletme verimliliğini değerlendirmiştir. Yapılan simülasyonlar sonucunda, işletmenin kurye sayısının siparişlerin alım, hazırlık ve teslimat süreçleri üzerindeki etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Özellikle, düşük kurye sayısının yoğun sipariş zamanlarında teslimat sürelerinde belirgin bir artışa ve kuyruk oluşumuna yol açtığı gözlemlenmiştir. Bu durum, müşteri memnuniyeti ve operasyonel verimlilik açısından olumsuz sonuçlar doğurmuştur.

Simülasyon senaryoları, kurye sayısının artışıyla birlikte teslimat sürelerinin azaldığını ve kuyrukların minimize olduğunu ortaya koymuştur. Ancak, kurye sayısının daha da arttığı senaryolarda, kurye masraflarının işletmenin finansal performansı üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle, işletmenin en optimal kurye sayısını belirleyebilmesi, maliyet ve verimlilik arasındaki dengeyi sağlamak için kritik bir faktör olmuştur.

Sonuç olarak, simülasyonların sunduğu veriler, işletmelerin kurye sayısı konusunda yapacakları stratejik tercihlerde, finansal performanslarını optimize etmelerini ve müşteri memnuniyetini

artırmalarını sağlamaktadır. Bu tür analizler, kaynak yönetimi ve operasyonel karar süreçlerinde etkin bir rol oynamaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Yan, S., Lin, J.-R., & Lai, C.-W. (2013). The planning and real-time adjustment of courier routing and scheduling under stochastic travel times and demands. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 53, 34-48.
- [2] Pereira, J. R., & Rodrigues, A. L. (2011). A Stochastic Programming Model for Delivery Time Window Assignment in Courier Services. *Transportation Research Part B: Methodological*, 45(9), 1355-1370.
- [3] Georgiadis, P., & Vlachos, D. (2014). Stochastic Modeling of Courier Service Systems. *Journal of Business Logistics*, 35(1), 1-18.
- [4] Law, A. M., & Kelton, W. D. (2000). *Simulation Modeling and Analysis* (3rd ed.). McGraw-Hill.

BANKA ATM SİSTEMLERİNİN SİMÜLASYONU

Zeynep ÖRPEK

Maltepe Üniversitesi, zeynep.orpek@vakifkatilim.com.tr - 0000-0001-7130-9118

Prof. Dr. Emin Murat ESİN

Maltepe Üniversitesi, muratesin@maltepe.edu.tr - 0000-0001-7697-3579

ÖZET

ATM (Automatic Transaction Machine) sistemleri, bankacılık hizmetlerinde temel sistemlerden birisi olarak müşterilerine hızlı, güvenli ve kesintisiz hizmet sunmalarına olanak sağlar. Ancak, özellikle yoğun saatlerde aşırı talepler ATM'lerin işlem kapasitesini aşarak hizmet performansını olumsuz yönde etkiler.

Bu çalışmada ATM'lere rastgele zamanlarda gelen mümkün işlem talepleri modellenmiş ve geliştirilen bir simülatör kullanılarak daha verimli kullanım için değişik planlama modelleri karşılaştırılmıştır.

Simülasyon modelinde, ATM'nin esas parametrelerinin müşteri geliş aralıkları, yapılan işlemin süresi ve işlem türü olduğu belirlenmiştir. İşlem türü ayrıca; işlemin nakit para giriş çıkışı gerektirip gerektirmediği, eğer gerekiyorsa işlemde kullanılan miktar, para çekme veya yatırma kasalarındaki bakiye parametrelerine bağlıdır. Diğer yandan aynı ATM için değişik fakat öngörülebilir zaman dilimlerinde farklı talep yoğunluklarının olacağı açıktır.

Bu simülasyonun sonucunda ATM'lerde ortaya çıkan kuyruklar veya kapasite yetersizliğinden kaynaklanacak müşteri şikayetlerinin maliyeti ile yeni bir ATM eklemenin maliyetini optimal bir çözüm için değerlendirmesi mümkün olabilecektir.

Böylece ATM'ler için daha gerçekçi yer ve kapasite seçimi yapılabileceği öngörülmektedir.

Simülasyonun işletilebilmesi için HTML ve JavaScript teknolojileri kullanılarak bir simülatör geliştirilmiştir. Kullanışlı bir ara yüz gerçekleştirilebildiğinden kullanıcıların değişik

parametreler kullanarak farklı senaryoların sonuçlarını kolayca değerlendirebilmesi sağlanmıştır.

Sonuç olarak bu çalışma, ATM sistemlerinin performansını analiz etmek ve iyileştirmek için bir yaklaşım önerirken, bankaların hizmet kalitesini artırmalarına yönelik önemli katkılar sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: ATM Simülasyonu, Stokastik Sistemler, Kuyruk Simülasyonu

1. GİRİŞ

Banka ATM sistemleri, finansal işlemlerin kesintisiz ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesini sağlayan önemli teknolojik altyapılardır. 7/24 hizmet sunabilme kapasitesi ile kullanıcılar için yüksek erişilebilirlik sağlayan ATM'ler, bankacılık sektöründe yaygın olarak tercih edilen hizmet noktaları arasında yer almaktadır. Ek olarak bazı bankalar, ATM ağlarını genişleterek müşterilerine daha kapsamlı bir hizmet sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda, bankalar arasında yapılan iş birlikleri ile ortak ATM kullanımı gibi uygulamalar bulunmaktadır. Bankalar arası yapılan bu tür ortaklıklar, bankaların ATM ağlarını daha verimli kullanmalarına altyapı sağlamaktadır.

Ancak banka ATM'lerine yoğun talebin olduğu durumlarda, kullanıcıların işlemlerini gerçekleştirmek için uzun süre beklemek zorunda kalması hem hizmet kalitesini düşürmekte hem de müşteri memnuniyetsizliğine yol açmaktadır. Bu tür problemler, banka ATM sistemlerinin performansını analiz etmeye ve hizmet süreçlerini daha etkin hale getirmeye yönelik yöntemlerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılmasını gerektirmektedir.

Sistem simülasyonu, karmaşık sistemlerin davranışlarını analiz etmek ve gelecekteki performanslarını öngörmek için önemli bir araçtır. Gerçek dünyadaki çeşitli durumların modellenmesi, her bir durumun farklı senaryolar altında nasıl sonuçlar vereceğini değerlendirmek açısından büyük önem taşımaktadır. Simülasyon, sistemdeki olası değişkenleri ve parametreleri kontrol etme ve izleme imkânı sunarak, farklı koşullar altında alınması gereken aksiyonları belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede, sistemin verimliliği için kaynakların en verimli şekilde kullanılması sağlanabilir. Özellikle bankacılık gibi sektörlerde, simülasyon tekniklerinin kullanılması, hizmet süreçlerinin iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin artırılması açısından kritik bir rol oynamaktadır.

2. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Kuyruk teorisi ve müşteri memnuniyeti üzerine literatürde ATM ve benzeri hizmet noktalarındaki müşteri bekleme sürelerinin ve hizmet verimliliğinin iyileştirilmesine yönelik önemli çalışmalar bulunmaktadır.

Bakari, Chamalwa ve Baba'nın (2014) çalışmasında, Fidelity Bank Plc'nin Maiduguri şubesindeki ATM'ler üzerinden yapılan bir vaka analizi, kuyruk teorisinin bankacılık hizmetlerinde nasıl etkin bir şekilde kullanılabileceğini ve sistemdeki trafik yoğunluğunun yüksek olmasının sistem verimliliğini nasıl etkilediğini göstermektedir. Bu araştırma, kuyruk teorisi kullanılarak ATM'lerin optimize edilmesinin müşteri memnuniyetini artıracığı ve sistemin daha verimli çalışacağına işaret etmektedir. Bunun yanı sıra, ek ATM kurulumu gibi stratejilerin maliyetlerinin değerlendirildiği bu çalışma, ATM hizmetlerinin daha verimli hale getirilmesi adına önemli bir kaynak oluşturmıştır. Bu tür çalışmalar, kuyruk yönetimi stratejilerinin bankacılık sektöründe nasıl uygulanması gerektiğini anlamak için önemli bir temel sunmaktadır [1].

Burodo, Suleiman ve Shaba (2019) tarafından gerçekleştirilen bir çalışma, First Bank Plc'nin Kaura Namoda Şubesi'ndeki ATM hizmetlerinin optimizasyonunu inceleyerek, kuyruk teorisi ve sunucu sayısının hizmet verimliliği üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Çalışma bir, iki ve üç sunucu modellerinin karşılaştırılmasıyla, birden fazla sunucunun, özellikle daha verimli bir hizmet sağlamak ve müşteri bekleme sürelerini kısaltmak açısından önemli avantajlar sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, birden fazla sunucunun, hizmet verimliliğini artırarak, müşterilerin kuyrukta geçirdiği süreyi önemli ölçüde azalttığını ve bu modelin, özellikle artan müşteri talebi karşısında daha etkili bir çözüm sunduğunu göstermektedir. Bu çalışma, ATM sayısının artırılmasının, daha verimli bir hizmet sunumu sağlamak için gerekli olduğunu ve enerji kaynaklarının sürdürülebilirliği ile teknolojik yeniliklerin entegrasyonunun, müşteri memnuniyetini artırmada kritik rol oynayacağını vurgulamaktadır [2].

Vasumathi ve Dhanavanthan (2010) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, VIT (Vellore Teknoloji Enstitüsü) kampüsündeki üç farklı bankanın ATM hizmetlerinin verimliliği değerlendirilmiştir. Araştırma, ATM kuyruğundaki müşteri davranışları, bekleme süreleri ve hizmet süreleri gibi parametreler üzerinde yoğunlaşarak, bu verilerin simülasyon ve kuyruk teorisi kullanılarak analiz edilmesini sağlamıştır. Elde edilen bulgulara göre, SBI ATM hizmetlerinin diğer iki bankaya kıyasla daha verimli olduğu ve müşterilerin bu hizmeti tercih ettiği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ATM hizmetlerinin iyileştirilmesi adına, SBI'nin erkek yurduna yeni bir ATM kurmasının, müşteri bekleme sürelerini azaltacağı ve hizmet kalitesini artıracığı önerilmiştir. Bu çalışma, banka ATM hizmetlerinin optimize edilmesi için simülasyon tekniklerinin kullanımının önemini vurgulamaktadır ve bankaların rekabet avantajı elde etmeleri için değerli çıkarımlar sunmaktadır [3].

Manaye ve Worku (2023) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Ticaret Bankası Sabyan şubesindeki ATM hizmetlerinin verimliliğini incelemiştir. Araştırma, ATM müşteri giriş süreleri ve hizmet süreleri gibi parametreler üzerinde yoğunlaşarak, bu verileri Arena simülasyonu kullanarak analiz etmiştir. Elde edilen bulgulara göre, Sabyan şubesindeki ATM hizmeti verimsiz olup, fazla bekleme süresi (71.3 saniye) ve uzun kuyruğa (4 müşteri) yol açmaktadır. Bu veriler ışığında, ATM sayısının artırılması ve hizmet hızının iyileştirilmesi önerilmiştir. Çalışma, ATM hizmetlerinin verimliliğini artırmak için simülasyon tekniklerinin etkin bir şekilde kullanılmasının önemini vurgulamaktadır ve bankaların müşteri

memnuniyetini artırmak adına bu tür yöntemleri uygulanması gerektiğini ortaya koymaktadır [4].

Wathsala ve arkadaşları (2019) tarafından yapılan araştırmada, Sri Lanka'da bir devlet bankasına ait ATM sisteminin performansı analiz edilmiştir. Çalışma, üniversite önünde yer alan tek bir ATM makinesi üzerinden yapılmış ve bu ATM'deki uzun kuyruklar gözlemlenmiştir. Çalışmanın amacı, ATM sisteminde müşteri bekleme süresi, kuyruğa giren müşteri sayısı ve hizmet alım verilerini hesaplamaktır. Veriler, haftanın iki iş gününde bir artış saat olan 16.30-17.30 arasında 100 gözlemle toplanmıştır. Toplanan veriler, Rockwell ARENA 14.5 simülasyon yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Sistemin mevcut performansı, kuyrukta bekleyen müşteri sayısının 4.31 ve bekleme süresinin 4.50 dakika olduğunu göstermiştir. Çalışma, tek ATM'nin düşük performansını ve yüksek bekleme sürelerini göz önünde bulundurarak, ek bir ATM makinesi yerleştirilmesinin faydalı olacağı sonucuna varmıştır. Önerilen yeni sistemde bekleme süresi 2.20 dakikaya ve bekleyen müşteri sayısı ise 1.09'a düşürülmüştür. Bu öneri ile sistemin performansı %86.67 olarak belirtilmiştir. Sonuçlar, müşteri memnuniyetini artırmak ve hizmet kalitesini iyileştirmek için ek ATM makinesi kurulumunun önemini vurgulamaktadır [5].

Literatürdeki bu çalışmalar, ATM yoğunluğunun müşteri memnuniyeti üzerindeki etkilerini ve bu sorunların çözülmesi için çeşitli yöntemlerin kullanılmasını incelemektedir. Bu çalışmalar, müşteri bekleme sürelerini azaltmak ve ATM kullanımını optimize etmek için çeşitli stratejiler sunarak bankaların hizmet kalitesini artırmalarına yardımcı olmaktadır.

3. YÖNTEM

Bir sistem, belirli bir hedefi gerçekleştirmek amacıyla bir araya gelen ve birbirleriyle etkileşimde bulunan öğeler bütünüdür. Bu öğeler, genellikle girdiler, işlem süreçleri ve çıktılar olarak sınıflandırılabilir. Sistemlerin parametreleri, kontrol parametreleri ve sistem parametreleri olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Kontrol parametreleri, sistemin dışından gelen ve sistemin davranışlarını etkileyen değişkenler olarak tanımlanabilirken, sistem parametreleri ise sistemin iç işleyişini belirleyen ve sistemin doğrudan yönetimini sağlayan değişkenlerdir.

Sistemler, süreçlerinde rastgelelik içermesi durumuna göre de iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Deterministik sistemler, içerdikleri süreçlerde herhangi bir rastgelelik içermezler; yani belirli bir girişin her zaman aynı çıkışı vereceği önceden kestirilebilir ve tahmin edilebilir. Stokastik sistemlerde, bazı değişkenlerin rastgele değerler alması söz konusudur. Bu tür sistemlerde, belirli girdiler aynı çıktıyı her zaman üretmeyebilir ve bu da sistemi öngörülemez hale getirebilir. Stokastik sistemler, rastgelelik ve belirsizliğin önemli bir rol oynadığı, daha karmaşık ve esnek yapılar sunan sistemlerdir.

Sistemlerde veri kullanımı, üç ana kategoride sınıflandırılabilir: gerçek veriler, sentetik veriler ve benzer sistemlerden elde edilen veriler. Gerçek veriler, doğrudan mevcut bir sistemden veya ortamdan toplanan verilerdir ve genellikle en yüksek doğruluk ve geçerliliği sağlar. Sentetik

veriler, belirli bir sistemin özelliklerine dayalı olarak modelleme ve simülasyonlar yoluyla üretilen veriler olup, gerçek verilerin bulunmadığı veya toplamının zor olduğu durumlarda kullanılır. Benzer sistemlerden elde edilen veriler ise, mevcut sistemlerin özellikleri dikkate alınarak benzer yapıdaki sistemlerden elde edilen verilerdir ve bir sistemin performansını değerlendirmek için kullanılabilir.

Rastgele sistemlerde, simülasyonların doğruluğu ve güvenilirliği açısından önemli bir araç olan rastgele sayı üreteçleri kullanılır. Sistemlerin karşılaştırılması ve analiz edilmesinde tutarlılık sağlamak için, farklı sistemler arasında aynı rastgele sayı üreteçlerinin kullanılması kritik öneme sahiptir. Böylece, karşılaştırmaların geçerliliği artırılır ve sistemler arasındaki farklar yalnızca gerçek yapısal ve parametresel farklılıklardan kaynaklanmış olur.

3.1. Banka ATM Sistemlerinin Simülasyonu

Bu çalışmada, bir banka ATM'sinin yoğunluk ve performans analizi yapılabilmesi için bir simülasyon modeli geliştirilmiştir. Model, ATM'deki iki temel işlem olan para çekme ve yatırma işlemlerini kullanmaktadır. Bu işlemler, birbirinden bağımsız iki farklı para kasasında gerçekleştirilmektedir. Para çekme işlemleri, ATM kasasında bulunan bakiye miktarına göre yapılır; yani, yeterli bakiye varsa işlem başarıyla gerçekleştirilirken, bakiye yetersizse işlem iptal edilir. Simülasyonun temel amacı, ATM'nin etkinliğini, müşteri bekleme sürelerini ve kasa durumunu analiz etmek ve sistemin genel performansını ölçmektir. Sistem parametreleri Çizelge 1'de verilmiştir.

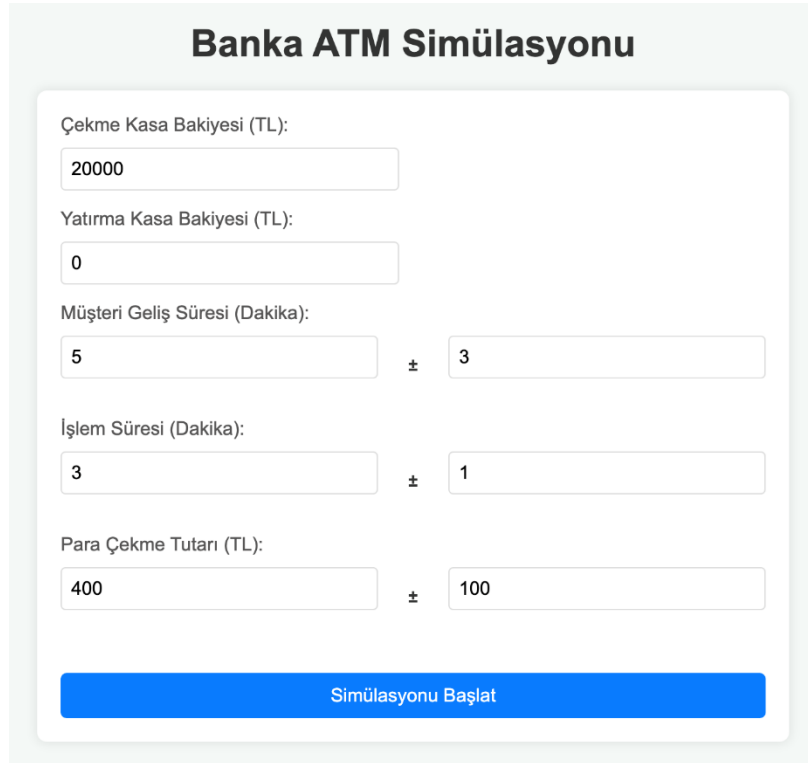
Çizelge 1. Sistem Parametreleri

Parametre	Değer
Müşteri Geliş Süresi	5 ± 3 dakika
İşlem Türü	%50 Para Çekme / %50 Para Yatırma
İşlem Tutarı (Para Çekme)	400 ± 100 TL (200 TL'nin katları)
İşlem Tutarı (Para Yatırma)	50 TL'nin katları
ATM Para Çekme Kasası Bakiyesi	20.000 TL
ATM Para Yatırma Kasası Bakiyesi	0 TL
İşlem Süresi	3 ± 1 dakika
Simülasyon Süresi	12 saat (08:00 - 20:00)

Bu çalışmada, rastgele sayı üretimi yapılması gereken durumlarda özel olarak geliştirilmiş bir rastgele sayı üretici kullanılmıştır. Bu sayede, sistemlerin karşılaştırılmasında gereken güvenilirlik ve doğruluk sağlanmıştır.

Banka ATM simülasyonunun gerçekleştirilmesi için HTML ve JavaScript dilleri kullanılmıştır. Kullanıcılar, geliştirilen arayüz üzerinden sistem parametrelerini girerek simülasyonun başlatarak sonuçlara ulaşabilmektedir. HTML ile, kullanıcı etkileşimi sağlanarak parametrelerin kullanıcıdan alınması için form elemanları kullanılmıştır. JavaScript ile simülasyonun işleyişini ve rastgele sayı üretimi işlemleri yapılarak sonuçların hesaplanması sağlanmıştır. Bu sayede, kullanıcılar girdiği verilere göre simülasyon sonuçlarına anında ulaşabilmektedir.

Simülasyonu başlatmak için, Çizelge 1'de sunulan sistem parametrelerinin kullanıcı tarafından girilebilmesi amacıyla Görsel 1'deki gibi bir kullanıcı arayüzü geliştirilmiştir. Bu arayüzde, kullanıcının değer girişi yapabildiği alanlar ve "Simülasyonu Başlat" butonu bulunmaktadır. Kullanıcıların gerekli parametreler için değer girişi yaptıktan sonra simülasyon hesaplamalarının başlatılmasını sağlamaktadır. "Simülasyonu Başlat" butonuna tıklandığında, sistem tarafından belirtilen parametreler doğrultusunda simülasyon işlemleri gerçekleştirilmekte ve sonuçlar hesaplanarak kullanıcıya sunulmaktadır.



Banka ATM Simülasyonu

Çekme Kasa Bakiyesi (TL):

Yatırma Kasa Bakiyesi (TL):

Müşteri Geliş Süresi (Dakika):
 ±

İşlem Süresi (Dakika):
 ±

Para Çekme Tutarı (TL):
 ±

Simülasyonu Başlat

Görsel 1. Simülasyon Hesaplaması Parametre Değer Giriş Ekranı

Simülasyon sonuçlarının görsel bir şekilde sunulabilmesi amacıyla, Görsel 2'deki gibi bir sonuç ekranı geliştirilmiştir. Bu ekran, simülasyon süreci sonunda elde edilen verileri detaylı bir şekilde kullanıcıya sunmaktadır. Bu sayede, simülasyonun etkinliği ve işlem süreçlerinin performansı hakkında kapsamlı bir analiz yapılabilmektedir.

Simülasyon Parametreleri ve Sonuçları									
Toplam Gerçekleşen İşlem Sayısı: 121									
Toplam Gerçekleşemeyen İşlem Sayısı: 19									
Toplam Kuyrukta Bekleme Süresi: 25 dakika									
En Fazla Kuyrukta Bekleyen Süre: 2 dakika									
Simülasyon Sonuçları									
No	Müşteri Geliş Zamanı	İşlem Türü	İşlem Tutarı (TL)	İşleme Başlama Zamanı	İşlem Bitiş Zamanı	Çekme Kasa Durumu	Yatırma Kasa Durumu	Kuyrukta Geçen Süre (Dakika)	İşlem Durumu
1	08:04	Yatırma	500	08:04	08:06	20000	500	0	Gerçekleşti
2	08:07	Yatırma	1000	08:07	08:11	20000	1500	0	Gerçekleşti
3	08:14	Yatırma	950	08:14	08:16	20000	2450	0	Gerçekleşti
4	08:16	Yatırma	650	08:16	08:19	20000	3100	0	Gerçekleşti
5	08:19	Çekme	400	08:19	08:20	19600	3100	1	Gerçekleşti
6	08:23	Çekme	600	08:23	08:27	19000	3100	0	Gerçekleşti
7	08:29	Çekme	400	08:29	08:33	18600	3100	0	Gerçekleşti
8	08:33	Yatırma	500	08:33	08:35	18600	3600	2	Gerçekleşti
9	08:41	Yatırma	550	08:41	08:45	18600	4150	0	Gerçekleşti
10	08:48	Çekme	400	08:48	08:52	18200	4150	0	Gerçekleşti
11	08:52	Yatırma	550	08:52	08:54	18200	4700	1	Gerçekleşti

Görsel 2. Sistem Parametreleri ve Simülasyon Sonuçları Ekranı

Yapılan analizler sonucunda, ATM kullanımına ilişkin belirli parametre değerlerinde zaman zaman kuyruk oluşumu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, söz konusu parametrelerin belirli seviyelerinin altında kuyruk oluşumu meydana gelmediği tespit edilmiştir. Ancak, kuyruk oluşumunu tetikleyebilecek parametre değişikliklerinin yapılması durumunda, ATM sayısının artırılması gerektiği önerilmektedir. ATM sayısında yapılacak düzenleme, hizmet kalitesinin iyileştirilmesi ve müşteri memnuniyetinin sağlanması açısından önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada geliştirilen simülasyon modeli, banka ATM sistemlerinin performansını analiz ederek, yoğunluk, kaynak kullanımı ve müşteri bekleme süreleri gibi kritik parametreler üzerinde kapsamlı bir değerlendirme sunmuştur. Sonuçlar, yoğun saatlerde müşteri bekleme sürelerinin arttığını ve bunun müşteri memnuniyetini olumsuz etkilediğini göstermiştir.

ATM sisteminin işlem süresinin optimize edilmesi, bekleme sürelerini azaltarak müşteri memnuniyetini artırabilir. Ayrıca, kaynak kullanımı ve kuyruk yönetiminin etkinliği de verimliliği artırmak için önemlidir. Simülasyon, farklı senaryoların test edilmesine imkan sağlayarak ATM kapasitesinin daha verimli kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle yoğun saatlerde ek ATM kurulumları veya ATM yer değişiklikleri ile müşteri memnuniyeti artırılabilir. Banka ATM sistemlerinin optimize edilmesi ve müşteri hizmet süreçlerinin iyileştirilmesi için öneriler sunulmaktadır. Kullanıcı dostu arayüzler ile simülasyon sonuçlarının analiz edilmesi, bankaların verimlilik artırıcı kararlar almasına destek olacaktır.

Sonuç olarak bu araştırma, banka ATM sistemlerinin verimliliğini artırmak ve müşteri memnuniyetini sağlamak için analizler içermektedir. Gelecekte, daha büyük veri setleri ve yapay zeka ile yapılan simülasyonların doğruluğu artırabilir ve daha kapsamlı analizler yapılabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Bakari, H. R., Chamalwa, H. A., & Baba, A. M. (2014). Queuing Process and Its Application to Customer Service Delivery (A Case Study of Fidelity Bank Plc, Maiduguri). *International Journal of Mathematics and Statistics Invention (IJMSI)*, 2(1), 14-21.
- [2] Burodo, M. S., Suleiman, S., & Shaba, Y. (2019). Queuing Theory and ATM Service Optimization: Empirical Evidence from First Bank Plc, Kaura Namoda Branch, Zamfara State. *American Journal of Operations Management and Information Systems*, 4(3), 80-86. doi: 10.11648/j.ajomis.20190403.12
- [3] Vasumathi, A., & Dhanavanthan, P. (2010). Application of Simulation Technique in Queuing Model for ATM Facility. *International Journal of Applied Engineering Research*, 1(3), 469-482.
- [4] Manaye, D., & Worku, A. (2018). Analysis of ATM service performance by using ARENA simulation: The case of Commercial Bank of Ethiopia, Sabyan branch. *Global Journal of Management and Business Research: G Interdisciplinary*, 18(3), 1-10.
- [5] Wathsala, H.A.I., Jayarathna, H.A.D.N., Mihirani, K.N., Tennakoon, T.M.C.S., & Rambandara, R.D.S.S. (2019). Analysing the ATM Performance by Simulation. *Proceedings of the 11th Symposium on Applied Science, Business & Industrial Research*, 112-116.

TRANSFERRING THE HODGKIN-HUXLEY NEURON MODEL TO FPGA AND INVESTIGATION OF ITS RESPONSE TO DIFFERENT EXCITING CURRENTS

Gamze Sena KARAMERT

Samsun Üniversitesi, 230709005@samsun.edu.tr - ORCID ID: 0009-0001-3535-711X

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN

Samsun Üniversitesi, ahmet.turan@samun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5653-9695

ABSTRACT

In recent years, very important biological and simulation studies have been carried out to understand the behavior of the brain. In order to understand the behavior of the complex nerve cell network that constitutes an important part of the brain, it is necessary to first understand the behavior of nerve cells. In particular, the structure, behavior, connections and network structures of nerve cells are studied. Mathematical models that can imitate the behavior of nerve cells that form the basis of the studies have been put forward. FitzHugh-Nagumo Neuron Model, Izhikevich Neuron Model, Adaptive Exponential Integrate and Fire (AEIF) Model, Hodgkin-Huxley Neuron Model are a few of them. Nerve cell models for simulation are created with software codes (Matlab etc.). In biological experiments, signal inputs made to the cell are also made on the models via software. Model parameters are improved so that the results obtained from the models approximate the biological results. Can the model replace the cell? A similarity of this size has not been fully established. Having the software in a portable chip instead of a computer will allow working close to the living body when necessary. In some studies, nerve cell models have been created on different microcontrollers and embedded system microcontrollers.

In our study; Hodgkin-Huxley Nerve Cell Model was first created in Matlab environment. Current application experiments performed on the model are very similar to biological records. The same model was created in FPGA Vivado software and the same experiments were repeated in simulation environment. Then, the model was run on Xilinx's Genesys-2 Kintex FPGA Board. Since FPGA environment is a hardware definition environment, it works in parallel and is fast, unlike microcontroller-based embedded systems. This results in very fast response to the stimuli. Synaptic communication model between two cells will also be run on FPGA.

Keywords: Hodgkin-Huxley Nerve Cell Model, Vivado, Xilinx's Genesys-2 Kintex FPGA, Synaptic Communication.

HODGKIN-HUXLEY SİNİR HÜCRESİ MODELİNİN FPGA'YA AKTARILMASI ve FARKLI UYARTI AKIMLARINA CEVABININ İNCELENMESİ

Gamze Sena KARAMERT

Samsun Üniversitesi, 230709005@samsun.edu.tr - ORCID ID: 0009-0001-3535-711X

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN

Samsun Üniversitesi, ahmet.turan@samun.edu.tr - ORCID ID: 0000-0001-5653-9695

ÖZET

Son yıllarda beynin davranışını anlamak için çok önemli biyolojik ve simülasyon çalışmaları yapılmaktadır. Beynin önemli bir bölümünü oluşturan karmaşık sinir hücresi ağının davranışını anlamak için öncelikle sinir hücrelerinin davranışını anlamak gerekir. Özellikle sinir hücrelerinin yapısı, davranışları, bağlantıları ve oluşturdıkları ağ yapıları üzerinde çalışılmaktadır. Çalışmaların temelini oluşturan sinir hücrelerinin davranışını taklit edebilen matematiksel modeller ortaya konulmuştur. FitzHugh-Nagumo Nöron Modeli, Izhikevich Nöron Model, Adaptive Exponential Integrate ve Fire (AEIF) Modeli, Hodgkin-Huxley Nöron Modeli bunlardan birkaçıdır. Simülasyon için sinir hücresi modelleri yazılım kodlarıyla (Matlab vb.) oluşturulmaktadır. Biyolojik deneylerde hücreye yapılan sinyal girişleri, modeller üzerinde de yazılım yoluyla denenmektedir. Modellerden elde edilen sonuçlar, biyolojik sonuçlara yakınsayacak şekilde model parametreleri iyileştirilmektedir. Model hücrenin yerini alabilir mi? Bu boyutta bir benzerlik tam olarak oluşturulmuş değildir. Yazılımın bir bilgisayar yerine taşınabilir bir çip içinde olması, gerektiğinde canlı vücuduna yakın çalışmaya imkan verecektir. Yapılan bazı çalışmalarda sinir hücresi modelleri farklı mikrodenetleyici ve gömülü sistem mikrodenetleyicilerinde oluşturulmuştur.

Yaptığımız çalışmada Hodgkin-Huxley Sinir hücresi modeli, Matlab ortamında oluşturulmuştur. Model üzerinde yapılan akım uygulama deneyleri biyolojik kayıtlarla çok benzerdir. Aynı model FPGA Vivado yazılımında oluşturularak aynı deneyler simülasyon ortamında tekrarlanmıştır. Ardından model Xilinx'in Genesys-2 Kintex FPGA Bord'u üzerinde çalıştırılmıştır. FPGA ortamı donanım tanımlama ortamı olduğundan mikrodenetleyici tabanlı gömülü sistemlerden farklı olarak paralel çalışır ve hızlıdır. Bu da yapılan uyartılara çok hızlı cevap verme sonucunu oluşturur. İki hücre arasındaki sinaptik haberleşme modeli de FPGA üzerinde çalıştırılacaktır.

Anahtar Kelimeler: Hodgkin-Huxley Sinir hücresi modeli, Vivado, Xilinx'in Genesys-2 Kintex FPGA, Sinaptik Haberleşme.

1. GİRİŞ

Biyoloji bilimi; sezme, hareket etme, öğrenme ve hatırlama'yı kapsayan zeka ve zihin işlemlerinin biyolojik temelini açıklamaya çalışmaktadır [1]. Hesapsal nöroloji, biyolojik sinir hücrelerini modellemek için hesapsal teknikleri kullanmaktadır [2]. Sıradan bir nöron üç bölümden oluşur: Dendritler, Soma ve Akson. Her parçanın bilgiyi aktarmada bir rolü vardır. Nöronlar arasındaki bağlantı Dendrit-Akson veya Dendrit-Dendrit veya Akson-Akson olabilir. Dendritler, diğer nöronlardan gelen sinyalleri toplama ve bunları somaya iletmede temel bir role sahiptir, bu da dendritlerin nöron için bir giriş aygıtı görevi gördüğü anlamına gelir. Soma, doğrusal olmayan bir işlem gerçekleştirir, yani giriş eşiği aşarsa çıkış sinyali üretilir. Akson, işlenmiş sinyali somadan alıp diğer nöronlara ileten bir çıkış aygıtı rolünü üstlenir. Bu, biyolojik bir nöronun temel işlevidir [3]. Hesaplamalı sinirbilimciler ve bilgisayar araştırmacıları, insan zekasının matematiksel modellemesi üzerine iki tamamlayıcı görüşe sahiptir. Sinirbilimciler, deneysel sonuçların matematiksel modellerini bulmaya çalışırken, bilgisayar bilimcileri, sınırlı işlem gücü nedeniyle, sinirbilim teorilerinden esinlenen akıllı algoritmalar geliştirmeye çalışırlar [4]. Sinir dokusunun elektriksel uyarımı ve sinirsel elektriksel aktivitenin kaydı, birçok nörolojik bozukluk için ortaya çıkan protezlerin ve tedavilerin temelini oluşturur [5].

Nöronlar aksiyon potansiyellerini kullanarak haberleşirler [6]. Alan Hodgkin ve Andrew Huxley tarafından aksiyon potansiyelleri mürekkep balığı dev aksonundan biyolojik deneylerle ölçülmüştür [7]. Hodgkin-Huxley modeliyle gerilim ve zaman bağımlı sodyum ve potasyum iletkenlikleri ile bağlantılı özelliklerini ortaya koymuştur [8].

Spiking Neuron Model olarak da bilinen biyolojik bir nöron modeli, biyolojik süreçleri tanımlamak ve tahmin etmek için doğru bir şekilde tasarlanacak nöron özelliklerinin matematiksel bir açıklamasıdır. Böylece nöronların modellenmesi ve analizi kavramı ortaya çıkar [3]. Nörolojik bozukluklar üzerine yapılan araştırmalar, nöroprotez olarak biyomimetik ve gerçek zamanlı donanım kullanan alternatif bir tedaviye yol açtı. Bu cihazlar, hücreler ve makine arasındaki bağlantı veya nöron aktiviteleri, biyo-hibrit deneyleri gibi çeşitli gereksinimleri karşılamalıdır. Ayrıca, aksiyon potansiyelinin (AP) zamanlaması ve şekli, gerçek bir sinir uyarısının aynı dinamiklerini yeniden üretmelidir. Sistem gerçek zamanlı, biyomimetik ve ayarlanabilir olmalıdır. Bu nedenle, kortikal nöronların uygulanmasını gerçekleştirmek için bir FPGA seçilmiştir [9].

Günümüzde nöron modellerini taklit etmek için birçok yazılım çözümü mevcuttur. Yazılım tabanlı sistemlerden daha az geleneksel olan donanım tabanlı çözümler genellikle dijital ve analog hesaplama biçimlerini birleştirir. Bu silikon nöronlar Hodgkin-Huxley formalizmine dayanmaktadır ve ayarlanabilir parametreler sayesinde çok çeşitli nöron davranışlarını yeniden üretmek için optimize edilmiştir [10]. Geliştirilen yazılımlar alan programlanabilir kapı dizilerinde (FPGA) üzerinde çalıştırılmaktadır [4]. FPGA üzerindeki uygulama sonuçları, önerilen tekniklerin ve modellerin kaynak maliyetini önemli ölçüde azaltabileceğini ve

biyolojik dinamikleri doğru bir şekilde yeniden üretebileceğini göstermektedir [11]. FPGA'lerin kullanım alanları giderek artmaktadır. Yeniden yapılandırılabilir donanım birimleri olan FPGA'ler kullanıcının yeni tasarımlar yapmasına imkan verip, tasarımın sonuçlarının görebilme imkan sağlarlar. Simülasyon ve gerçek zamanlı uygulamaları aynı anda yapabilen özelliklere sahiptir [12]. Gömülü akıllı uygulamalar, gerçek zamanlı davranış sergilemek için hem yüksek performans hem de uyarlanabilirlik gereksinimleriyle başa çıkmak için esneklik gerektirir. Donanım çözümleri performans sunarken, yazılım çözümleri esneklik sunar. Bu iki çözüm türü arasında yeniden yapılandırılabilir bilgi işlem ortaya çıkar ve esneklik ile performans arasında bir denge sağlar [13]. FPGA üzerinde üç tip aktivasyon fonksiyonuna sahip tek nöron modellerinin donanım uygulaması yapmak mümkündür [14].

FPGA üzerinde oluşturulan Nöron modellerinin dijital uygulamaları, Parkinson hastalığı için geliştirilir. Böylece bir çip üzerinde Parkinson durumunun gerçek zamanlı geri bildirim kontrolünü amaçlayan modeller oluşturulmaktadır [15]. Akupunktur, geleneksel Çin tıbbında çeşitli hastalıklar için etkili bir tedavidir. Ancak, akupunktur bilgisinin sinir sisteminde nasıl iletiliğiyle ilgili ayrıntılı mekanizmalar hala net değildir. Bu nedenle, elektroakupunktur dinamiklerinin yüksek performanslı simülasyonu, yüksek hesaplama kapasitesine sahip bir donanım platformu gerektiren hesaplamalı sinir bilimi alanında hayati öneme sahiptir. Bu makalede, elektroakupunktur için ileri beslemeli bir sinir ağı, yüksek bir hesaplama hızı ve hassasiyeti sağlayabilen bir FPGA platformunda uygulanmaktadır [16] Nörolojik bozukluklar milyonlarca insanı etkiler ve bu da bilişsel ve/veya motor yeteneklerini etkiler. Bir protezin gerçekleştirilmesi hücrelerin biyolojik aktivitesini ve makine ile biyolojik hücreler arasındaki bağlantıyı dikkate almalıdır. Biyomimetik sinir ağı, nörolojik hastalıkların önündeki bir çözümdür. Elektrikli cihazlar ile canlı hücreler arasındaki bağlantı, ayarlanabilir gerçek zamanlı bir sistem gerektirir. FPGA, esneklik, hız ve kararlılık içeren güzel bir bileşendir [17].

Biyofiziksel olarak anlamlı nöron modelleri, insan beyni davranışını simüle etmek için kullanılabilir. Nöron davranışlarının anlaşılmasının zeka, hasarlı beyin tedavileri vb. alanlarda önemli bir rol oynaması bekleniyor. Sonuç olarak, karmaşık ve biyolojik olarak nöron ağı oluşturmadaki temel zorluk büyük ölçüde yüksek hesaplama ve veri aktarım talepleri tarafından belirlenir. Gerçek zamanlı veri akışı, öğrenme ağı mimarisi için FPGA cihazında çözümler sunulmaktadır [18]. Beyindeki ağların davranışını taklit eden matematiksel modellerin kullanımı sayesinde tek bir çipte, sinir ağlarının davranışını taklit edebilen bir dijital sistemin tasarımı, simülasyonu ve deneysel testini yapmak mümkündür [19] Biyofiziksel Hodgkin Huxley modelinin, frekans alanındaki spike oranları üzerinde hesaplamalar yapmak için ve simülasyonda doğrulamak için spike modellerine dayalı FPGA uygulamaları yapılmaktadır [20]. Nöromorfik hesaplama işlemcileri, evrimsel sistemleri kapsayan geleneksel olmayan bir mimari türünü temsil eder ve birçok önemli mühendislik ve bilimsel uygulama için büyük bir vaat taşır. Herhangi bir yazılım işbirliği olmadan FPGA'da eğitilebilir ve uygulanabilir [21].

Biyolojik nöronal ağ tasarımları FPGA üzerinde uygulanmaktadır [22] Nöro bilim topluluğunun büyüyen nöron/sinir ağı modelleri FPGA donanım uygulamalarını gerçekleştirilmesi için bir yol sağlamaktadır [23]. Çok sayıda Izhikevich nöronu ve sinaps içeren bir nöral ağın dijital

donanım uygulamasını kullanarak ağın biyolojik özelliklerini tek bir alan programlanabilir kapı dizisi (FPGA) üzerinde oluşturulmuştur [24]. Membran potansiyellerinin güncellenmesinin paralel hale getirilmesi, sinaptik ağırlıkların çip üzerinde depolanması ve yaklaşık aritmetik birimlerin entegrasyonu bir üstünlüktür. Yaklaşık hesaplama ve paralel işleme, FPGA tabanlı sinir ağlarına uygulanmasını avantajlı kılmaktadır [25]. FPGA'da Hodgkin-Huxley tabanlı bir sinir ağı modelinin verimli bir şekilde uygulanması için bir dizi teknik sunulmaktadır. Uygulama teknikleri, voltaj kapılı kanallar ve sinaptik aktiviteler gibi farklı nörofizyolojik mekanizmaların uygun bir yürütme zamanında bir sinir ağının davranışı üzerindeki etkisini araştırmak için büyük FPGA tabanlı ağ modelleri oluşturma fırsatı sunar. FPGA'nın paralellik ve yeniden yapılandırılabilirlik gibi içsel özelliklerine ek olarak, yaklaşımımız FPGA tabanlı sistemi bilişsel robotların ve sistemlerin sinirsel kontrolü üzerine çalışma için de uygun bir aday haline getirir [26]. Nöronlar, bir ağdaki etkileşim sırasında yüksek düzeyde davranışlar sergileyen basit birimlerdir. FPGA'nın Paralel işleme özelliği, bu platformu bu ağları modellemek için ideal bir aday haline getirir [27]. Sinirsel bilgi, belirli salınım dinamiklerine sahip bir dizi tüm veya hiç sinirsel kod tarafından nöronlar arasında temsil edilir ve iletilir. Ağı gerçek zamanlı uygulanması, uzaysal-zamansal bilgi kodlamasının altında yatan karmaşıklığı ve çok sayıda nöronun uygun şekilde birleştirilmesiyle ortaya çıkan tutarlılığı araştırmak için umut verici bir yoldur [28]. Karmaşık ağlardaki motifler beyin işlevlerini belirlemede önemli bir rol oynar. Bazı çalışmalarda, ağ özellikleri ile motif özellikleri arasındaki ilişkileri araştırmak için FPGA kullanılmaktadır. Hindmarsh-Rose (HR) nöron modeline dayalı bir küçük dünya ağı oluşturulmuştur. Motifin senkronizasyon özelliklerinin motif tabanlı küçük dünya ağının senkronizasyon özelliklerini belirler. FPGA tabanlı yapay nöronal ağlar, Parkinson hastalığı ve epilepsi tedavisinde beyin işlevini tamamlamak için hasarlı nöronların yerini alma potansiyeline sahiptir [29]. Daha büyük biyolojik sinir ağı, daha çeşitli iyon kanalları ve daha ayrıntılı morfolojilerin araştırılmasıyla sinir modellerinin karmaşıklığı artmaktadır ve biyolojik sinir ağının uygulanması büyük hesaplama karmaşıklığı ve güç tüketimi olan bir görevdir. Daha karmaşık modellerin temel özelliklerini koruyan indirgenmiş iki bölmeli modeli özlü bir şekilde uygulamak için FPGA üzerinde bir dijital tasarım sunulmaktadır [30].

Spiking nöron modeli simülasyonları MATLAB'da yapılır ve Verilog Donanım Tanımlama Dili'nde (HDL) dijital mantık devreleri kullanılarak modellenir ve ModelSIM RTL simülatöründe simüle edilir. Bu modeller daha sonra Xilinx FPGA'da uygulanır ve işlevsellik açısından kontrol edilir [3]. Nöron modelinin hesaplamaları aritmetik boru hatlarında gerçekleştirilir. VHDL dilinde tasarlanmış ve FPGA'da eşlemeden önce simüle edilmiştir. Deneysel sonuçlar, geliştirilen stokastik FPGA uygulamasının geçerliliğini doğrulamıştır; bu da silikon nöronun uygulanmasını gelecekteki hibrit deneyler için biyolojik olarak daha makul hale getirir [31]. Sistemin tanımı, yüksek seviyeli donanım tanımlama dili VHDL kullanılarak gerçekleştirilmiştir [19]. Bazı çalışmalarda Hodgkin-Huxley tek nöronunun modelinde; Aritmetik Mantıklar Hesaplama teknikleriyle (yani CORDIC) uygulanır ve arama tabloları (LUT'ler) yalnızca birkaç modülde kullanılır. Bu yaklaşım büyük bir nöron ağının işlevselliğini simüle etmek için daha sağlam ve esneklik sağlamaktadır [32]. Üstel ve diferansiyel denklemleri çözmek için CORDIC algoritması veya Euler yöntemi gibi bazı dijital yöntemler

kullanıldı. Burada 150 nöron içeren bir kortikal sinir ağının boru hattı uygulaması sunulmaktadır. Bu, hücreler ve nöronların değiştirilmesi üzerindeki nörolojik etkinin gelecekteki çalışmalarına olanak sağlamalıdır [9]. Çalışmalarda tek bölmeli bir HH modeli uygulanır ve nöronların elektriksel davranışı membran potansiyeli ile tanımlanır. Daha sonra, enjekte edilen giriş akımına karşılık çıkış membran potansiyeli değerlendirilir ve FPGA tabanlı simülasyon platformlarında uygulanır [33]

Karışık sinyal sistemleri için güçlü bir modelleme dili olan VHDL-AMS'de kısmi diferansiyel denklemler (PDE'ler) ile modellenmesi mümkündür [34]. Hodgkin-Huxley modeli, nöronların aksonlarındaki aksiyon potansiyelinin başlatılmasını ve yayılmasını açıklar. Model, belirli bir parametre seçimi için sayısal yöntemler kullanılarak çözülebilen bir dizi doğrusal olmayan diferansiyel denklemden oluşur. Denklemler fizyolojik süreçleri yansıttığından, bu parametrelerin değeri büyük değişkenliğe tabidir. Hodgkin-Huxley modelinin denklemlerinin 4 adımlı Runge-Kutta entegrasyonunu ile çözümü de yapılmaktadır [35].

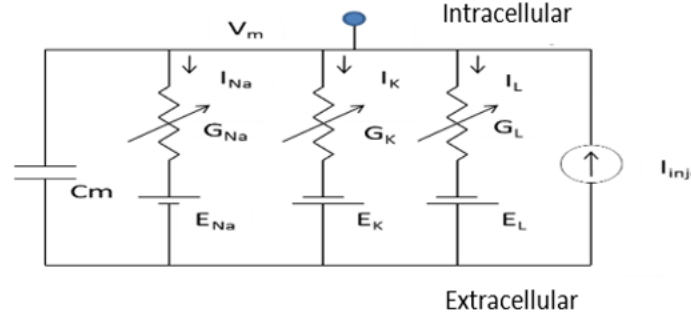
Xilinx tarafından üretilen FPGA'lerin birçok avantajı vardır. FPGA'ler daha az güç harcar, basit bir şekilde programlanabilir, daha hızlıdır, yüksek performansa sahiptir ve oldukça küçük boyutlara sahiptir [36]. FPGA, 1980'lerin ortasında prototipleme ortamı olma amacıyla geliştirildi. Programlanabilir mantık blokları dizisi, çeşitli hesaplama işlevlerinden herhangi birine yeniden yapılandırılmasını sağladı. Bu nedenle, tasarımların silikona aktarılmadan önce prototiplenebileceği ve hata ayıklanabileceği "devre içi donanım emülasyonu" için çekici bir araçtı. Temel silikon teknolojisi geliştikçe ve işlevsel potansiyeli daha iyi anlaşıldıkça, FPGA yavaş yavaş hesaplamanın birçok yönüne nüfuz etti. FPGA'nın esnekliği, tasarımcının hayal edilebilecek hemen hemen her bilgisayar yapılandırmasını gerçekleştirmesini ve uygulamaya uymasına için her türlü paralellik biçimini kullanmasını sağlar [37]. Çalışmalarda Hodgkin-Huxley nöronunun modellenmesi için Xilinx SPARTAN 3 FPGA kullanılmıştır [32].

2. MATERYAL ve METOT

2.1 Kullanılan Hücre Modeli ve Özellikleri

Bu çalışmada nöronlar, Hodgkin-Huxley'in çalışmalarından elde edilen, deterministic bölmeli model yapısı tercih edilmiştir [38,39]. Hücreler, soma kısmına ait tek bölme şeklinde modellenmiştir [40,41]. Hodgkin ve Huxley mürekkep balığı aksonu içinde, sinir hücresi iletkenliklerini belirlemek için gerilim kenetleme metodunu kullanmış ve birçok çalışmada sıklıkla kullanılan diferansiyel denklem çözümlerini ortaya koymuştur [39]. Görsel 1'deki

elektrik devresiyle modellenen hücreye ait tüm çözüm detayları ve parametreler (Denklemler 1-21)'de gösterilmiştir [40].



Görsel 1. Hodgkin-Huxley Hücre Modeli

$$C_m \frac{dV_m}{dt} = -G_L \cdot (V_m - E_L) - G_{Na} \cdot (V_m - E_{Na}) - G_K \cdot (V_m - E_K) + I_{uyg}(t) \quad (1)$$

$$\frac{dm}{dt} = \alpha_m(V_m)(1 - m) + \beta_m(V_m) m \quad (2)$$

$$\frac{dh}{dt} = \alpha_h(V_m)(1 - h) + \beta_h(V_m) h \quad (3)$$

$$\frac{dn}{dt} = \alpha_n(V_m)(1 - n) + \beta_n(V_m) n \quad (4)$$

$$G_{Na} = \bar{G}_{Na} m^3 h \quad (5)$$

$$G_K = \bar{G}_K n^4 \quad (6)$$

V_m ölçülen zar gerilimi, V_r dinlenme durumundaki zar gerilimidir. $\bar{G}_{Na}$, $\bar{G}_K$, hücre zarındaki Na^+ ve K^+ kanallarının maksimum iletkenlik değerleridir. G_L sızıntı akımı iletkenliğidir. Na^+ kanalı üç özdeş aktivasyon (m^3) ve bir inaktivasyon kapısı (h) ve K^+ kanalı dört özdeş aktivasyon (n^4) kapısına sahiptir. Kanalın açık ve kapalı durumlar arasındaki geçişleri $\alpha(V_m)$ ve $\beta(V_m)$ gerilim bağımlı oran sabitleri ile tanımlanır. Na^+ akımının kararlı-durum aktivasyonu m_∞ , inaktivasyonu h_∞ . K^+ kanal akımının kararlı-durum aktivasyonu n_∞ dur [42].

$$C \frac{dV_m}{dt} = -G_L(V_m - E_L) - \bar{G}_{Na} m^3 h (V_m - E_{Na}) - \bar{G}_K n^4 (V_m - E_K) + I_{uyg}(t) \quad (7)$$

$$\alpha_m = \frac{-0.1(V_m - V_r - 25)}{\exp[-(V_m - V_r - 25)/10] - 1} \quad V_r - V_m > 24.99 \text{ ise} \quad (8)$$

$$\alpha_m = \frac{-1}{\exp[-(V_m - V_r - 25)/10]} \quad V_r - V_m \leq 24.99 \text{ ise} \quad (9)$$

$$\beta_m = 4(\exp[-(V_m - V_r)/18]) \quad (10)$$

$$\alpha_h = 0.07(\exp[-(V_m - V_r)/20]) \quad (11)$$

$$\beta_h = \frac{1}{1 + \exp[-(V_m - V_r - 30)/10]} \quad (12)$$

$$\alpha_n = \frac{0.01(V_m - V_r - 10)}{1 + \exp[-(V_m - V_r - 10)/10]} \quad V_r - V_m > 9.99 \text{ ise} \quad (13)$$

$$\alpha_n = \frac{0.1}{\exp[-(V_m - V_r - 10)/10]} \quad V_r - V_m \leq 9.99 \text{ ise} \quad (14)$$

$$\beta_n = 0.125(\exp[-(V_m - V_r)/80]) \quad (15)$$

$$m_\infty(V_m) = \alpha_m(V_m) / (\alpha_m(V_m) + \beta_m(V_m)) \quad (16)$$

$$h_\infty(V_m) = \alpha_h(V_m) / (\alpha_h(V_m) + \beta_h(V_m)) \quad (17)$$

$$n_{\infty}(V_m) = \alpha_n(V_m)/(\alpha_n(V_m) + \beta_n(V_m)) \quad (18)$$

2.2 Kullanılan Donanım ve Yazılım Özellikleri

FPGA, programlanabilir mantık blokları ve bu bloklar arasındaki ara bağlantılardan oluşan ve geniş uygulama alanlarına sahip olan sayısal tümleşik devrelerdir. Kullanıcının yapacağı tasarımlar için gerekli mantık fonksiyonlarını gerçekleştirmek üzere tasarlanmıştır. FPGA donanımındaki her bir mantık bloğunun fonksiyonu kullanıcı tarafından belirlenir. Alanda programlanabilir özelliği, mantık bloklarının ve ara bağlantıların donanım tanımlama esnasında programlanabilmesidir. FPGA mimarisi; yapılandırılabilir lojik bloklar, blok dizisini çevreleyen giriş-çıkış blokları ve programlanabilir ara bağlantılardan oluşur. Ara bağlantılar ayarlanarak Lojik blokları arasında bağlantılar kurulur. Ara bağlantılar genellikle VHDL veya Verilog donanım tanımlama dilleri kullanılarak programlanır. Yapılandırılabilir lojik blokların ağırlıklı olarak; Arama tablosu (LUT) tabanlı mimari veya Çoklayıcı (MUX) tabanlı mimari gibi yapılardan ve saklama elemanlarından oluşur [43].

FPGA ile mikroişlemci arasındaki temel işlemcilerin sabit bir donanım yapısına sahipken FPGA'lar tasarlanabilir ve kullanıcının isteğine bağlı olarak farkı donanım yapılarının oluşturulmasına izin vermesidir. Öyle ki bir FPGA içerisinde işlemci de tasarlanabilir. FPGA içerisindeki mantık hücreleri sabittir fakat bunların bağlantıları yapılandırılabilir özelliktedir. Ayrıca işlemciler programları sırayla işlerken, FPGA'lar yazılan HDL koduna göre “paralel olarak” aynı anda işletilebilir [44].

Günümüzde FPGA tasarlamak için yaygın olarak HDL (Hardware Description Language-Donanım tanımlama dili) kullanılır. Burada tercihe göre VHDL (Very High Speed Integrated Circuit Hardware Description) veya Verilog dili kullanılır. VHDL ile tanımlana “process” bloğu ile istenirse sıralı (sequential) işlemler de yapılır [45,46].

2.3. Kullanılan Bord ve Özellikleri

Çalışmamızda Xilinx Kintex-7™ FPGA (XC7K325T-2FFG900C) bordu kullanılmıştır. Bordda ait bazı özellikler şu şekildedir; Her biri dört adet 6 girişli LUT ve 8 adet flip-flop içeren 50.950 mantık dilimi (7 kata kadar), 450 MHz'i aşan dahili saat hızları, Yonga üzerinde analogdan dijitale dönüştürücü (XADC), 32 bit veri genişliği, 1800 Mbps veri hızı DDR3 RAM [47].



Görsel 2. Xilinx Kintex-7™ FPGA (XC7K325T-2FFG900C) bordu [46]

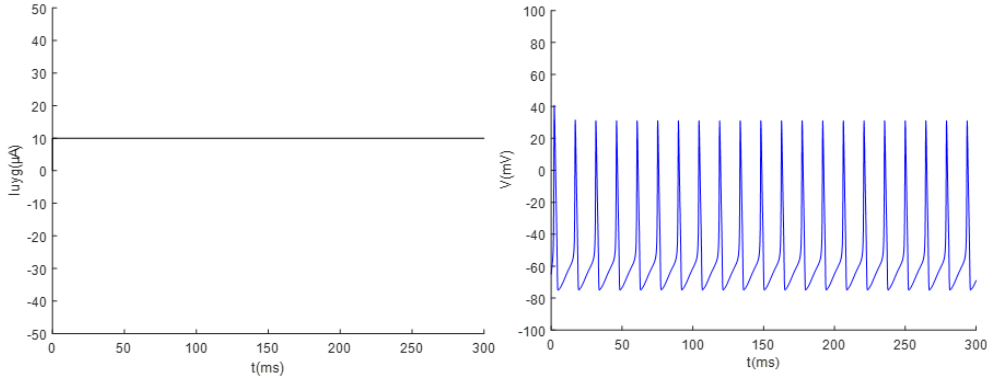
3. BULGULAR ve TARTIŞMA

“Xilinx Genesys-2 Kintex-7 FPGA” board üzerinde gerçekleştirilmektedir. Bu bordun programlanması için “Vivado” yazılımı kurulmuştur. Bu yazılım aynı zamanda FPGA boardları için simülatör olarak kullanılabilir. Bordu programlamak için; VHDL yazılım tekniğini tercih ettik. Oluşturulan temel yazılımlarla yazılım derleme hata ayıklama ve simüle etme çalışmaları Vivado yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Ardından bu yazılımlara, bağlı FPGA kartının Vivado tarafından algılanması ile üzerinde denemeler gerçekleştirilmiştir. Burada önemli bir adım olan yazılımda kullanılan portların FPGA donanım isimleri ile eşleştirilmesi adımıdır.

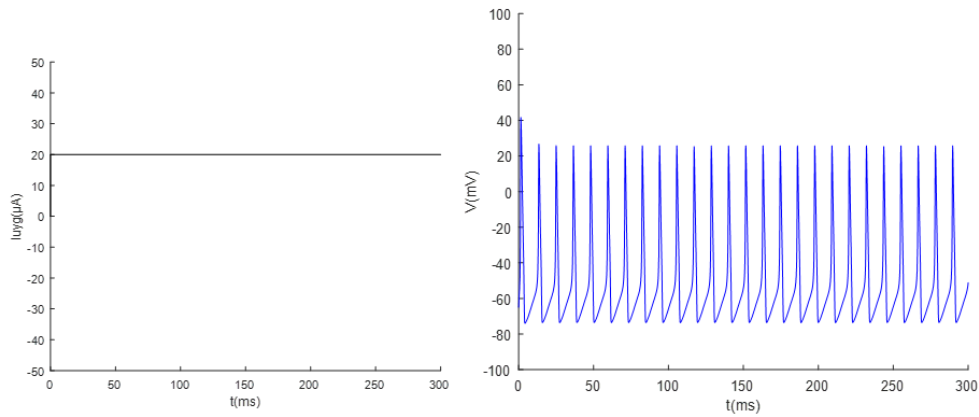
Bu çalışmaların ardından daha önce Matlab üzerinde çalıştırılmış olan Hodgkin-Huxley sinir hücresi modeli yazılımı Vivado ortamında oluşturularak simülasyonu yapılmaktadır. Bunun ardında borda aktarılan yazılımla port çıkışlarından Matlab sonuçları ile karşılaştırmalar yapılmaktadır. Yapılan modelleme çalışmalarında Matlab yazılım ortamında modele çeşitli akım uygulamaları sonucu modelin aksiyon potansiyeli üretim sonuçları yine yazılım ortamında değerlendirilmiştir.

Çalışmanın sonunda hücre modelleri FPGA ortamına yüklenerek bilgisayar bağımsız çalışmaları sağlanacaktır. Matlab simülasyonları çalışmalarında modele uygulanan akımlar yazılım şeklinde gerçekleşmiştir. Bu tür çalışmalarda yapılan harici akım uygulamaları biyolojik ortamdaki akımlara benzer şekilde elektrik sinyalleri şeklinde olacaktır. Ayrıca bilgisayar ve yazılım bağımsız çalışılabilecektir. Paralel çalışma yapısı sayesinde hızlı ve esnek

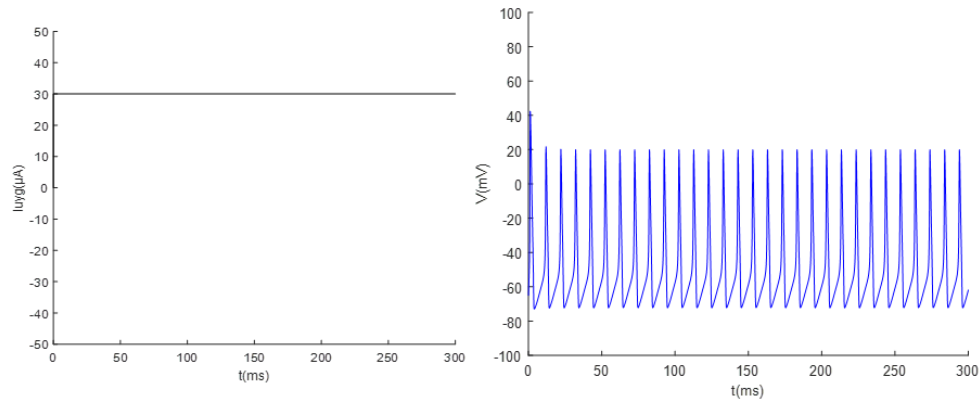
yapısı sayesinde farklı birçok çalışmayı destekleyecek şekilde olacaktır. Ayrıca FPGA haberleşmesi aksiyon potansiyeli akımıyla olacağından bu etkinin yazılım uygulamalarından farkı gözlenecektir. Çeşitli seviyelerdeki DC akım uyarısına karşılık elde edilen hücre zarı gerilimi veya aksiyon potansiyeli örnekleri Görsel 3-5’de gösterilmiştir.



Görsel 3. Uygulanan $10\mu A$ akıma karşılık üretilen Aksiyon potansiyeli dizisi



Görsel 4. Uygulanan $20\mu A$ akıma karşılık üretilen Aksiyon potansiyeli dizisi



Görsel 5. Uygulanan $30\mu A$ akıma karşılık üretilen Aksiyon potansiyeli dizisi

4. SONUÇ

Çalışmamızda bir nöron modeli VHDL yazılımı kullanılarak FPGA üzerinde donanımsal olarak tanımlanmıştır. Paralel veri işleme kapasitesi sayesinde çok hızlı sonuç veren FPGA ile akım uygulaması sonrası kapı gecikmeleri kadar süre sonunda hücrenin tepkisi gözlenmiştir. Hücreler arası haberleşme model devreye eklenen bir kol ile oluşturulmaktadır. Daha gerçekçi bu yaklaşımla kimyasal sinaps ile iletişim modellenmektedir.

Çalışmanın devamında beyin hücrelerinde bilgini uzun ve kısa süreli tutulmasıyla ilgili bu çalışmalarda elektronik ortamda veri tutma modelleneyecektir. Biyolojik bellek yapısının elektronik ortamlarda gerçekleştirilmesi, hedeflenen bazı biyolojik bellek hastalıklarının çözümündeki çalışmalara katkısını olacağını düşünmekteyiz. Böylece bilginin tutulduğu hücre modelleri üzerindeki çeşitli parametreler değiştirilerek, alzaimer, hafıza kayıpları, öğrenememe gibi bellek hastalıkları elektronik ortamda modellenebilir. Ayrıca bu tür çalışmalar bir sonraki adım olan bilginin beyinde nasıl kodlandığı, biyolojik ağ yapısında nasıl bir etkiyle, çok büyük miktarda verilerin beyin hücrelerinde saklanabildiği konusuna katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- [1] Kandel, E.R., Schwartz, J.H. ve Jessell T.M., Principles of Neural Science, Fourth Edition, McGraw-Hill, New York, 5-6, 2000.
- [2] Arbib, M.A., The Handbook of Brain Theory and Neural Network, Second Edition 2003.
- [3] Kumar, J., Murali, S., Kumar, J. ve Bhakthavatchalu, R., Design and Implementation of Hodgkin and Huxley Spiking Neuron Model on FPGA, IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT), 2016. Doi: 10.1109/RTEICT.2016.7808078, EISBN: 978-1-5090-0774-5
- [4] Sherbaf, K.A., Abdoli, B., Safari, S. ve Vahabie, A.H., A Scalable FPGA Architecture for Randomly Connected Networks of Hodgkin-Huxley Neurons. Front. Neurosci., 2018, <https://doi.org/10.3389/fnins.2018.00698>
- [5] Ambroise, M., Buccelli, S., Grassia, F., Pirog, A., Bornat, Y., Chiappalone, M. ve Levi, T., Biomimetic neural network for modifying biological Dynamics during hybrid experiments. Artif Life Robotics 22:398–403, 2017. DOI 10.1007/s10015-017-0366-1
- [6] Gerstner, W. ve Kistler, W.M., Spiking Neuron Models, Cambridge University Press, 2002.
- [7] Trappenberg, T.P., Fundamentals of Computational Neuroscience, Oxford University Press, 2002.
- [8] Weiss, T.F., Cellular Biophysics, Massachusetts Institute of Technology, Second Printing, 1997.
- [9] Khoiratee, F., Saighi, S. ve Levi, T., Real-time Digital Implementation of HH neural network on FPGA: cortical neuron simulation, The International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB2018), Oita, Japan, 2018. Doi: 10.5954/ICAROB.2018.OS9-3
- [10] Grassia1, F., Buhry, L., Lévi, T., Tomas1, J., Destexhe, A. ve Saighi, S., Tunable neuromimetic integrated system for emulating cortical neuron models, Front. Neurosci. 5:134, eCollection, 2011. doi: 10.3389/fnins.2011.00134.

- [11] Yang, S., Wei, X., Deng, B., Liu, C., Li, H. ve Wang, J. Efficient digital implementation of a conductance-based globus pallidus neuron and the dynamics analysis, *Physica A* 494, 484–502, 2018, www.elsevier.com/locate/physa
- [12] Ölmez, E., FPGA tabanlı mikrobilgisayar mimarisi kullanılarak dc motor sürücü tasarımı ve uygulaması, Bozok Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 2012.
- [13] Upegui, A., Reyes, C. A. ve Sanchez, E., An FPGA platform for on-line topology exploration exploration of spiking neural networks. *Microprocessors and Microsystems* 29, 211–223, 2005, www.elsevier.com/locate/micpro
- [14] Zhang, L., Implementation of Fixed-point Neuron Models with Threshold, Ramp and Sigmoid Activation Functions., *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: Mater. Sci. Eng.* 224 012054, 2017.
- [15] Yang, S., Wang, J., Li, S., Li, H., Wei, X., Yu, H. ve Deng, B., Digital implementations of thalamocortical neuron models and its application in thalamocortical control using FPGA for Parkinson's disease”, *Neurocomputing* 177 274–289, 2016, www.elsevier.com/locate/neucom
- [16] Sun, W., Qin, Y., You B. ve Wang, M., Real-time FPGA platform for feedforward-network-based electroacupuncture analysis. *Chinese Automation Congress (CAC)*, IEEE Xplore: (2018), DOI: 10.1109/CAC.2017.8242798,
- [17] Levi, T., Khoyratee, F., Saighi, S. ve Ikeuchi, Y., Digital implementation of Hodgkin–Huxley neuron model for neurological diseases studies, *Artif Life Robotics*, 23, 10–14, 2018, <https://doi.org/10.1007/s10015-017-0397-7>
- [18] Lin, H., Digital Neuron Cells for Highly Parallel Cognitive Systems, *Circuits and Systems Group Department of Microelectronics & Computer Engineering Faculty of Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science Delft University of Technology*, M.Sc. Thesis. 2017.
- [19] Merino Mallorquí, E. G., Digital system for spiking neural network emulation (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya), 2017.
- [20] Selyunin, K., Hasani, R. M., Ratasich, D., Bartocci, E. ve Grosu, R., Computing with Biophysical and Hardware-efficient Neural Models, *Advances in Computational Intelligence 14th International Work-Conference on Artificial Neural Networks (IWANN 2017)*, Cadiz, Spain, Part I, pp 535-547, 2017.
- [21] Yi, Y., Liao, Y., Wang, B., Fu, X., Shen, F., Hou, H. ve Liu, L., FPGA based spike-time dependent encoder and reservoir design in neuromorphic computing processors, *Microprocessors and Microsystems* 46 175–183, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micpro.2016.03.009>
- [22] Chen, Q., Wang, J., Yang, S., Qin, Y., Deng, B. ve Wei, X., A real-time FPGA implementation of a biologically inspired central pattern generator network”, *Neurocomputing*, Elsevier B.V. 244, 63–80, 2017., journal homepage: www.elsevier.com/locate/neucom
- [23] Finn K., Aedan, C., Frank, C. ve Fearghal, M., Neuron Models in FPGA Hardware - A Route from High Level Descriptions to Hardware Implementations. *NEUROTECHNIX 2014 - Proceedings of the 2nd International Congress on Neurotechnology, Electronics and Informatics*. 177-183. 10.5220/0005190501770183.

- [24] Yanga, S., Wanga, J., Li, S., Denga, B., Weia, X., Yua, H. ve Li, H. Cost-efficient FPGA implementation of basal ganglia and their Parkinsonian analysis”, *Neural Networks* 71, 62–75, 2015, www.elsevier.com/locate/neunet
- [25] Wanga, Q, Lia, Y., Shaob, B., Deya, S. ve Lia, P., Energy efficient parallel neuromorphic architectures with approximate arithmetic on FPGA, *Neurocomputing* 221, 146–158, 2018, <http://dx.doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.071>
- [26] Bonabi, S.Y., Asgharian, H., Safari, S. ve Ahmadabadi, M.N., FPGA implementation of a biological neural network based on the Hodgkin-Huxley neuron model, *Frontiers in Neuroscience, Neuromorphic Engineering*, 2014., doi: 10.3389/fnins.2014.00379
- [27] Bonabi, S.Y., Asgharian, H., Bakhtiari, R., Safari, S. ve Ahmadabadi, M.N. FPGA Implementation of a Cortical Network Based on the Hodgkin-Huxley Neuron Model”, *International Conference on Neural Information Processing, (ICONIP), Neural Information Processing Part I, LNCS 7663*, pp 243-250,2012. DOI: 10.1007/978-3-642-34475-6_30,
- [28] Yang, S., Deng, B., Li, H., Liu, C., Wang, J., Yu, H. ve Qin, Y., FPGA implementation of hippocampal spiking network and its real-time simulation on dynamical neuromodulation of oscillations”, *Neurocomputing* 1–15, 2017., <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.12.031>
- [29] Deng, B., Zhu, Z., Yang, S., Wei, X., Wang, J. ve Yu, H. FPGA implementation of motifs-based neuronal network and synchronization analysis, *Physica A* 451 (2016) 388–402, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2016.01.052>
- [30] Lin, Q., Wang, J., Yang, S., Yi, G., Deng, B., Wei, X. ve Yu, H., The dynamical analysis of modified two-compartment neuron model and FPGA implementation”, *Physica A* 484, 199–214, 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.physa.2017.04.165>, www.elsevier.com/locate/physa,
- [31] Grassia, F., Kohno, T. ve Levi, T. Digital hardware implementation of a stochastic two-dimensional neuron model, *Journal of Physiology*, www.elsevier.com/locate/jphysparis, 2017., <http://dx.doi.org/10.1016/j.jphysparis.2017.02.002>, 0928-4257/
- [32] Bonabi S.Y, Asgharian H., Bakhtiari R., Safari, S. ve Ahmadabadi, M.N., FPGA Implementation of Hodgkin-Huxley Neuron Model, In *Proceedings of the 4th International Joint Conference on Computational Intelligence*, DOI: 10.5220/0004152605220528,
- [33] Su, F., Deng, B., Li, H., Yang, S., Qin, Y., Wang J. ve Liu, C., FPGA-based hardware simulation of nonlinear autoregressive Volterra model to reconstruct the single neuron spike pattern, *International Journal of Modern Physics B*, 31, 1750238, 19, 2017, DOI:10.1142/S0217979217502381
- [34] Nikitin, P., Shi, C.R. ve Wan, B. Modeling partial differential equations in VHDL-AMS. 345 - 348., 2003., 10.1109/SOC.2003.1241540.
- [35] Osorio, R.R., Pipelined FPGA Implementation of Numerical Integration of the Hodgkin-Huxley Model, *IEEE 27th International Conference on Application-specific Systems, Architectures and Processors (ASAP)*, 2016., DOI: 10.1109/ASAP.2016.7760794
- [36] Uzun, S., Canal, R. ve Kaçar, M., *VHDL Programming Language and Application of FPGA Based Logic Electronics Circuit*. 2011.
- [37] Vanderbauwhede, W. ve Benkrid, K., *High-Performance Computing Using FPGAs*, ISBN 978-1-4614-1790-3 ISBN 978-1-4614-1791-0 (eBook), Springer New York Heidelberg Dordrecht London. DOI 10.1007/978-1-4614-1791-0,

- [38] Schachinger, D., Simulation of extracellularly recorded activities from small nerve formations in the brain, Thesis, Wien, Mai, 2003.
- [39] Wang, J., Jianming, G.J., ve Fei, X., Two-parameters hopf bifurcation in the Hodgkin–Huxley model. 23, 973–980, 2005.
- [40] Dayan, P. ve Abbott, L.F., Theoretical neuroscience, 2002.
- [41] Izhikevich, E.M., Dynamical systems in neuroscience. The MIT Press Cambridge, 16-17, (2007).
- [42] Bower, J.M. ve Beeman, D., The Book of GENESIS (Second edition), Springer-Verlag, (1998).
- [43] Brown S. ve Rose J., Architecture of FPGAs and CPLDs: A Tutorial, University of Toronto.
- [44] Maya G. ve Paul, G., Recon gurable Computing: Accelerating Computation with Field - Programmable Gate Arrays. Reconfigurable Computing: Accelerating Computation with Field-Programmable Gate Arrays., 2025, 10.1007/b136834.
- [45]https://web.itu.edu.tr/orencik/BilgMimYenYakl2007/Mehmet_Aktas/FPGA_Mimarisi_Rapor.pdf
- [46] <https://www.vhdl-online.de/start>
- [47] <https://digilent.com/reference/programmable-logic/genesys-2/reference-manual>

HEALTH ANALYSIS USING FACE MAPPING METHOD WITH IMAGE PROCESSING TECHNIQUE

Sedanur YILMAZ

Samsun Üniversitesi, 220709003@samsun.edu.tr, ORCID ID: 0009-0001-3535-711X

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN

Samsun Üniversitesi, ahmet.turan@samsun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-5653-9695

ABSTRACT

Today, the increase in the number of diseases and patients increases the importance of early diagnosis and preventive health services. The face mapping approach involves the use of facial symptoms and changes for disease diagnosis and health status assessment. In traditional medical approaches (such as Chinese Medicine, Persian Medicine, Islamic Medicine), it is believed that certain points reflecting each organ and system of the body are located on the face and are used in diagnosis and assessment processes by traditional medical practitioners specialized in these fields. Face mapping is performed by observing these points and examining physical features such as skin color, texture, wrinkles, acne, swelling, and spots.

In our study, modern artificial intelligence and image processing techniques were used to evaluate the health status with the face mapping method. It is aimed to combine face mapping techniques obtained from traditional medical practices with modern artificial intelligence methods to make a more comprehensive health analysis. Using the face mapping system, the points where different parts of the face (forehead, chin, cheeks, etc.) are related to organs will be determined and analyzed. This system aims to contribute to the early diagnosis of diseases and the taking of preventive measures. It will enable people to quickly get general information about their health status at home regarding their complaints and help them determine the relevant medical departments in cases where they need to go to the hospital. The system to be developed in this way will support people to access health services more quickly and effectively, prevent unnecessary loss of time in hospitals and increase the efficiency of health services. During the data collection process, facial images were obtained from the participants. The forehead, chin and cheek areas will be detected in the facial images and color, skin texture and spot analyses will be performed in these areas. Health status will be evaluated as a result of the color and texture analyses performed in the detected areas on the face. In line with this scope, the study aims to integrate both traditional medicine into modern medical diagnostic processes and to develop innovative methods in the field of health technologies. The study first studied Anemia. Lip images were separated from the photographs taken using image processing techniques. Anemia was detected in the color tone differences in the obtained images. In this study, the difference between people with anemia and healthy people was evaluated.

Keywords: Image processing, Traditional medicine, Disease diagnosis from face mapping analysis, Anemia diagnosis.

GÖRÜNTÜ İŞLEME TEKNİĞİ İLE YÜZ HARİTALAMA YÖNTEMİ KULLANILARAK SAĞLIK ANALİZİ

Sedanur YILMAZ

Samsun Üniversitesi, 220709003@samsun.edu.tr, ORCID ID: 0009-0001-3535-711X

Dr. Öğr. Üyesi Ahmet TURAN

Samsun Üniversitesi, ahmet.turan@samun.edu.tr- ORCID ID: 0000-0001-5653-9695

ÖZET

Günümüzde hastalıkların ve hasta sayısının artışı, erken teşhis ve önleyici sağlık hizmetlerinin önemini artırmaktadır. Yüz haritalama yaklaşımı, yüzdeki belirtiler ve değişikliklerin hastalık teşhisi ve sağlık durumunun değerlendirilmesi için kullanılmasını içerir. Geleneksel tıp yaklaşımlarında (Çin Tıbbı, Fars Tıbbı, İslam Tıbbı gibi), vücudun her bir organ ve sistemini yansıtan belirli noktaların yüzde bulunduğu inanılır ve bu alanlarda uzmanlaşmış geleneksel tıp pratisyenleri tarafından teşhis ve değerlendirme süreçlerinde kullanılır. Yüz haritalama, bu noktaların gözlemlenmesi ve cilt rengi, doku, kırışıklıklar, sivilceler, şişlikler, lekeler gibi fiziksel özelliklerin incelenmesi yoluyla gerçekleştirilir.

Çalışmamızda yüz haritalama yöntemi ile sağlık durumunun değerlendirilmesi amacıyla modern yapay zekâ ve görüntü işleme teknikleri kullanılmıştır. Geleneksel tıp uygulamalarından elde edilen yüz haritalama tekniklerinin modern yapay zekâ yöntemleriyle birleştirilerek daha kapsamlı bir sağlık analizi yapılması hedeflenmiştir. Yüz haritalama sistemi kullanılarak yüzün farklı bölgelerinin (alın, çene, yanak vb.) organlarla ilişkili olduğu noktalar belirlenecek ve analiz edilecektir. Bu sistem, hastalıkların erken teşhis edilmesine ve önleyici tedbirlerin alınmasına katkıda bulunmayı hedeflemektedir. Kişilerin şikayetlerine yönelik hızlı bir şekilde evde sağlık durumu hakkında genel bilgi alabilmelerini sağlamak ve hastaneye gitmeleri gereken durumlarda ilgili tıbbi bölümleri belirlemelerine yardımcı olacaktır. Bu şekilde geliştirilecek sistem, kişilerin sağlık hizmetlerine daha hızlı ve etkili bir şekilde erişmesini destekleyecek, hastanelerde gereksiz zaman kaybını önleyerek sağlık hizmetlerinin verimliliğini artıracaktır. Veri toplama sürecinde katılımcılardan yüz görüntüleri elde edilmiştir. Yüz görüntülerinde alın, çene ve yanak bölgeleri tespit edilecek ve bu bölgelerde renk, cilt dokusu ve leke analizleri yapılacaktır. Yüzde tespit edilen bölgelerde yapılan renk ve doku analizleri sonucunda sağlık durumu hakkında değerlendirmeler yapılacaktır. Bu kapsam doğrultusunda, çalışma hem geleneksel tıbbın modern tıbbi teşhis süreçlerine entegrasyonunu hem de sağlık teknolojileri alanında yenilikçi yöntemlerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Çalışmada ilk olarak Anemi (kansızlık) konusunda çalışılmıştır. Alınan fotoğraflardan görüntü işleme teknikleriyle dudak resimleri ayrıştırılmıştır. Elde edilen resimlerde renk tonu farklılıklarında anemi tespiti yapılmıştır. Bu çalışmada anemi hastalığı yaşayanlarla sağlıklı kişiler arasındaki fark değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü işleme, Geleneksel tıp, Yüz haritalama analizinden hastalık teşhisi, Anemi teşhisi.

GİRİŞ

Günümüzde hastanelerde, hastalık teşhislerinde kullanılan Manyetik Rezonans (MR), Bilgisayarlı Tomografi (BT) ve ultrasonografi gibi cihazlardan elde edilen veriler, görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmalarıyla daha detaylı bilgiler sunmaktadır. Elde edilen bu verilerin analizleri; özellikle kanser, nörolojik bozukluklar ve kalp hastalıkları gibi ciddi rahatsızlıkların teşhisinde önemli rol oynamaktadır (Mahmud vd., 2023; Ramzan vd., 2024). Son yıllarda, görüntü işleme ve yapay zekâ algoritmalarının gelişmesiyle sağlık alanında yapay zekâ ve görüntü işleme teknikleri ile hastalık teşhisine yönelik yapılan çalışmaların sayısı artış göstermiştir (Zhang vd., 2022). Örneğin derin öğrenme tabanlı modeller, U-Net gibi Evrişim Sinir Ağı yöntemleri, piksel boyutlu segmentasyon yapmayı mümkün kıldığı için tıbbi görüntülerin segmentasyonunda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca, radyoloji uygulamalarında yapılan yapay zekâ destekli sistemler, görüntülerdeki anormalliklerin tespitinde radyologların iş yükünü azaltmaktadır (Ahmad & Alqurashi, 2024; Zhang vd., 2022). Sağlık alanında yapay zekâ algoritması olarak, Google'ın DeepMind ekibi tarafından geliştirilen Med-Gemini, hastalık teşhisi doğruluğunda %91,1 gibi etkileyici bir başarı oranına ulaşmıştır (*TBSA_RAPOR_KITAP_20.08.pdf*, t.y.). Türkiye'de ise yapay zekâ kullanımı özellikle dijital patoloji projelerinde patolojik görüntülerin hızlı ve doğru analizinin yapılmasına yardımcı olmakta, bu durum ise erken teşhis süreçlerinin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır (Grubu, 2022).

Sağlık hizmetlerinde yaşam kalitesini artıran ve ölüm oranlarını azaltan en önemli unsurlardan biri erken teşhistir. Bununla birlikte, erken teşhis süreçlerinde yaşanan zorluklar bulunmaktadır. Sağlık altyapısı yetersiz olan düşük ve orta gelirli ülkelerde, teşhis için kullanılan cihazların erişim sıkıntısı bu süreci etkilemektedir. Ayrıca erken teşhis süreci doktorun deneyimi ile doğru orantılıdır. Bu süreçte doktorlar arasındaki deneyim farklılıklarını minimize etmek için geliştirilmiş olan yapay zekâ sistemlerinin, sağlık profesyonelleri tarafından anlaşılabilirliğinin artması da önemli bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır (*Advancing medical AI with Med-Gemini*, t.y.; *AI-in-Global-Health_webFinal_508*, t.y.; Al Kuwaiti vd., 2023; Aziz vd., 2024). Erken tanı sürecindeki zorlukları aşmak için geliştirilen erken tanı sistemlerine örnek olarak, akciğer kanserinin erken teşhisi için geliştirilen görüntü işleme ve yapay zekâ sistemleri verilebilir. Derin öğrenme tabanlı bir model olan U-Net modeli, akciğer nodüllerinin segmentasyonu ve boyutlarının ölçümünde başarılı olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem ayrıca, kanserin evresini belirlemek ve tedavi planlarını optimize etmek için de kullanılmaktadır (Li vd., 2020). Bir diğer örnek olarak, kardiyovasküler hastalıkların teşhisinde kullanılan yapay zekâ algoritmalarını verebiliriz. BT görüntülerinden damar analizi, plak durumlarının tespiti ve damar daralmalarının ölçümü için etkili bir araç olarak geliştirilmiştir [2]. Bu uygulamalar, sağlık hizmetlerinin doğruluğuna katkı sağlarken, erken teşhis ve tedavi süreçlerini hızlandırıp iyileştirmektedir. Erken teşhis süreçlerinde geleneksel tıp yaklaşımları da kullanılmaktadır (Li vd., 2020).

Geleneksel tıp yaklaşımları, binlerce yıllık bir birikimi yansıtarak sağlık analizi için basit ve etkili yöntemler sunmaktadır (Abdulghafor Khudhaer Abdullah vd., 2023; Farahi vd., 2023; Hassoon vd., 2024). Yüz, dil, göz ve el gibi organların durumları incelenerek sağlık bilgisi ile ilgili bilgiler sağlanması geleneksel tıp yaklaşımlarında önemli bir yer tutar (Abdulghafor Khudhaer Abdullah vd., 2023; Farahi vd., 2023; Hassoon vd., 2024; Li vd., 2020). Çin Geleneksel Tıbbı'nda (TCM), yaklaşık olarak 2000 yıldır uygulanmakta olan dil analizi; dilin renginden, yüzeyinden ve nem seviyesi gibi durumlarından kişinin iç organlarının durumunu değerlendirmekte kritik bir araç olarak kullanılmaktadır (Abdulghafor Khudhaer Abdullah vd., 2023; Li vd., 2020). Örneğin, TCM'de kullanılan dil teşhis sistemlerinin bilgisayarlaştırılmış versiyonları, dil rengi ve yüzey özelliklerini analiz ederek diyabet, anemi ve sindirim sistemi rahatsızlıkları gibi çeşitli hastalıkların erken teşhisinde kullanılmaktadır [1, 9]. Benzer şekilde, İran geleneksel tıbbında da (Persian Medicine), dil ile yüz ve cilt özellikleri gibi parametreler de teşhis sürecinde kullanılmaktadır (Farahi vd., 2023). Örneğin, Farahi vd. (2023) çalışması, İran tıbbında dil fotoğraflarının standartlaştırılması ve bu görsellerin eğitim modeli olarak kullanılabilirliğini vurgulamaktadır. Bu çalışma, geleneksel tıp yaklaşımlarının modern görüntü işleme teknikleriyle desteklenebileceğini ve eğitim süreçlerini iyileştirerek klinik uygulamalarda daha güvenilir sonuçlar elde edilebileceğini göstermiştir (Farahi vd., 2023). Bu örneklerden de anlaşıldığı gibi geleneksel yöntemlerin modern teknolojilerle birleşimi, sağlık analiz sürecinin geleneksel tıp uzmanının tecrübesine bağlı olmaktan çıkarak, geleneksel analizlerin hızını ve doğruluğunu arttırmıştır (Ding vd., 2019). Geleneksel tıp ile görüntü işleme ve yapay zekâ tekniklerinin bir araya gelmesi hem erken teşhis süreçlerinde hem de düşük maliyetli ve kolay erişilebilir sağlık hizmetlerinin geliştirilmesinde potansiyel taşımaktadır (Abdulghafor Khudhaer Abdullah vd., 2023; Ding vd., 2019; Li vd., 2020). Bu duruma örnek olarak Hassoon vd. (2024), düşük maliyetli bir dil teşhis sistemi geliştirerek sağlık hizmetlerinin erişimini artırmayı ve özellikle düşük gelirli bölgelerde erken teşhisi teşvik etmeyi amaçlamıştır (Hassoon vd., 2024). Bu yöntemlerin kullanımının artması, sağlık sektöründe destekleyici süreçlere katkı sağlarken, aynı zamanda bireylerin sağlık farkındalığını da artırmaktadır (Abdulghafor Khudhaer Abdullah vd., 2023; Hassoon vd., 2024).

Günümüzde anemi teşhisi için genellikle kan testleri kullanılmakta olup, oldukça etkili sonuçlar veren bu yöntemler invaziv olmaları ve özel ekipman gerektirmeleri nedeniyle erişim zorlukları oluşturabilmektedir (Mahmud vd., 2023; Nousir vd., 2024). Bu durum, non-invaziv yöntemlerin ihtiyacını doğurmuştur. Anemi teşhisine yönelik non-invaziv yöntem çalışmaları arasında el renginden anemi analizi (Naskar vd., 2024), göz konjunktivasındaki solgunluk düzeyinin değerlendirilmesi (Nousir vd., 2024), diş etlerinde renk değişikliklerinin izlenmesi gibi yöntemler bulunmaktadır (Hassoon vd., 2024). Yüz ve cilt renginden yapılan analizler, kolay uygulanabilir olmaları ve vasküler yoğunluğu yüksek bölgeleri içermeleri nedeniyle daha sık tercih edilmektedir (Yakimov vd., 2024; Zhang vd., 2022). Bu nedenle, çalışmamızda anemi durumunu hem cilt hem de dudaktan teşhis etmeyi hedeflemekteyiz. Dudak analizi, dudak mukozasının rengi ve parlaklığını incelemeyi içerirken, cilt analizi ise cilt solgunluğunun değerlendirilmesi ile bize önemli ipuçları sağlayacaktır (Mahmud vd., 2023; Yakimov vd., 2024). Aneminin yaygınlığı ve ciddi etkileri göz önüne alındığında, bu tür non-invaziv

yöntemler, özellikle düşük maliyetli ve hızlı teşhis için önemli bir potansiyel taşımaktadır (*Anaemia in women and children*, t.y.; Zhang vd., 2022).

Bu konuyla ilgili yapılan benzer çalışmalar şu şekildedir:

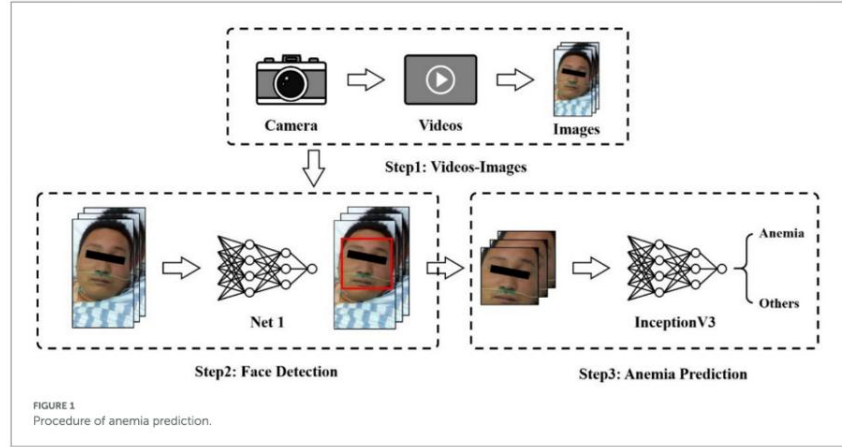
Dönmez ve Danışmaz'ın çalışması, dudak mukozası görüntülerinin analiz edilerek anemi teşhisinde kullanılmasına odaklanmıştır. Bu çalışmada, 200 bireyden toplanan dudak görüntüleri, önce Fuzzy C-Means algoritması ile segmentasyondan geçirilmiş ve dudak bölgesi çevredeki dokulardan ayrıştırılmıştır. Segmentasyon işlemi sonrası dudak rengindeki kırmızı, mavi ve yeşil (RGB) değerlerinin analizi yapılmıştır. Derin öğrenme algoritmaları olarak Convolutional Neural Networks (CNN) kullanılmış ve hemogloblin düzeylerine bağlı olarak dudak renginin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Çalışmada %92,5 doğruluk oranı ile başarılı bir sınıflandırma elde edilmiştir (Dönmez & Danışman, t.y.). Çalışmamız, bu metodolojiyi genişleterek cilt solgunluğu gibi ek biyobelirteçleri dahil etmeyi ve analizi çok yönlü hale getirmeyi amaçlamaktadır.

Değişken	Seçenek	Frekans	Yüzde (%)
Cinsiyet	Kadın	100	72,46
	Erkek	38	27,54
Yaş Aralığı	18-30	53	38,4
	30-50	36	26
	50 ve üzeri	49	35,6

Görsel 1. Veri seti Dağılım Tablosu, 2023

Mahmud vd.'nin çalışması, dudak mukozasından anemi teşhisinde transfer öğrenimi yöntemini ve CNN modellerini kullanmıştır. 500 bireyden alınan dudak görüntüleri üzerinde yapılan bu çalışmada, dudak rengindeki RGB yoğunluklarının analiz edilmesinin yanı sıra Histogram of Oriented Gradients (HOG) özelliği kullanılarak görüntülerin kenar özellikleri çıkarılmıştır. Segmentasyon aşamasında ise dudak bölgesi, Otsu eşikleme yöntemiyle ayrıştırılmıştır. Transfer öğrenimi uygulanan model, %94,3 doğruluk oranı ile yüksek bir başarı sergilemiştir (Mahmud vd., 2023). Çalışmamız, Mahmud vd.'nin çalışmaları cilt analizi ile birleştirerek daha kapsamlı bir teşhis yöntemi geliştirmeyi hedeflemektedir.

Zhang vd.'nin çalışması, yüz görüntüleri üzerinden anemi teşhisini gerçekleştiren bir yöntem geliştirmiştir. Acil servis hastalarından alınan 1.200 yüz görüntüsü üzerinde YOLO (You Only Look Once) algoritması kullanılmış ve yüz bölgeleri segmentlere ayrılmıştır. Bu segmentler, göz altı bölgesi ve yanak gibi vasküler yoğunluğun yüksek olduğu alanları içermektedir. Her segment üzerinde renk analizi yapılarak anemi belirteçleriyle ilişkilendirilen cilt solgunluğu değerlendirildi. Çalışma, %84 doğruluk oranı ile umut verici sonuçlar ortaya koymuş ve yüz analizi ile anemi teşhisinin etkili bir yöntem olabileceğini göstermiştir (Zhang vd., 2022). Çalışmamız, Zhang vd.'nin segmentasyon ve renk analizi yöntemlerini dudak analiziyle birleştirerek biyobelirteçlerin kapsamını genişletmeyi amaçlamaktadır. Görsel 2 ve Çizelge 1'de çalışmayla ilgili ilgili veriler verilmiştir.

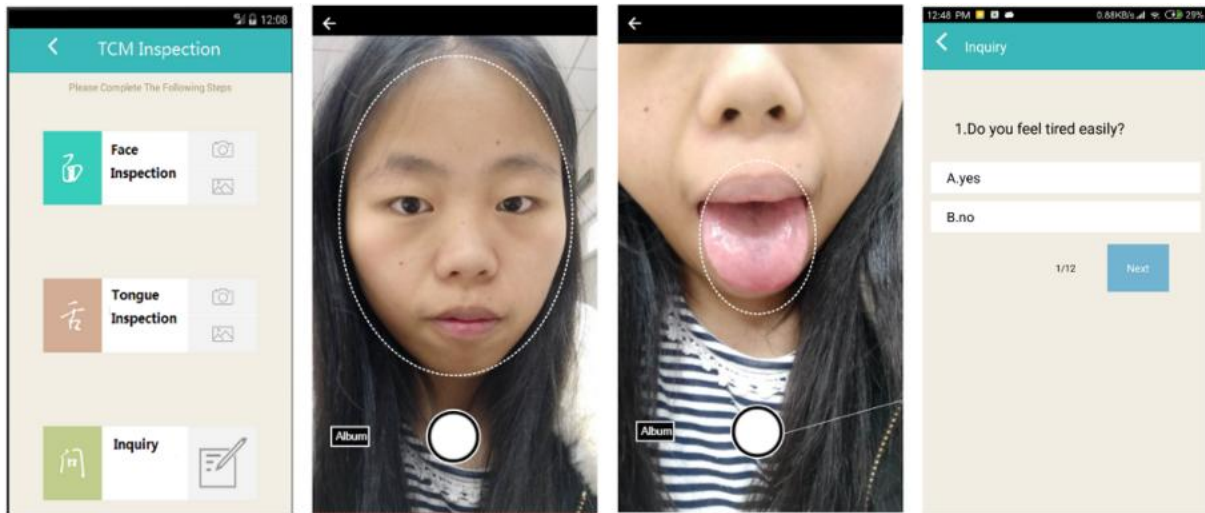


Görsel 2. Anemi Tahmin Prosedürü, 2022

Çizelge 1. Geliştirilen Modelin Başarı Oranı Karşılaştırılması, 2022

	Prediction model	Doctor 1	Doctor 2
Accuracy	82.37%	55.23%	51.46%
Sensitivity	92.59%	66.61%	63.20%
Specificity	69.23%	37.50%	32.51%

Ding vd.'nin çalışması, yüz ve dil görüntülerini analiz eden bir mobil uygulama geliştirmiştir. 150.000 yüz ve dil görüntülerinden oluşan veriseti ile segmentasyon aşamasında, GrabCut algoritması kullanılmış ve yüz ile dil bölgeleri otomatik olarak ayrılmıştır. Renk analizi, dilin ve yüzün parlaklık, doygunluk ve kırmızı değerlerini temel alarak yapılmış; bu değerlerin metabolik rahatsızlıklar ve anemi gibi sağlık durumlarıyla ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma, modern görüntü işleme algoritmalarını geleneksel sağlık yöntemleriyle birleştirerek %86,89 doğruluk oranı elde etmiştir (Ding vd., 2019). Çalışmamız, bu çalışmadan esinlenerek dudak ve yüz bölgesi analizini bir araya getiren bir yöntem geliştirmeyi hedeflemektedir. Görsel 3 geliştirilen arayüzü göstermektedir.



Görsel 3. Geliştirilen Mobil Arayüz, 2019

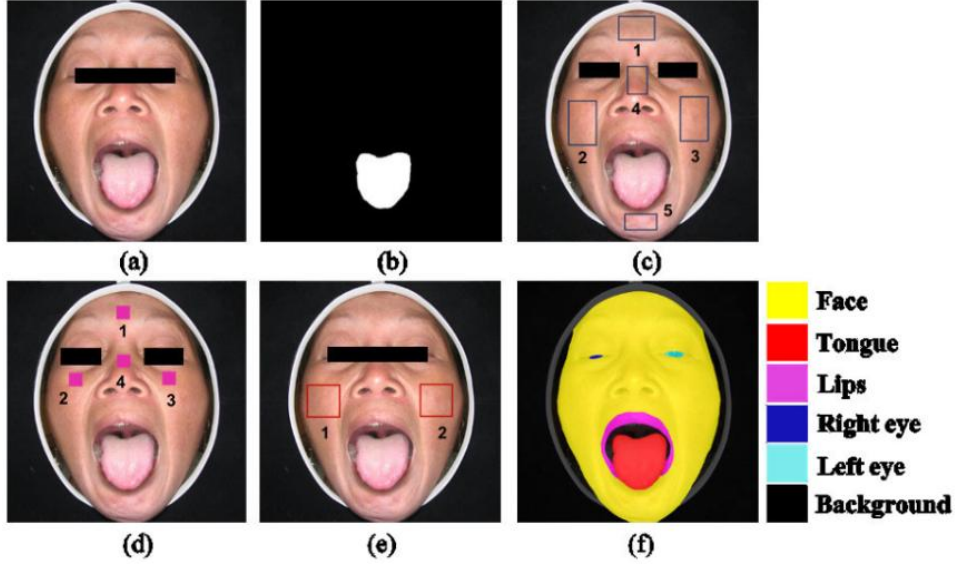
Li vd.'nin çalışması, Geleneksel Çin Tıbbı (GÇT) yöntemlerini bilgisayar destekli modellerle birleştirerek yüz bölütleme algoritmalarını geliştirmiştir. Çalışmada TCMINet adlı bir hibrit sinir ağı modeli kullanılmış ve yüz bölgesindeki doku ve renk analizi detaylı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Model, yüz bölgelerinin semantik segmentasyonu için U-Net tabanlı bir yaklaşımı uygulamış ve cilt tonlarının sağlıktaki etkisini ölçmek için çok kanallı renk analizi yapmıştır. Çalışmanın doğruluk oranı %88 olarak rapor edilmiştir. Bu yöntem, yüz bölgesi analizinde hassasiyeti artırmak adına önemli bir katkı sunmuş olup, çalışmamızda kullanılan yüz segmentasyonu yöntemlerinin iyileştirilmesine zemin hazırlamaktadır (Li vd., 2020).

Type	ID	Description	Type	ID	Description
Tongue substance Color	DR	Deep Red.	Lips Color	DER	Deep Red.
	LR	Light Red.		LIR	Light Red.
	P	Purple.		PU	Purple.
	R	Red.		RED	Red.
Tongue Coating Color	W	White.	Eyes state	O	Open.
	Y	Yellow.		HO	Half Open.
	G	Gray.		CL	Closed.
Mouth state	OP	Open.	Face Gloss	YES	Yes.
	HOP	Half Open.		L	Little.
	CLO	Closed.		N	NO.
Non-target Interference	H	Hair.	Face Color	WH	White.
	T	Teeth.		YE	Yellow.
	S	Saliva.		BL	Black.
	B	Bread.		RE	Red.
	I	Inner Tissues of the Mouth.		C	Cyan.
Rotation	RO	Roll			
	PI	Pitch			
	YA	Yaw			

Görsel 4. Görüntü niteliklerinin listesi ve ilgili açıklama



Görsel 5. Her etiketin altta olduğu tipik cilt tonu (renk ve parlaklık) kareleri. (a) Beş tipik yüz rengi. (b) Üç yüz parlaklık derecesi. (c) Beş tipik dudak rengi. (d) Beş tipik dil maddesi rengi. (e) Üç tipik dil kaplama rengi.



Görsel 6. Yüz Tıbbi Segmentasyon Yöntemleri

Bu çalışmalar, geleneksel tıp yöntemleri ile görüntü işleme ve derin öğrenme algoritmasını birleştirerek nasıl sağlık durumlarının değerlendirilmesinde kullanılacağını ortaya konulmaktadır.

YÖNTEM

Çalışmamızda, dudak ve yüz segmentasyonu için derin öğrenme ve geleneksel görüntü işleme tekniklerinden faydalanılmıştır. Süreç, görüntülerin yeniden boyutlandırılması, veri artırma, maske düzenleme, segmentasyon ve cilt tonu analizi gibi birden fazla adımdan oluşmaktadır.

Kullanılan Veri Setleri ve Etiketleme Süreci

Çalışmada etik kurul onayı alınamadığı için özgün bir veri seti oluşturulamamıştır. Bunun yerine, literatürde yaygın olarak kullanılan mevcut veri setleri seçilmiş ve çalışma gereksinimlerine göre işlenmiştir. Toplamda 1000 fotoğraftan oluşan bir veri seti oluşturulmuştur.

Seçilen Veri Setleri

Yüz ve dudak analizi için nötr ifadeler, makyajsız yüzler ve aşırı ışık/parlama olmayan görüntüler seçilmiştir. Bu seçimler, dudak ve cilt tonunun doğru bir şekilde analiz edilmesi için önemlidir.

Chicago Face Database; Nötr ifadeye sahip, makyajsız ve doğal ışık altında çekilmiş yüz görüntülerinden oluşmaktadır [28].

London Database ve MR2 Face Dataset; Farklı etnik gruplara ve cilt tonlarına sahip yüz görüntülerini içerir [29,30].

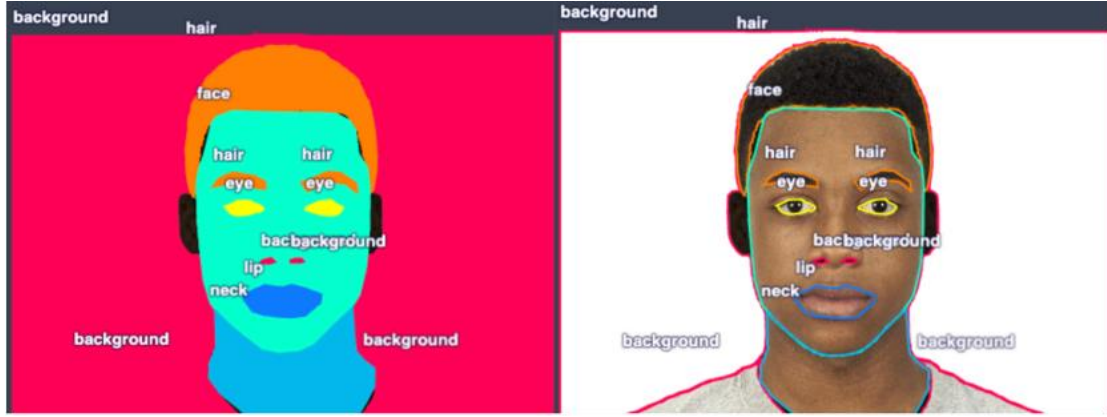
Faces Database; Işık ve gölge etkisinin minimum olduğu nötr yüz görüntüleri sağlamaktadır [31].



Görsel 7. Örnek veri seti görüntüleri

Etiketleme Süreci

Yüz ve dudak bölgelerinin tespiti için ilk yöntem olarak, MediaPipe ile gerçekleştirilmiş ve segmentasyon maskeleri oluşturulmuştur. Sonrasında MediaPipe ile tespit edilen dudak bölgelerinin piksel bazlı tespit doğruluğunu artırmak için, U-Net modeli kullanılmıştır.



Görsel 8. Etiketli veri örneği

Etiketleme işlemi, dudak ve yüz bölgelerinin baskın renklerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Özellikle dudak rengindeki kırmızı tonlar ve cilt solgunluğu üzerinde durulmuştur.

Görüntülerin Ön İşleme Adımları

Görüntülerin analiz öncesinde normalize edilmesi, yeniden boyutlandırılması ve maske düzenlemeleri gerçekleştirilmiştir:

Boyutlandırma; Görüntüler 128x128 piksel boyutuna getirilerek sabit bir giriş boyutu sağlanmıştır (OpenCV `resize()` veya TensorFlow `image.resize()` metodları kullanılmıştır).

Normalizasyon; Piksel değerleri [0-1] aralığına ölçeklendirilerek modelin daha etkili bir şekilde öğrenmesi sağlanmıştır.

Maske Düzenleme; Segmentasyon maskeleri belirli sınıflara ayrılmış (ör. yüz, dudak, göz gibi) ve gereksiz pikseller temizlenmiştir.

Bu adımlar, veri tutarlılığı ve model performansını artırmak için kritik bir rol oynamaktadır.

Veri Artırma

Görüntülerin çeşitliliğini artırmak modelin farklı açılar, ışıklandırmalar ve renk değişimlerine karşı daha dayanıklı olmasını sağlamak amacıyla veri artırma işlemleri uygulanmıştır. Kullanılan yöntemler şunlardır:

Random Horizontal Flip: Görüntüler %50 olasılıkla yatay olarak çevrilmiştir, böylece modelin simetrik varyasyonlara karşı dayanıklılığı artırılmıştır.

Random Rotation: Görüntülere $\pm 15^\circ$ arası rastgele dönüş uygulaması yapılmıştır.

Color Jitter: Renk kontrastı ve parlaklık ayarları rastgele değiştirilerek daha fazla veri çeşitliliği sağlanmıştır.

Bu yöntemlerle, modelin farklı görüntüleme koşullarına dayanıklılığı artırılmıştır.



Görsel 9. Veri artırma örneği

Segmentasyon

Çalışmada, segmentasyon işlemleri için U-Net mimarisi kullanılmıştır. U-Net, özellikle biyomedikal görüntü işleme alanında yaygın olarak kullanılan, yüksek doğruluk oranına sahip bir derin öğrenme modelidir (Ahmad & Alqurashi, 2024; Ronneberger vd., 2015). Özellikle tıbbi görüntü segmentasyonu, organ veya doku belirleme gibi alanlarda tercih edilmesinin sebebi, az veriyle etkili öğrenme sağlayabilmesi ve detay kaybını minimize eden "skip connection" mekanizmasına sahip olmasıdır (Ronneberger vd., 2015). Bu modelin esnek yapısı, küçük boyutlu veri setleriyle çalışmaya olanak tanırken, özellikle tıbbi görüntü analizinde kritik olan hassas segmentasyon süreçlerinde başarılı sonuçlar vermektedir (Ronneberger vd., 2015). Bu çalışmada, U-Net aşağıdaki özelliklerle uygulanmıştır:

Encoder Aşaması: Konvolüsyonel katmanlar ile görüntüden anlamlı özellikler çıkarılmış ve boyutlar küçültülmüştür (Mahmud vd., 2023; Ronneberger vd., 2015).

Decoder Aşaması: Daha sonra, segmentasyon maskesi oluşturulurken boyutlar tekrar büyütülmüş ve detay kayıpları önlenmiştir (Mahmud vd., 2023; Ronneberger vd., 2015).

Skip Connections: Encoder ve decoder arasında bağlantılar sağlanarak, detay kaybı önlenmiş ve segmentasyon kalitesi artırılmıştır (Mahmud vd., 2023; Ronneberger vd., 2015).

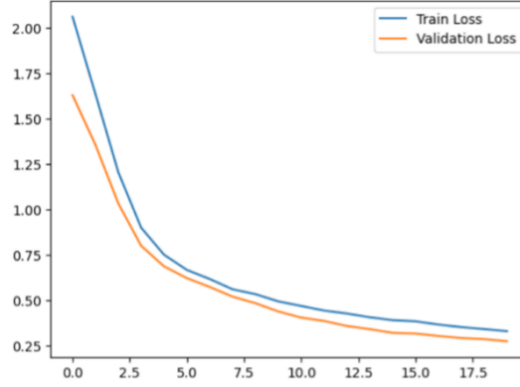
Bu süreç sonucunda, dudak, yüz ve göz gibi bölgeler başarılı bir şekilde ayrıştırılmıştır. Segmentasyon işleminin doğruluğunu artırmak için ön işleme ve veri artırma teknikleri de kullanılmıştır (Mahmud vd., 2023; Ronneberger vd., 2015). U-Net'in esnek yapısı, çalışmada kullanılan veri setinin sınırlı olması durumunda bile yüksek doğruluk oranına ulaşmayı mümkün kılmıştır. U-Net ile dudak, yüz, göz gibi bölgeler ayrıştırılmıştır.

Cilt Tonu ve Dudak Analizi

Segmentasyon sonrası, yüz ve dudak bölgeleri için renk analizleri gerçekleştirilmiştir:

Cilt Tonu Analizi: Yüz maskesinde yer alan piksellerin ortalama RGB (RedGreenBlue) değerleri hesaplanmıştır.

Dudak Analizi: Dudak maskesinde kırmızı, mavi ve yeşil (RGB) renk yoğunlukları incelenmiştir.



Görsel 10. Geliştirilen u-net modelinin kayıp fonksiyon grafiği

filename	face_id	skin_tone	tone_label	accuracy	dominant_colors	dominant_colors_percent	avg_ip_color	avg_ip_color_hex	dominant_ip_colors_hex	dominant_ipcolor_percentages
378_image_on.jpeg	1	#BEA07E	C7	80.75	#BDBDBD, #757575	0.58, 0.42	[49.8912, 54.2628, 79.8562]	#31364f	['#010101', '#454f75', '#777ab5']	[44.379999999999995, 33.98, 21.64]
124_image_on.jpeg	1	#BEA07E	C7	81.09	#B7B7B7, #797979	0.50, 0.50	[45.8866, 46.365, 78.1432]	#2c3e4e	['#000000', '#61608c', '#3c3f6f']	[42.3, 29.360000000000003, 28.34]
662_image_on.jpg	1	#BEA07E	C7	81.34	#AAAAAA, #757575	0.56, 0.44	[78.7892, 72.5324, 91.1906]	#4c485b	['#6a6381', '#010101', '#67819c']	[38.18, 35.5, 26.32]
9_image_on.jpeg	1	#BEA07E	C7	82.41	#CBCBCB, #7C7C7C	0.55, 0.45	[73.3066, 74.0202, 108.6436]	#494a5c	['#010102', '#9192cc', '#53558b']	[39.4, 35.78, 24.82]
758_image_on.jpg	1	#BEA07E	C7	81.98	#C1C1C1, #646464	0.54, 0.46	[88.137, 76.8006, 115.194]	#454c73	['#000001', '#57679a', '#5368cb']	[35.94, 34.68, 29.38]
665_image_on.jpg	1	#BEA07E	C7	82.7	#858585, #6B6B6B	0.54, 0.46	[81.1608, 85.7892, 111.8198]	#3c416f	['#5258a1', '#000101', '#747cc3']	[37.76, 38.64, 25.6]
629_image_on.jpeg	1	#F3DAD6	C10	83.66	#A1A1A1, #D7D7D7	0.69, 0.31	[80.5394, 65.1348, 104.277]	#3c416f	['#6e78bb', '#000001', '#464ab5']	[47.4, 41.42, 11.18]
430_image_on.jpg	1	#BEA07E	C7	82.55	#909090, #DADADA	0.84, 0.16	[51.7482, 59.7466, 96.7794]	#333e60	['#000000', '#4e5e9c', '#6777b5']	[42.76, 39.36, 26.88]
465_image_on.jpg	1	#BEA07E	C7	80.83	#B8B8B8, #737373	0.58, 0.42	[81.0438, 63.7034, 109.8122]	#3c396d	['#000000', '#636bc3', '#8081a5']	[46.02, 29.24, 24.740000000000002]

Görsel 11. Örnek dudak rengi ve cilt rengi analiz sonuçları

Bu analizler hem cilt solgunluğu hem de dudak renginden anemi teşhisi yapılması için gerekli verilere temel oluşturmaktadır.

Çalışmanın Katkıları

Bu yöntemler, segmentasyon ve analiz süreçlerinde doğruluğu artırmak için optimize edilmiştir. Özellikle U-Net mimarisi ve cilt analizi süreçleri, literatürdeki çalışmalara kıyasla daha yüksek doğruluk oranları elde etmeyi hedeflemektedir. Ayrıca, veri artırma ve maske düzenleme adımları, modelin genel performansını güçlendirmektedir.

SONUÇ ve GELECEK ÇALIŞMALAR

Sonuç

Bu çalışmada, anemi teşhisine yönelik non-invaziv yöntemler geliştirme amacıyla görüntü işleme ve yapay zekâ tabanlı analizlere odaklanılmıştır:

Dudak Rengi Tespiti ve Sağlık Durumu Analizi

MediaPipe Face Mapping ve U-Net mimarisi kullanılarak yüz ve dudak bölgelerinin hassas bir şekilde segmentasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu süreçte, dudak renginin baskın tonları ve cilt solgunluğu gibi biyobelirteçler analiz edilmiştir.

Anemi Teşhisine Yönelik Algoritma Geliştirme Çalışmaları

Anemi teşhisine yönelik karar mekanizmasının oluşturulması için planlamalar yapılmış, mevcut veri setleri üzerinde renk analizi ve segmentasyon çalışmaları tamamlanmıştır. Ancak, klinik veriler ve hemoglobin değerleri ile modelin doğrulama süreci etik kurul onayı sonrasında gerçekleştirilecektir.

Gelecek Çalışmalar

Çalışmanın ilerleyen aşamalarında, mevcut yöntemlerin geliştirilmesi ve yeni yaklaşımların entegrasyonu hedeflenmektedir:

Klinik Verilerle Model Eğitimi ve Test Süreci: Hasta verilerinin ve hemoglobin ölçümlerinin dahil edilmesiyle, anemi teşhis modeli klinik doğrulama süreçlerinden geçirilecektir. Bu süreç, algoritmanın gerçek hasta verileri üzerinde performansını değerlendirmek için kritik bir adımdır.

Yüz Haritalama ile Organ Sağlığını Değerlendirme: Yüz bölgelerindeki değişikliklerin organ sağlığıyla ilişkilendirilmesine yönelik yapay zekâ tabanlı yaklaşımların doğruluğu artırılacaktır. Özellikle cilt tonunun dolaşım ve metabolizma ile ilişkisi üzerine çalışmalar genişletilecektir.

Diğer Hastalıkların Tespitine Yönelik Genişletme: Anemi teşhis modeli, diyabet, kalp hastalıkları ve vasküler rahatsızlıklar gibi diğer hastalıkların teşhisine yönelik genişletilecektir. Bu, yöntemin genel sağlık analizi aracı olarak kullanılmasını sağlayabilir.

GENEL DEĞERLENDİRME ve SONUÇLAR

Bu çalışma, sağlık sektörüne yenilikçi, hızlı ve erişilebilir çözümler sunmayı amaçlamaktadır: **Hızlı, Ekonomik ve Non-İnvaziv Teşhis Yöntemleri:** Geliştirilen yöntemlerin düşük maliyetli, hızlı ve kolay uygulanabilir olması, özellikle sağlık hizmetlerine erişimin sınırlı olduğu bölgelerde büyük bir katkı sağlayacaktır.

Klinik Uygulamalara Entegrasyon: Geliştirilen modelin klinik testlerden geçirilerek hastaneler ve sağlık merkezlerinde uygulanabilir hale getirilmesi hedeflenmektedir. Bu süreçte, modelin geniş ölçekli doğrulama testleri yapılacaktır.

Geleneksel ve Modern Yaklaşımların Entegrasyonu: Geleneksel tıp yöntemlerinin modern yapay zekâ çözümleriyle birleştirildiği bir sistemin yaygınlaştırılması hedeflenmektedir. Bu,

sadece anemi teşhisinde değil, birçok hastalığın non-invaziv tespiti için uygulanabilir bir altyapı sunacaktır.

KAYNAKÇA

Abdulghafor Khudhaer Abdullah, Saleem Lateef Mohammed, Ali Al-Naji, & Mohammed Sameer Alsabah. (2023). Tongue Color Analysis and Diseases Detection Based on a Computer Vision System. *Journal of Techniques*, 5(1), 22-37. <https://doi.org/10.51173/jt.v5i1.868>

Advancing medical AI with Med-Gemini. (t.y.). Geliş tarihi 30 Ocak 2025, gönderen https://research.google/blog/advancing-medical-ai-with-med-gemini/?utm_source=chatgpt.com

Ahmad, I., & Alqurashi, F. (2024). Early cancer detection using deep learning and medical imaging: A survey. *Critical Reviews in Oncology/Hematology*, 204, 104528. <https://doi.org/10.1016/j.critrevonc.2024.104528>

AI-in-Global-Health_webFinal_508. (t.y.).

Al Kuwaiti, A., Nazer, K., Al-Reedy, A., Al-Shehri, S., Al-Muhanna, A., Subbarayalu, A. V., Al Muhanna, D., & Al-Muhanna, F. A. (2023). A Review of the Role of Artificial Intelligence in Healthcare. *Journal of Personalized Medicine*, 13(6), 951. <https://doi.org/10.3390/jpm13060951>

Anaemia in women and children. (t.y.). Geliş tarihi 30 Ocak 2025, gönderen https://www.who.int/data/gho/data/themes/topics/anaemia_in_women_and_children

Aziz, N. A., Manzoor, A., Qureshi, M. D. M., Qureshi, M. A., & Rashwan, W. (2024). *Explainable AI in Healthcare: Systematic Review of Clinical Decision Support Systems* (s. 2024.08.10.24311735). medRxiv. <https://doi.org/10.1101/2024.08.10.24311735>

Ding, X., Jiang, Y., Qin, X., Chen, Y., Zhang, W., & Qi, L. (2019). Reading Face, Reading Health: Exploring Face Reading Technologies for Everyday Health. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-13. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300435>

Dönmez, T. B., & Danişmanı, T. (t.y.). *KAN HEMOGLOBİN DEĞERİNİN DUDAK MUKOZASI GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK YAPAY ZEKA YARDIMIYLA NON-İNVAZİV TESPİT EDİLMESİ*.

Farahi, O. R., Mozaffarpur, S. A., Nazem, E., Ayati, M. H., Motalebnejad, M., Mir, S. M., Daneshfard, B., & Mojahedi, M. (2023). Tongue diagnosis models in Persian medicine: A

Delphi study. *European Journal of Integrative Medicine*, 58, 102218. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2022.102218>

Grubu, M. S. (2022, Ağustos 8). *Patolojide Yapay Zeka Patologların Yerini Alacak Mı? - Memorial*. Memorial Sağlık Grubu. <https://www.memorial.com.tr/saglik-rehberi/patolojide-yapay-zeka-patologlarin-yerini-alacak-mi>

Hassoon, A. R., Al-Naji, A., Khalid, G. A., & Chahl, J. (2024). Tongue Disease Prediction Based on Machine Learning Algorithms. *Technologies*, 12(7), 97. <https://doi.org/10.3390/technologies12070097>

Li, X., Yang, D., Wang, Y., Zhang, W., Li, F., & Zhang, W. (2020). TCMINet: Face Parsing for Traditional Chinese Medicine Inspection via a Hybrid Neural Network With Context Aggregation. *IEEE Access*, 8, 93069-93082. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2995202>

Mahmud, S., Mansour, M., Donmez, T. B., Kutlu, M., & Freeman, C. (2023). Non-invasive detection of anemia using lip mucosa images transfer learning convolutional neural networks. *Frontiers in Big Data*, 6, 1291329. <https://doi.org/10.3389/fdata.2023.1291329>

Naskar, S., Kesarwani, A., Das, S., & Dalui, M. (2024). An Efficient, Cost-effective and Reliable Non-invasive Anaemia Detection Method by Analysing Palm Pallor. *2024 International Conference on Advancements in Smart, Secure and Intelligent Computing (ASSIC)*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/ASSIC60049.2024.10507973>

Nousir, A. S., Attia, Aya. M., Salama, M., Mostafa, A., Osama, M., Khalil, H. A., Mohamed, B., & Darwish, D. (2024). Anemia Detection from Eyes, Palm and Fingernails with Machine Learning Models. *International Journal of Chaos, Control, Modelling and Simulation*, 15(6), 01-09. <https://doi.org/10.5121/ijcses.2024.15601>

Ramzan, M., Sheng, J., Saeed, M. U., Wang, B., & Duraihem, F. Z. (2024). Revolutionizing anemia detection: Integrative machine learning models and advanced attention mechanisms. *Visual Computing for Industry, Biomedicine, and Art*, 7(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s42492-024-00169-4>

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. İçinde N. Navab, J. Hornegger, W. M. Wells, & A. F. Frangi (Ed.), *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015* (ss. 234-241). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28

TBSA RAPOR KITAP 20.08.pdf. (t.y.). Geliş tarihi 30 Ocak 2025, gönderen https://krtnadmn.karatekin.edu.tr/files/sbf/TBSA_RAPOR_KITAP_20.08.pdf

Yakimov, B., Buiankin, K., Denisenko, G., Bardadin, I., Pavlov, O., Shitova, Y., Yuriev, A., Pankratieva, L., Pukhov, A., Shkoda, A., & Shirshin, E. (2024). Dataset of human skin and fingernails images for non-invasive haemoglobin level assessment. *Scientific Data*, 11(1), 1070. <https://doi.org/10.1038/s41597-024-03895-9>

Zhang, A., Lou, J., Pan, Z., Luo, J., Zhang, X., Zhang, H., Li, J., Wang, L., Cui, X., Ji, B., & Chen, L. (2022). Prediction of anemia using facial images and deep learning technology in the emergency department. *Frontiers in Public Health*, 10. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2022.964385>

DDAW UYGULAMASININ ŞEHİRİÇİ TOPLU TAŞIMA ARAÇLARINA ENTEGRE EDİLMESİ VE ÇEVREYE KAZANIMLARI

Ar-Ge Elektrik Donanım Ekip Lideri, Ezgi Aslane

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., ezgi.aslane@ulasim-as.com , 0009-0001-8882-4869

Ar-Ge Elektrik Donanım Mühendisi, Tuğba Işık

Ulaşım İç ve Dış Ticaret A.Ş., tugba.isik@ulasim-as.com , 0009-0001-4866-678X

ÖZET

Her yıl dünyada 1.3 milyon insan trafik kazalarında hayatını kaybetmektedir. Öte yandan ülkelerin gelir seviyesi yükseldikçe, kişisel araç kullanımı da artmaktadır. Bu da doğal biçimde trafik yoğunluğunun ve de trafik kaza riskinin artmasına neden olmaktadır. Dolayısıyla yol güvenliği konusu sürekli çaba gerektiren bir risk unsuru olarak karşımıza çıkmakta ve yol güvenliği ulusal bir sorun haline gelmektedir. Bu bağlamda 2024 temmuz ayının 2.çeyreğinde GSR II (Genel Güvenlik Regülasyonu) regülasyonunda araçların standart donanımlarına çeşitli güvenlik paketlerini dahil ederek üretim yapılmasını zorunlu kılan ve araçların daha güvenli hale gelmesinin amaçlayan düzenleme getirilmektedir. Ülkemizde bu düzenlemeye temmuz ayında geçilmektedir. Bu regülasyon kapsamında araçta bulunması zorunlulukta olan DDAW, MOIS, BSIS, ISA, RVSR sistemlerdir. Bu çalışmada DDAW sürücü dalgınlık ve dikkat uyarı sisteminin araca uygulanmasını ve sistemin bize kazandırdıkları üzerinde durulmaktadır.

DDAW sisteminde bulunan kamera ile sürücü davranışları algılanarak gerekli gördüğü seviyede uyarı vermektedir. Kamera bloke edilmesi, kameranın hata vermesi, esneme ve uyuklama halleri için sürücüyü uyarmaktadır. Her uyarı için tanımlı farklı ses kodları bulunup kamera üzerinde bulunan hoparlör alınan uyarı tipine göre sürücünün dikkatini farklı ses bildirimleriyle çekmektedir. Araç üzerinde yapılan test uygulamasında her koşulda çalışır olduğunu gözlemlemek için gündüz ve gece olarak test yapılmaktadır. Uyku durumu sürücünün göz kapağının kapalı kalma süresine bağlı olarak, baş hareketi yola bakmama durumu başın eğimi 15°C geçtiğinde, esneme hali sürücünün ağzının açılma derecesi ve süresine bağlı olarak sürücüyü ikaz etmektedir, ikaz için aracın 70km/s hıza ulaşması gerekmektedir.

Kazaların en büyük sebebi sürücü kaynaklı olmaktadır, toplu taşıma araçlarında sürücülerin uzun mesai çalışma saatleri, sürekli aynı güzergahı kullanmaları dalgınlığa ve dikkatsizliğe sebebiyet vermektedir, bu uygulama ile bu oluşabilecek kazaların ve maddi kayıpların azalması öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: DDAW, yol güvenliği, sürücü kaynaklı kazalar.

1. GİRİŞ

Ülkemizde 2023 yılında ölümlü yaralanmalı trafik kazasına neden olan toplam 281 bin 54 kusura bakıldığında kusurların %88,9'unun sürücü, %9,0'ının yaya, %1,1'inin taşıt, %0,6'sının yolcu ve %0,3'ünün yol kaynaklı olduğu görülmektedir. [5] Sürücü uyuşukluğu, tüm yol kazalarının tahmini %20'sine katkıda bulunmaktadır.

Avrupa Komisyonu, 2050 yılına kadar Avrupa yollarında sıfır ölüm ve ciddi yaralanma hedefi olan vizyon sıfıra ulaşma yolunda bir dizi trafik güvenliği yönetmeliği yayınladı [1]. 2022 yılına kadar yeni otomobiller, minibüsler, kamyonlar ve otobüsler için zorunlu olacak gelişmiş güvenlik özelliklerinden biri de sürücü uyuşukluğu ve dikkat uyarı (DDAW) sistemleridir.

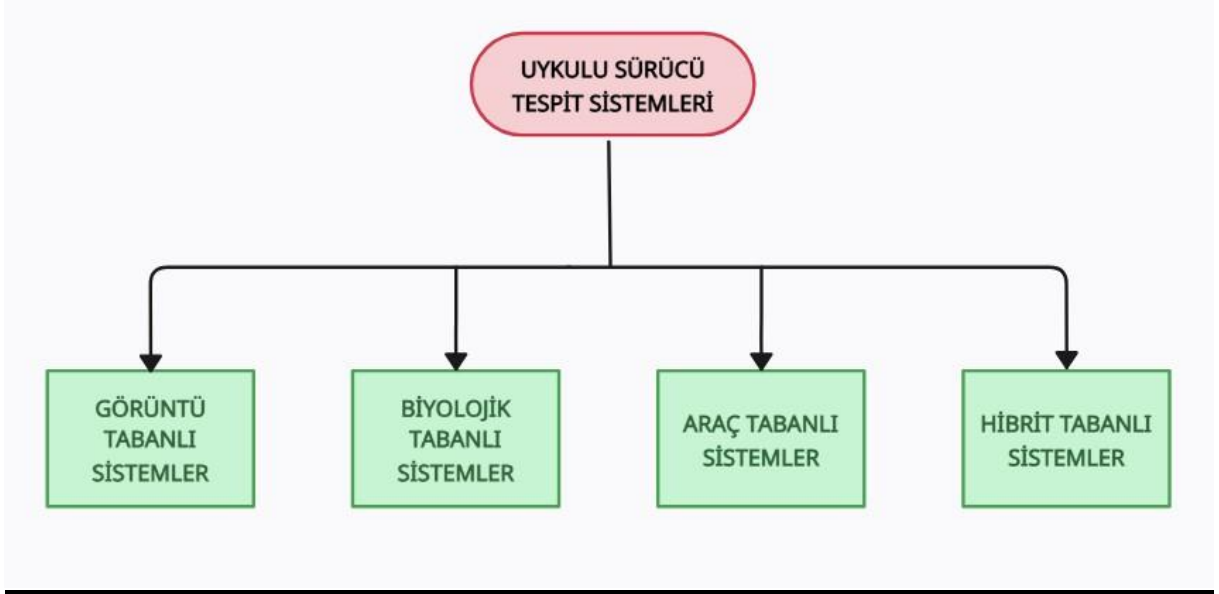
DDAW sistemleri sürücünün uyuşukluk seviyesini izler ve uyuşukluk seviyesi belirli bir eşiğin üzerine çıkarsa sürücüyü uyarır. Motorlu taşıtlar için tip onayı gerekliliklerine ilişkin AB yönetmeliği 2019/2144'ü tamamlayan C/2021/2639 sayılı AB delege yönetmeliği, yeni tipler için 6 Temmuz 2022'den ve tüm yeni araçlar için 7 Temmuz 2024'ten itibaren araçların DDAW sistemleri ile donatılmasını zorunlu kılmaktadır. [2]

Bu bildiride toplu taşıma araçlarında DDAW sisteminin uygulanması ve çevreye katkıları incelenecektir. Toplu taşıma sürücülerinde, özellikle uzun süre sürüş yapanlar, çeşitli faktörler nedeniyle yorgun sürüşe maruz kalmaktadır. Bunlara zaman baskısı, aynı güzergahın tekrar etmesi, uzun çalışma saatleri, dönüşümlü vardiyalar ve yetersiz uyku dahildir. Bu durumlar şoförün dalgınlığa ve uyuklama haline sürüklemektedir. Dünyadaki tüm ölümcül trafik kazalarının yaklaşık %20'si sürücülerin yorgun araç kullanmasından kaynaklanmaktadır. Kurulan sistem ile bu durumlarda sürücü uyarılarak kazaların önlenmesi planlanmaktadır. Avrupa Komisyonu, DDAW'ın diğer zorunlu güvenlik özellikleriyle birlikte 2038 yılına kadar 25.000'den fazla hayat kurtaracağını tahmin etmektedir. [1]

2. DDAW (Driver Drowsiness and Attention Warning)

DDAW Driver Drowsiness and Attention Warning Türkçe açılımı sürücü yorgunluk ve dikkat kaybıdır. Sürücülerin yorgunluk ve dikkat kaybı gibi tehlikeli durumları algılayarak onları uyarmaktadır. Yüz özellikleri, bir ortamda insanlar tarafından gerçekleştirilen aktiviteleri tanımlamayı amaçlar. Bir DDAW ise yüz özellikleri, sürücünün uykulu olup olmadığını tahmin etmek için kullanılabilen sürücünün ifadesini içerir.

Sürücülerin uyuşukluk ve uyku hallerini erken aşamada tespit etmek için çeşitli bulgular değerlendirilmektedir. Birinci olarak, sürücünün yüz ifadeleri ve baş hareketlerini analiz edebilmek için kullanılan görüntü tabanlı kameralı sistemler, ikincisi, sürücünün biyolojik faaliyetlerinin (EKG, EMG) sensörlerle izlendiği biyolojik tabanlı sistem, üçüncüsü ise araç davranışlarının takip edildiği araç tabanlı sistemler ve son olarak birden fazla uyuşukluk algılama sisteminin birlikte kullanılabilen hibrit tabanlı sistemlerdir [6]. Bu bildiride kamera ile sürücünün yorgunluk ve dikkat kaybı uyarma sistemi üzerinde durulmuştur.



Görsel 1. DDAW Sistem Tespit Türleri

Genel olarak uyuşukluk, sürücünün uykuya yakın bir durumda olduğu bir durumdur. Başın bir tarafa eğilmesi, arkaya eğilmesi veya birkaç saniye hareketsiz kalmasıyla tanımlanabilir. Ayrıca, uyku halinin derecesi göz hareketleriyle de belirlenebilir. Uyuşukluktan önce, göz bebeği hareketi, göz kırpma sıklığında azalma veya esneme durumu gözlemlenmeyebilir [3]. Sürücü aşağıdaki bazı belirtileri göstermeden aniden uykulu hale gelemmez [8].

- Gözleri açık tutmada zorluk,
- Esneme,
- Sık sık göz kırma,
- Konsantrasyon zorluğu,
- Şeritten çıkma ve trafiğe geç yanıt verme,
- Başın sallanması,

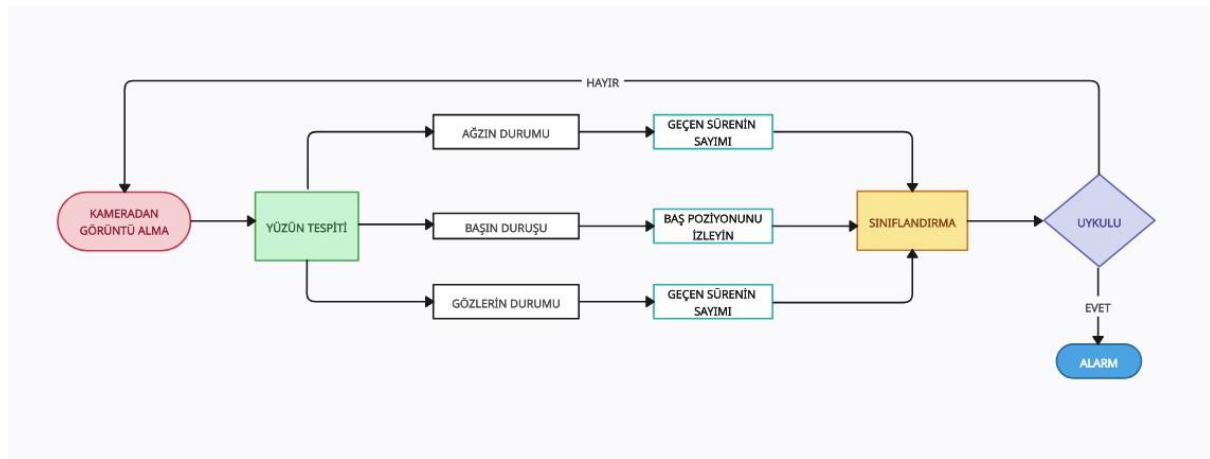
Yukarıdaki maddelerdeki bulguların analizleriyle sürücü yorgunluk, uyuşukluk ve dikkatleri çeşitli sistemlerle ölçülerek tespit edilmektedir. DDAW sistemlerinde görüntü tabanlı sistemler esneme, göz kırpma, baş hareketleri ve göz kapatma gibi uykulu hal ile ilişkili özellikleri analiz ettiği için doğruluk payı yüksektir. Ayrıca sürücü üzerine giyilebilen ya da takılan herhangi bir sensör içermediğinden daha basit ve pratik bir sistemdir. Sistem aracın 70km/s hızına eriştiğinde devreye alınmaktadır.

DDAW sisteminin amacı sürücü yorgunluğunu algılamak, dikkat kaybını tespit etmek, kamerayı bloke edilme durumunu algılamak ve kamera hata verdiğini tespit etmektedir. Bu doğrultuda getirilen kazanımlar kazaların önlenmesini ve sürüş performansının iyileştirilmesi olmaktadır.

DDAW sisteminde sürücü inceleyen bir kamera ve kameradan gelen verileri işleyen bir ECU bulunmaktadır. Kamera sürücünün göz ve baş hareketlerini görebilecek ve sürücü değişikliği olduğunda hala göz ve baş hizasında inceleme yapılacak konumda olmalıdır. Kameranin gündüz ve gece için aynı duyarlılıkta çalışması gerekmektedir.

DDAW sistemi sürücünün durumunu kamera ve sensörlerle algılamaktadır. Kamera sürücünün dalgınlık ve uyku durumunu göz hareketleri ve göz kapama süresi, durumlarına göre analiz etmektedir. Kamera zaman serisi analizi ile göz hareketleri ve diğer davranışsal özellikleri zamana göre değişimini incelemektedir.

Dikkatsizlik durumunda gözün kırpma sayısını ve baş hareketini incelemektedir. Başın yola yani kameraya dönük olmaması ve gözün belirlenen sayıdan fazla kırpma işlemi yapması sistemin uyarı vermesine sebep olmaktadır.



Görsel 2. DDAW Sisteminin Algoritma Blok Diyagramı

Yüz özelliklerini kullanarak görüntü/video tabanlı yorgunluk tespiti, yüz tanıma, göz tespiti ve yüz, göz, ağız vb. 'den çıkarılan özelliklerin birleşimi gibi popüler hale gelmiştir. Bu yaklaşımların çoğunda, öncelikle ilgi alanı dışındaki gereksiz bilgileri kaldırmak için giriş görüntüsünü iyileştirmek üzere bir yüz/göz/ağız bölgesi tespit yapılır. Bölge tespitini izleyen bir sonraki adım, göz açık/kapalı/bakış, ağız açık/kapalı, yüzün bükülmüş olup olmaması gibi yorgunlukla ilgili görünür özellikleri çıkarmaktır. Daha sonra, çıkarılan özelliklerin ortak analizi gerçekleştirilir. Örneğin, bir sürücünün göz bebeğinin üzerindeki göz kapağı kapanma yüzdesi (PERCLOS) %80'den büyükse, belirli eşik/yüzde kişiden kişiye ve gün içinde farklı zamanlarda değişebilmesine rağmen, onun uykulu olduğuna dair güçlü bir göstergedir. Bu durumda, sürekli izleme ile sistem sürücünün normalden daha sık esnediğini tespit ederse, onun uykulu olma olasılığı yüksektir ve böylece bir uyarı tetiklenebilir. [9]

Video tabanlı sistemler, sürücü yorgunluğunu tespit etmek için en pratik ve kullanıcı dostu yaklaşımdır ve potansiyel doğruluk açısından oldukça ümit vericidir. Ancak gelecekteki otonom araçlara uygulanmasında, kamera yerleşimi, kamera sayısı ve sürücünün pozisyonunun dışında olması veya kameraların sürücünün yüzünü görmesini engelleyen görevlerle meşgul olması nedeniyle uyku hali tespit algoritmalarında uyarlamalara ihtiyaç duyulabilir. [4] Ayrıca göz ve ağız hareketlerinin analizini etkileyebilecek güneş gözlüğü sakal, bıyık veya farklı cilt

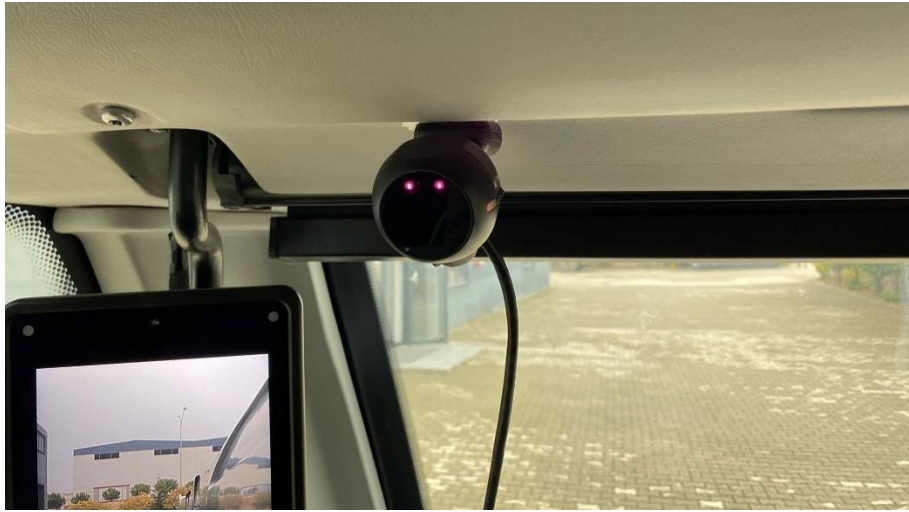
renkleri gibi etkenlerin varlığı bu sistemin karşılaştığı zorluklardandır. Bu etkenler kameradan alınan görüntünün işlendikten sonra doğruluk payını azaltabilir.

3.DDAW Sisteminin Toplu Taşıma Aracına Uygulanması

DDAW sistemi 12 metre dizel çift katlı bir otobüse uygulanmaktadır.

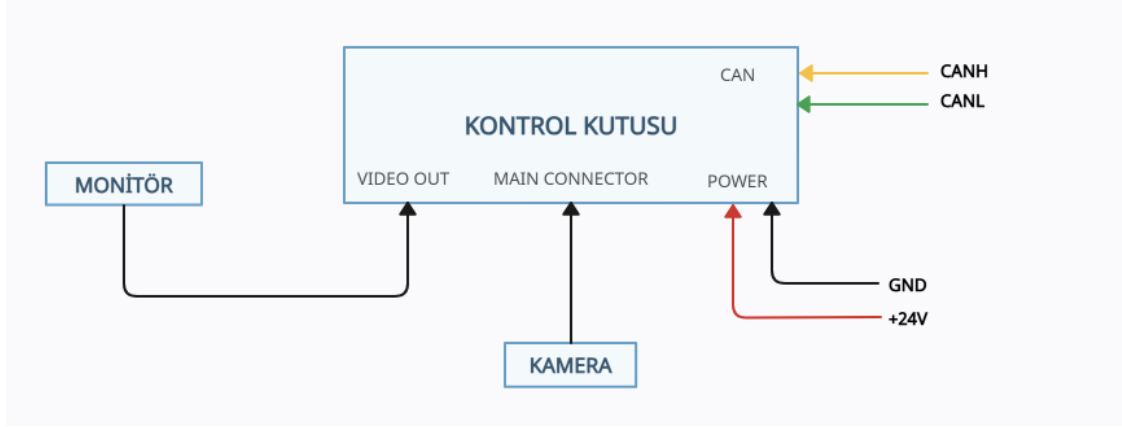


Görsel 3. AKIA Çift Katlı Otobüs



Görsel 4. DDAW Kamerası

DDAW kamerası kilo ve boy olarak 2 farklı şoför üzerinden referans alınarak aracın ön kısmına konumlandırıldı. Kullanılan sistemde kablo boyu standart olduğundan aracın ulaşılabilirliği mümkün olan yere ECU sabitlendi. Kamera, sürücünün görüşünü engellemeyecek şekilde sürücüdən belli bir mesafeye yerleştirilmiştir.



Görsel 5. Sistemin Bağlantı Diyagramı

Şekilde sistemin bağlantı diyagramı görülmektedir. Sistemin kontrolcüsüne besleme ve araç CAN hattı bağlanmaktadır.

Sistemde kameradan alınan bilgiler ECU üzerinden anlamlandırılıp uyarı sinyali vermektedir. Kamera sürücünün dalgınlık ve uyku durumunu göz hareketleri, göz kapama süresi, baş pozisyonu ve baş hareketleri durumlarına göre analiz etmektedir. Kamera zaman serisi analizi ile göz hareketleri, baş pozisyonu ve diğer davranışsal özellikleri zamana göre değişimini incelemektedir.

3.1 CAN Mimarisi

Toplu taşıma araçta DDAW sistemi uygulanırken SAE J1939 standardına göre elektronik haberleşme olması gerekmektedir. J1939 ECU'ler arası iletişim için standartlaştırılmış bir yöntemdir, böylece araçta bulunan tüm cihazların aynı dilden konuşup paylaşım yapılması sağlanmaktadır. Araca eklenen DDAW sistemi aracın hızını bu veri yolu ile öğrenmektedir. Aynı şekilde tespit ettiği uyarıları bu veri yolu ile paylaşmaktadır.

3.1.1 CAN Mesajları

Sistem kapalı bir devre içinde sürekli olarak verileri işleyip ve kaydetmektedir. Verileri CANBus üzerinden yaymaktadır. Uyarı sinyalleri kameradan ya da araç ekranından yapılabilmektedir.

Uyarı sinyalleri;

- Uyuklama Uyarısı (Drowsiness Warning)
- Esneme Uyarısı (Yawning Warning)
- Kamera Bloke
- Kamera Error

Uyarı Koşulları;

Uyarı	Uyarı Koşulları	Seviye			
		3	2	1	0
Uyuklama	Sürücü belirli bir süre gözlerini kapattığında	1.5sn	2.5sn	4sn	OFF
Esneme	Sürücü 1 dakika içinde iki kez esnediğinde	1	2	3	OFF

Çizelge 1. Sistemin Verdiği Uyarılar ve Uyarı Koşulları

Uyuklama için sürücünün gözlerini kapatma süresine göre yukarıda verilen tabloya göre uyarı seviyeleri gösterilmektedir. Bu uyarı seviyelerine göre sesli uyarının ses seviyesi artmaktadır. Esneme için sürücünün 1 dk esneme sayısına göre uyarı seviyelerin ses seviyesi artmaktadır. Her uyarı durumunun farklı ses tonları bulunmaktadır.

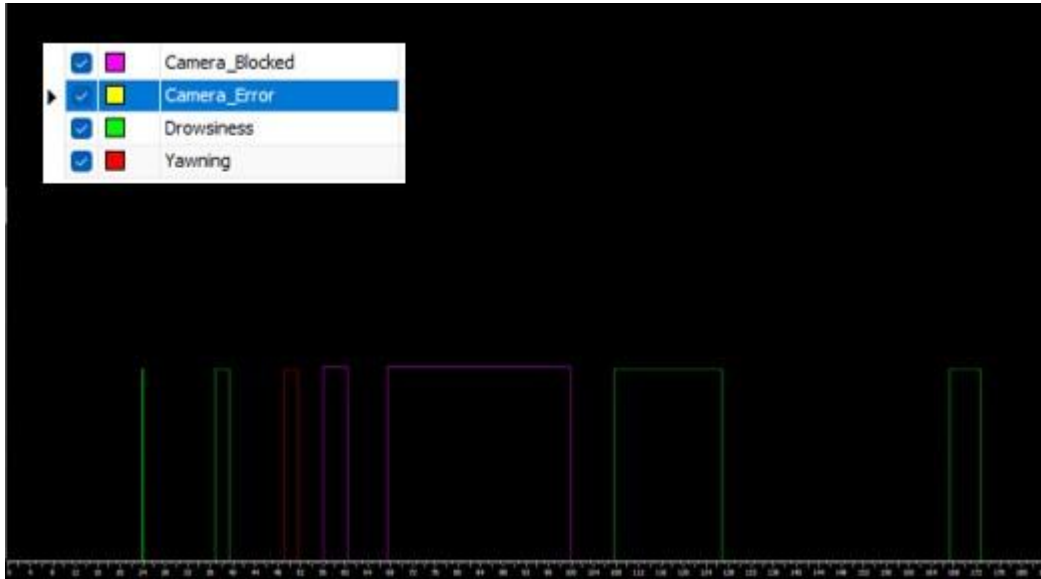
DDAW sistemi sürücü tarafından manuel olarak devre dışı bırakılmaz bu devre bırakma CANBus üzerinden yapılabilmektedir.

4.Test ve Analizi

Araçta araç hızı 70km/s ulaştığında sistem devreye girmektedir. Sistemin çalışması gece ve gündüz test edilmiştir. Herhangi bir veri kaybı yaşanmamıştır.

Sürücünün göz kapakları minimum %80 oranında kapalıysa 2 saniye geçtikten sonra kamera üzerinden bir uyarı sesi gelmektedir. Sürücü esniyorsa kameradan, gözün kapalı olduğu durumdakinden farklı bir uyarı sesi gelmektedir. Eğer bir şekilde kameranın görüşü engellenirse bir süre sonra yukarıdaki esneme ve göz kapanıklığı durumundan farklı bir ses duyulmaktadır.

Sistemde kullanılan kameralar hoparlörlü tercih edilmiştir. Kameralar hoparlörsüz olması durumunda uyarı sesleri podyum üzerinden de verilebilmektedir. Şekil-6 test esnasında bilinçli yapılan kameranın elle kapatılması, kamera enerjisini kesme, sık sık göz kapama ve esneme yapılarak CAN kaydı alınmaktadır.



Görsel 6.CAN Kaydı Grafiği

Sürücü kamerayı eliyle kapattığında ya da herhangi bir şekilde görüşüne engel olduğunda gelen hatada pembe grafik çizilmektedir. ‘Camera_Error’ hatası grafikte gözükmemektedir. Test esnasında kameranın bağlantısı kesilmediği için CAN kaydında bu hatayı görmemekteyiz. Drowsiness (uyuşukluk) uyarısında yeşil bir grafik çizilmektedir, burada sürücü gözlerini kapalı tuttuğu belirli aralıklarda grafik çizilmeye devam etmiştir. Sürücü esnediğinde ise kırmızıyla grafik çizilmiştir. Tüm bu ayrı bulgular tek bir grafikte

gösterilmiştir. Sesli ikazın yanı sıra araç ekranında sürücünün mola yapmasını ifade edecek bir indikatör çıkmaktadır. Şekil de kutucuk içerisinde gösterilmiştir.

Kamera bloke uyarısı sistemin devreye girdiği hız sınırının altında olsa bile uyarıyı vermektedir. CAN hattındaki bağlantı hatasında ise DDAW yazılı indikatör görülmektedir.



Görsel 7.Dashboard Üzerinde Hata ve Uyarı İndikatörleri

5. Sürücü Dalgınlık ve Dikkat Uyarısı (DDAW) Sistemleri İçin Teknik Gereklilikler

5.1 Gizlilik ve Verilerin Korunması

DDAW sistemi, araçta bulunan kişilerin yüz tanıma gibi biyometrik verilerini kullanmadan normal çalışma modunda işlev gösterir. Sistem, yalnızca gerekli verileri sürekli olarak kaydeder ve saklar, böylece kapalı çevrim sistemi içinde çalışması sağlanır. Kişisel verilerin herhangi bir şekilde işlenmesi, 6698 sayılı Kişisel Verilerin Korunması Kanunu'na uygun olarak yapılır.

5.2 DDAW Sistem Kontrolü

Sürücünün, DDAW sistemini manuel olarak devre dışı bırakması mümkün değildir. Sistem, üretici tarafından önceden belirlenmiş bazı durumlarda otomatik olarak devre dışı bırakılır. Bu tür durumlar, örneğin sürücünün uyarıları devre dışı bırakması gibi durumları içerebilir. DDAW sistemi, otomatik olarak devre dışı bırakılmasına neden olan şartlar ortadan kalktığında, otomatik olarak yeniden etkinleştirilir. DDAW sistemi, genellikle 65 km/saat ile 130 km/saat arasındaki hızlarda veya aracın izin verilen azami hızında (hangisi daha düşükse) çalışır. 130 km/saatin üzerindeki hızlarda DDAW sistemi otomatik olarak devre dışı kalmaz (ancak sistemin davranışı, azaltılmış bir moda uyarılabılır)

5.3 Çevresel Koşullar

DDAW sistemi gece ve gündüz etkin bir şekilde çalışır. DDAW sistemi, sistemin çalışmasını sınırlayan hava koşullarının olmadığı durumlarda çalışır. Asgari olarak sistem, gündüz ve gece koşullarında test edilmelidir [10].

- a) Gündüz: ortam ışığıyla yayılan koşullar (ISO 15008: 2017);
- b) Gece: Sürücünün adaptasyon seviyesinin esas olarak yolun önündeki aracın kendi farları ve çevredeki sokak lambalarının aydınlattığı alandan ve ekran ve gösterge parlaklığından etkilendiği düşük ortam aydınlatması durumu (ISO 15008: 2017).

5.4 Uyarı Niteliği

DDAW sistemi, sürücüyü uyarmak amacıyla kullanılan görsel, sesli veya başka bir uyarıyı, tetikleyici davranışın hemen ardından mümkün olan en kısa sürede iletmelidir. Uyarı, sürücü tarafından algılanana kadar kademeli olarak şiddetlendirilip artırılabilir. Görsel uyarı, gündüz ve gece koşullarında sürücünün kolayca görebileceği ve tanıyabileceği şekilde yerleştirilmeli, ayrıca diğer uyarılardan ayırt edilebilecek bir formatta olmalıdır. Görsel uyarılar, sabit ya da yanıp sönen sembollerle sunulabilir (örneğin, sabit bir bilgi mesajı veya açılır bir ileti gibi). DDAW görsel uyarılarının tasarımında, ISO 2575:2010+A7:2017 K.21 ve/veya ISO 2575:2010+A7:2017 K.24 standartlarına uygun semboller ve tutarlılık sağlanarak yeni semboller kullanılmalıdır. Sesli uyarılar, sürücünün kolayca tanıyabileceği şekilde olmalıdır ve genellikle 200-8000 Hz frekans aralığında ve 50-90 dB genlik seviyesinde yer almalıdır [10]. Eğer sözlü uyarılar da kullanılıyorsa, bu ifadelerin içeriği görsel uyarılarda kullanılan metinle tutarlı olmalıdır. Sesli uyarı, sürücünün rahatça anlayabileceği bir süre boyunca devam etmelidir.

6. Sürücü Dalgınlık ve Dikkat Uyarısı (DDAW) Sistemleri İçin Test Prosedürleri ve Performans Ölçütleri

DDAW sistemlerinin sürücülerin dalgınlık durumlarını doğru, güvenilir ve bilimsel olarak geçerli bir şekilde izleyebilmesi için doğrulama testlerinin yapılması gereklidir. Bu doğrulama testi, insan katılımcılarla gerçekleştirilmelidir. Alternatif olarak, doğrulama amacıyla kullanılan veriler, insan katılımcılardan elde edilen davranış verilerine dayandırılabilir. Gerçek yol koşullarında yapılan doğrulama testlerinde, sürücünün dalgın olduğu durumlarda güvenlik desteği devreye girmelidir, çünkü dalgın sürücüler aracı güvenli bir şekilde kontrol edemezler. Güvenlik desteği müdahale ettiğinde, sürücünün aracı sürmeye devam etmesine izin verilmez ve yedek sürücü gibi bir strateji uygulanır. Simülasyon testlerinde ise, simülasyon ile gerçek dünya verileri karşılaştırılmalı ve doğrulama sonuçlarının geçerliliği değerlendirilmelidir. Dalgınlık, KSS (Karmaşık Sürüş Sistemi) kullanılarak ölçülür ve katılımcılar, DDAW sistemi doğrulama testi öncesinde KSS hakkında eğitilmelidir. Eğitim süreci tüm katılımcılar için tutarlı olmalı ve KSS seviyeleri etiketlenerek belgelenmelidir. Test sırasında ölçümler her 5 dakikada bir alınmalı ve her bir ölçüm, önceki 5 dakikayı kapsamalıdır. DDAW sisteminden gelen uyarılar, test sırasında katılımcının durumunu etkilememesi için sessize alınmalıdır. Eğer DDAW uyarısı, katılımcının KSS puanı 7 veya daha yüksekse, bu uyarı gerçek pozitif bir olay olarak kabul edilir ve sonraki veri noktaları geçersiz sayılır [10]. Katılımcı dinlendikten sonra

test yeniden başlatıldığında, bu yeni veri seti olarak kabul edilir. Eğer katılımcının KSS derecelendirmesi dalgınlık eşiğinin altındaysa ve bir sonraki ölçümde bu eşik geçilmişse (örneğin 6-8 veya 7-8 arasında), DDAW sistemi uyarı verirse, bu uyarı gerçek pozitif kabul edilir ve test sonlandırılır. Eğer uyarı verilmezse ve test ekstra bir süreyle devam etmedikçe, bu yanlış negatif olarak kabul edilir. Ekstra test süresinde katılımcı dalgınlık eşiğini aşarsa ya da öz değerlendirme sonucu eşik değeri geçerse, okuma yanlış negatif sayılır. KSS 7 seviyesinde bir değerlendirme yapıldığında, veri noktası gerçek negatif olarak kabul edilir ve aykırı değer olarak işaretlenir. KSS seviyesi 7'nin altında bir değerlendirme yapıldığında ise, bu veri noktaları güvenilirmez kabul edilip hariç tutulur. Bu durumda katılımcıya ek eğitim verilmesi önerilmektedir.

Bir DDAW sistemi, aşağıdaki koşulları sağlıyorsa teknik servisler tarafından etkili kabul edilir [10]:

- (a) Ortalama duyarlılık %40'ın üzerinde olmalı.
- (b) Duyarlılık sonuçlarının %90 güven aralığının alt sınırı %20'nin üzerinde olmalı, yani katılımcıların %95'i %20'den fazla ortalama duyarlılığa sahip olmalı.
- (c) Eğer test 15 dakikadan kısa aralıklarla yapılmazsa, duyarlılık gereksinimi %5 artırılır ve güven aralığı %2,5 artırılır.
- (ç) Eğer test açık bir yol üzerinde yapılırsa, duyarlılık gereksinimi %5, güven aralığı ise %2,5 azaltılır.

Örnek olarak, açık yol testi için gereken ortalama duyarlılık %35, simülasyon testi için ise %45 olmalıdır [10].

DDAW (Sürücü Dalgınlık ve Dikkat Uyarı) testlerinde, sistemin etkinliğini ve doğruluğunu değerlendirebilmek amacıyla çeşitli istatistiksel metrikler kullanılarak performans ölçüm hesaplaması yapılır. Bu ölçümler, DDAW sistemlerinin doğru uyarı verip vermediğini ve sürücünün dalgınlık durumlarını doğru şekilde tespit edip etmediğini belirlemek açısından büyük öneme sahiptir. Test süresi boyunca elde edilen her bir ölçüm, sistemin doğruluğunu analiz etmek için kullanılır. Gerçek Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP), Gerçek Negatif (TN) ve Yanlış Negatif (FN) sonuçları kaydedilir. Pozitif durumlar, sürücünün dalgın olduğu halleri ifade ederken, negatif durumlar sürücünün dalgın olmadığı durumları temsil eder

Burada:

$n(TP)$, hem sistemin hem de sürücünün doğru şekilde dalgın olarak tanımladığı olayların toplam sayısıdır;

$n(FN)$, sistemin sürücünün dalgın olmadığını tahmin ettiği, ancak sürücünün gerçekten dalgın olduğu olayların toplam sayısıdır;

$n(FP)$, sistemin sürücünün dalgın olduğunu tahmin ettiği, ancak sürücünün dalgın olmadığı olayların toplam sayısıdır;

$n(TN)$, sistemin ve sürücünün her ikisinin de doğru şekilde dalgın değil olarak tanımladığı olayların toplam sayısıdır.

Σ tüm katılımcıların toplamıdır.

Duyarlılık (Sensitivity)

Sistemin gerçek pozitif durumları doğru bir şekilde tespit etme oranıdır. Yani, sürücünün dalgın olduğu durumlarda, sistemin doğru bir şekilde uyarı verip vermediğini ölçer. Eğer 100 dalgınlık vakasından 90'ını doğru bir şekilde tespit ediyorsa, duyarlılık %90'dır.

$$\text{Duyarlılık} = \frac{n(TP)}{n(TP) + n(FN)} \times 100\%$$

Özgüllük (Specificity)

Özgüllük, sistemin gerçek negatif durumları doğru bir şekilde tanıma oranıdır. Yani, sürücü dalgın değilse ve sistem doğru şekilde uyarı yapmıyorsa, özgüllük hesaplanır. Eğer 100 uyanık sürücüden 95'ini doğru bir şekilde tespit ediyorsa, özgüllük %95'tir.

$$\text{Özgüllük} = \frac{n(TN)}{n(TN) + n(FP)} \times 100\%$$

Doğruluk (Accuracy)

Doğruluk, sistemin genel başarısını ölçen bir metriktir. Hem doğru pozitif hem de doğru negatif sonuçların oranını ifade eder. Eğer 200 testin 180'inde doğru sonuç alındıysa, doğruluk %90'dır

$$\text{Doğruluk} = \frac{n(TP) + n(TN)}{\sum n(TN) + n(FP) + n(TP) + n(FN)} \times 100\%$$

Kesinlik (Precision)

Kesinlik, sistemin verdiği uyarıların ne kadarının doğru olduğunu ölçer. Yani, sistemin verdiği uyarıların ne kadarının gerçek pozitif olduğunu gösterir. Eğer sistem 100 uyarı verdiyse ve bunlardan 90'ı doğruysa, kesinlik %90'dır.

$$\text{Kesinlik} = \frac{n(TP)}{n(TP) + n(FP)} \times 100\%$$

F1 Skoru

F1 skoru, duyarlılık ve özgüllüğün dengeli bir kombinasyonudur ve her iki metriğin birden düşük olduğu durumları dengelemek için kullanılır. Duyarlılık %90 ve özgüllük %85 ise, F1 skoru yaklaşık %87,5 olur.

$$\text{F1 Skoru} = 2 \times \frac{\text{Duyarlılık} \times \text{Özgüllük}}{\text{Duyarlılık} + \text{Özgüllük}} \times 100\%$$

Testler tamamlandığında, tüm veriler toplanarak sistemin performansı detaylı bir şekilde analiz edilir. Bu aşama, performans ölçümlerinin genel sonuçlarını içerir ve elde edilen veriler üzerinde istatistiksel bir analiz gerçekleştirilir. Analiz sürecinde, tüm test verileri bir araya getirilir ve performans metrikleri hesaplanır.

Ortalama duyarlılık (Sensitivity), özgüllük (Specificity), doğruluk (Accuracy) gibi metrikler hesaplanarak sistemin başarısı değerlendirilir. Duyarlılık (Sensitivity) ve özgüllük (Specificity) oranları, doğru uyarı verme oranlarını gösterirken, F1 Skoru ve kesinlik (Precision), sistemin toplam başarısını ölçmek için hesaplanır. DDAW sisteminin, gerçek pozitif ve yanlış negatif durumları doğru şekilde ayırt etme kapasitesi de değerlendirilir.

Eğer sistemin duyarlılığı, özgüllüğü ve doğruluğu belirlenen eşik değerlerinin altındaysa, sistemin tasarımında veya algoritmalarında iyileştirmeler yapılması gerekebilir. Test sırasında veri noktaları aykırıysa (örneğin, sistem yanlış uyarı verdiğinde), bu veriler analiz edilir ve

sistemin genel doğruluğuna olan etkisi incelenir. Bu aşama, sistemin güvenilirliğini artırmak adına kritik öneme sahiptir.

7.Sonuçlar ve Değerlendirme

7.1 Güvenlik ve Sürüş Konforu

Sürücü uyuşukluk uyarı sistemleri, sürücülerin araç kullanırken yorgunluk, uykusuzluk veya dikkat eksikliği nedeniyle tehlikeli bir şekilde araç kullanmalarını engellemeye yönelik bir teknolojidir. Toplu taşıma ve ağır ticari araçların sürücü bazlı kaza oranı trafikte bulunan diğer araçlara göre daha fazladır. Toplu taşıma araçlarında sürücü ve çok fazla yolcu tehlike altın ve kazalar ciddi sayıda insanı etkilemektedir. Araca ve çevreye gelen zarar da oldukça fazladır. Sistem sürücülerin güvenliğini önemsemektedir. Verdiği sesli ve görsel uyarılarla sürücüyü uyarır, bu da kaza risklerini önemli ölçüde azaltır. Uyarılar sayesinde sürücülerin dinlenmeleri gerektiğini fark etmeleri sağlanır, bu da sürüş sırasında daha az stresli ve daha konforlu bir deneyim sunar. Sürücülerin uykusuz veya yorgun araç kullanmaları diğer sürücüleri hatta yayaları da riske attığından DDAW sistemlerinin kullanılması trafik güvenliğini artırmaktadır.

7.2 Maliyet ve Performans

12 metre dizel otobüslerde uyguladığımız bu sistem, herhangi giyilebilen ya da sürücünün konforunu etkileyen bileşenler içermediğinden kurulumu basittir. Bu da sistemi daha cazip hale getirmektedir. Sadece sürücünün göz hareketlerini veya baş pozisyonunu izlemek için kullanılan sistemdeki bu tür kameralar genellikle daha ucuzdur ve sistemin maliyeti daha düşüktür. Kameralı sürücü uyuşukluk uyarı sistemlerinin doğruluk performansı, kullanılan teknolojiye, sensörlere, yazılımlara ve algoritmalara bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Sistemlerin doğruluk performansı, sürücünün davranışlarını doğru bir şekilde tanıyabilme yeteneğine dayalıdır. Kameralı sürücü uyuşukluk uyarı sistemlerinin doğruluk performansı, genellikle %80 ile %95 arasında değişebilir. Kameralı sistemler, teknoloji geliştikçe ve daha fazla veri ile eğitildikçe daha doğru hale gelmektedir. Yapay zekâ ve derin öğrenme teknikleri sayesinde bu sistemler zamanla daha hassas hale gelmekte, sürücünün yorgunluk seviyelerini daha doğru bir şekilde tespit etmektedir. Ayrıca bu sistemin, kazaları azaltarak yalnızca insan hayatını korumakla kalmayıp, aynı zamanda ekonomik kayıpları da en aza indirmesi beklenmektedir. Kazalar, hastane giderleri, araç tamir masrafları ve sigorta ödemeleri gibi çeşitli mali yükler oluşturmaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Komisyon, Hayat Kurtarmaya Yardımcı Olacak Yeni AB Kuralları Üzerindeki Anlaşmayı Memnuniyetle Karşıladı, Brüksel, Belçika: Avrupa Komisyonu, Yol güvenliği, 2019. (Erişim tarihi: 12.11.2024)
- [2] Komisyon Delege Yönetmeliği (AB)/Avrupa Parlamentosu ve Konseyinin (AB) 2019/2144 sayılı Yönetmeliğini Tamamlayan ve Sürücü Uyuşukluğu ve Dikkat Uyarı Sistemlerine İlişkin Motorlu Araçların Tip Onayı İçin Özel Test Prosedürleri ve Teknik Gereksinimleri Belirleyen ve Söz Konusu Yönetmeliğin II. Ekini Değiştiren EKLER, Belçika, Brüksel: Avrupa Komisyonu, Brüksel, 2021. (Erişim tarihi: 20.10.2024)
- [3] KW Tipprasert, T. Charoenpong, C. Chianrabutra ve C. Sukjamsri, "Kızılötesi Kamera ile Sürücünün Gözlerini Kapatma ve Esneme Algılama Yöntemi ile Uyuşukluk Analizi", 2019 Birinci Uluslararası Enstrüman Kontrolü Yapay Zeka ve Robotik Sempozyumu (ICA-SYMP) , Ocak 2019. (Erişim tarihi: 20.10.2024)
- [4] Bram Bakker, Bartosz Zablocki, Angela Baker, Vanessa Riethmeister, Bernd Marx, Girish Iyer “Doğal Yol Sürüş Koşullarında Sürücü Uykululuğunu Algılamak İçin Çok Aşamalı, Çok Özellikli Bir Makine Öğrenme Yaklaşımı” IEEE Akıllı Ulaşım Sistemleri İşlemleri (Cilt: 23 , Sayı: 5 , Mayıs 2022)
- [5] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Karayolu-Trafik-Kaza-Istatistikleri-2023-53479> (Erişim tarihi: 25.11.2024)
- [6] Yaman Albadawi, Maen Takruri, Mohammed Awad, Sürücü Uyku Hali Algılama Sistemlerindeki Son Gelişmelerin İncelenmesi, 7 Mart 2022
<https://www.mdpi.com/1424-8220/22/5/2069> (Erişim tarihi: 20.10.2024)
- [7] Ajay Mittal ; Kanika Kumar ; Sarina Dhamija ; Manvjeet Kaur, Baş hareketine dayalı sürücü uyuşukluğu tespiti: Son teknoloji tekniklerin incelenmesi, 2016 IEEE Mühendislik ve Teknoloji Uluslararası Konferansı (ICETECH), 17-18 Mart 2016
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7569378> (Erişim tarihi: 22.10.2024)
- [8] Nordbakke, S.; Sagberg, F. Direksiyonda uykulu: Araba sürücüleri arasında bilgi, semptomlar ve davranış. Ulaştırma Araştırması Bölüm F: Trafik Psikolojisi ve Davranışı 2007
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1369847806000246> (Erişim tarihi: 14.10.2024)

- [9] Xiaulu Zeng, Fengyu Wang, Beibei, Chengshu Wu, K.J. Ray Liu, Oscar C. Au, Vehicle Sensing for Smart Cars, IEEE Açık Araç Teknolojisi Dergisi, 12 Mayıs 2022
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9773999> (Erişim tarihi: 11.11.2024)
- [10] Sürücü Dalgınlık Ve Dikkat Uyarı Sistemine İlişkin Motorlu Araçların Tip Onayı Hakkında Yönetmelik (AB2021.1341, Mevzuat Bilgi Sistemi EK1
<https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/10/20221026M1-4.htm>
(Erişim tarihi: 15.10.2024)

ANALYSIS OF ENZYME SEQUENCES USING SPECTRAL CLUSTERING METHOD

Çağın Kandemir Çavaş

Dokuz Eylül University

cagin.kandemir@deu.edu.tr – 0000-0003-2241-3546

ABSTRACT

Clustering of enzyme sequences is a process to group enzymes with similar biological functions. This process aims to understand the structural and functional properties of enzymes, unravel biological processes and develop biotechnological applications. Clustering is done based on similarities between sequences and ensures that enzymes with similar properties are included in the same group. Machine learning plays a crucial role in clustering enzyme sequences. During analysis of large biological data sets, machine learning techniques are used to understand complex relationships, process high-dimensional data and create accurate clusters. This study aims to group biological data and obtain meaningful clusters by using the spectral clustering method to cluster enzyme sequences. In the clustering process, enzymes with similar sequences are grouped and each group is meaningfully separated based on their biological properties. Clustering results are further clarified with the K-means algorithm, and the accuracy between the obtained clusters is objectively evaluated with success indices such as Adjusted Rand Index (ARI) and Davies-Bouldin Index (DBI). This method ensures accurate clustering of enzyme sequences and provides researchers with the opportunity to make more reliable biological classifications by measuring the quality of clustering results. In conclusion, this study highlights the potential of machine learning-based clustering methods in biological data analysis and protein research.

Keywords: Enzyme sequences, Spectral clustering, Adjusted Rand Index, Davies-Bouldin Index.

1. INTRODUCTION

Enzymes are biological molecules that catalyze chemical reactions in living organisms. They usually have a protein structure and accelerate a certain chemical reaction, while remaining unchanged at the end of the reaction. Enzymes play a critical role in regulating metabolic processes occurring in the body. If the structure of enzymes is known and their various biological functions also are known [1]. Enzymes are generally classified according to their functions and the types of reactions they catalyze. For example, some enzymes have more than one polypeptide chain, while others consist of a single

chain The classification system of enzymes determined by IUBMB (International Union of Biochemistry and Molecular Biology) divides enzymes into 6 main categories [1]:

- Oxidoreductases: Catalyze redox reactions.
- Transferases: Catalyze the transfer of a group from one molecule to another.
- Hydrolases: Break bonds by adding a water molecule.
- Lyases: Break chemical bonds without adding hydrogen or water.
- Isomerases: Catalyze the structural isomerization of molecules.
- Ligases: Form bonds between two molecules, often using ATP

This classification is important for understanding the functions of enzymes and determining which biological processes they contribute to. Clustering enzymes allows them to be grouped based on similar functions or structures [2]. In this way, it becomes easier to distinguish different classes of enzymes, to group together enzymes with similar properties, and to study the functional roles of specific enzymes. Such classifications and clusters provide the following advantages:

- Functional Meaning: Classifying enzymes helps understand which biochemical processes they participate in.
- New Enzyme Discovery: Clustering offers a better understanding of known enzymes and provides a model for the discovery of new enzymes.
- Biotechnological Applications: Correct classification of enzymes guides in deciding which enzymes are used in biotechnological applications.
- Drug Design: Classification and clustering of enzymes play an important role in the design of enzyme inhibitors to target specific diseases.

It offers powerful tools to provide data-intensive, fast and accurate results in bioinformatics fields such as machine learning, enzyme classification and clustering. Although it does not completely replace traditional experimental methods, when combined with these techniques, it provides more comprehensive, efficient and reliable results. Machine learning techniques provide great advantages, especially in analyzing large data sets, modeling complex relationships, and obtaining robust, rapid results.

Enzyme clustering aims to separate enzymes into groups with similar properties [3]. Clustering is done based on functional and structural similarities of enzymes [4-8].

Accurate clustering of enzymes in both the fields of basic biological research and applied biotechnology can lead to significant advances and innovations. Spectral clustering techniques can be applied with similarity matrices, especially those containing the properties of enzymes to cluster them. This approach often uses eigenvalues and eigenvectors to determine the number of clusters. The detailed explanations are given in the following section.

2. METHODS AND MATERIAS

2.1. Data Set

Enzymes sequences from each class are retrieved from ENZYME database [9]. One sample of enzyme sequence is illustrated in Fig. 1.

```
>sp|P00561|AK1H_ECOLI Bifunctional aspartokinase/homoserine dehydrogenase 1 OS=Escherichia coli (strain K12) OX=83333 GN=thrA PE=1 SV=2
MRVLKFGGTSVANAERFLRVADILESNAQQGQVATVLSAPAKITNHLVAMIEKTISGQDA
LPNISDAERIFAEELLTGLAAAPGFPLAQLKTFVDQFEAQIKHVLHGISLLGQCPDSINA
ALICRGKMSIAIMAGVLEARGHNVTIDPVEKLLAVGHYLESTVDIAESTRRIAASRIP
ADHIVLMAGFTAGNEKGEVLVLRNGSDYSAVLAACLRADCCCEINTDVGVTCDPRQV
PDARLLKSHSYQEMELSYFGAKVLHPRTITPIAQFQIPCLIKNTGNPQAPGTLIGASRD
EDELVPYKGSINLNMAMFSVSGPGVHGMAARVFAAMSRAISVVLITQSSSEYSISF
CVPOSDCVRAERAMQEEFYLEKGLLEPLAVTERLAIIISVVGQGWRTLRGISAKFFAAL
ARANINIVAIAQSSSERSISVVWINDATTGVRVTHQHLFNTDQVIEFVIGVGGVGGAL
LEQLKRQGSMLKNKHIDLRVCGVANSKALLTNVHGLNLENWQEELAQAKEPNLGRILRL
VKEYHLLNPVIVDCTSSQAVADQYADFLREGFHVVTNPKKANTSSHDYYHQLRYAAEKSR
RKFLYDTNVGAGLPVIEINLQNLNAGDELKMFSGISLGSLSYIFGKLDEGMSFSEATTLA
REMGYTEPDPRDDLSGMDVARKLLTLARETGRELELADIEIEPVLPAEFNAEGDVAAFHA
NLSQDDLFAARVAKARDEGKVLRYGVNIDEDGVCVKIAEVDGNDPLFKVKNGENALAF
YSHYYQLPLVLVRGYGAGNDVTAAGVFADLLRLTSLNKLGV
```

Fig.1. A sample of enzyme sequence

Enzyme sequence is composed from 20 different kind of amino acid [1]. The presentation of enzymes is illustrated in Fig. 2.

	One-letter Code	Three-letter Code	Amino Acid Name
1	A	Ala	Alanine
2	C	Cys	Cysteine
3	D	Asp	Aspartic Acid
4	E	Glu	Glutamic Acid
5	F	Phe	Phenylalanine
6	G	Gly	Glycine
7	H	His	Histidine
8	I	Ile	Isoleucine
9	K	Lys	Lysine
10	L	Leu	Leucine
11	M	Met	Methionine
12	N	Asn	Asparagine
13	P	Pro	Proline
14	Q	Gln	Glutamine
15	R	Arg	Arginine
16	S	Ser	Serine
17	T	Thr	Threonine
18	V	Val	Valine
19	W	Trp	Tryptophan
20	Y	Tyr	Tyrosine

Fig. 2. The presentation of 20 types of enzymes

In order to use enzyme sequences into the machine learning techniques, it is required to represent as a numerical form. In this paper, for each protein sequence, the Amino Acid Composition (AAC) is computed. It involves to compute the frequency of each amino acid in a given sequence and normalize it to get the composition vector. This composition vector is used as a feature for each protein.

2.2. Spectral Clustering

Spectral clustering is a machine learning method that clusters data by making use of graph theory and linear algebra. Unlike traditional clustering techniques (e.g., K-means), which divide data points into clusters by directly grouping them based on their distance from each other, spectral clustering uses the relationships between data to create a similarity graph and use that graph to identify clusters [10].

Spectral clustering is particularly effective on nonlinear data and data with complex structures. This clustering using graph theory is widely used to better understand and cluster the geometric structures of data.

2.2.1. Basic Steps of Spectral Clustering

Creating the Similarity Matrix: The first step is to determine the similarities or distances between each pair of data. This similarity is usually calculated using a distance measure (e.g., Euclidean distance) as in Eq. (1) and Eq. (2).

$$\text{Cosine Similarity} = \frac{A \cdot B}{\|A\| \|B\|} \quad (1)$$

$$\text{Cosine Distance} = 1 - \text{Cosine Similarity} \quad (2)$$

Using Distance matrix, a similarity matrix is created. Similarity matrix is calculated with the Gaussian kernel function as in Eq. (3).

$$K(\mathbf{x}, \mathbf{y}) = \exp\left(-\frac{\text{Distance}^2}{2\sigma^2}\right) \quad (3)$$

where $K(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ is a kernel function, representing the similarity between data points x and y , Distance is Cosine distance between x and y , σ is a parameter that controls the width of the Gaussian function. The similarity matrix represents the relationship between data as a graph. Each node of this graph represents a sample of the data, and edges show similarities between the data. The higher the similarity between the data, the greater the edge weight.

Creation of Laplacian Matrix: As a feature of the graph, the Laplacian matrix is created. This matrix is used to better analyze the structure of the graph. The Laplace matrix is calculated as the difference of the degree matrix and the similarity matrix.

$$L = W - D \quad (4)$$

Where W is similarity matrix derived from the Gaussian kernel, D is the degree matrix, defined as a diagonal matrix where each entry D_{ii} is the sum of the entries in row i of the similarity matrix W .

By calculating the Laplace matrix, the structural properties and clustering tendencies of the graph are revealed. **Eigenvalue and Eigenvector Calculation:** Eigenvalues and eigenvectors of the Laplace matrix are calculated. These eigenvectors provide a projection into a new low-dimensional space representing the data. Eigenvectors with the smallest eigenvalues best represent the structure of the clusters [11].

Clustering Step: From the obtained eigenvectors, the smallest k eigenvectors are generally selected and the rows of these eigenvectors move the data to a new low-dimensional space. As a result of this projection, data can often be grouped into clusters. Finally, traditional clustering algorithms such as K-means are applied on these new low-dimensional data to create clusters.

Spectral clustering is a very powerful technique, especially in modeling complex relationships and structures between data. Thanks to graphs and eigenvalue calculations, it can create more accurate and meaningful clusters than traditional clustering methods. Therefore, it generally has a wide range of applications in fields such as bioinformatics, image processing and social networks [12, 13].

2.2.2. Clustering Performance Indices

To evaluate the performance of the clustering process, clustering performance indices are computed as follows.

Adjusted Rand Index (ARI) ARI measures how compatible clusters are with real classes and is calculated as in Eq. (5).

$$ARI = (RI - E[RI]) / (\max(RI) - E[RI]) \quad (5)$$

where RI is the Rand Index, which measures the agreement between the true and predicted labels shown in Eq. (6), $E[RI]$ is the expected Rand Index under random clustering, $\max(RI)$: maximum possible Rand Index.

$$RI = \frac{\sum_{i,j} \delta(c_i, c_j)}{\binom{n}{2}} \quad (6)$$

where $\delta(c_i, c_j) = 1$ if points i and j are in the same cluster in both true and predicted labels, $\delta(c_i, c_j) = 0$ otherwise, $\binom{n}{2}$ is the total number of pairs of points.

Davies-Bouldin Index (DBI) measures the average ratio of intra-cluster distance to inter-cluster distance, indicating the clustering quality given as Eq. (7).

$$DBI = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \max_{j \neq i} \frac{S_i + S_j}{d(C_i, C_j)} \quad (7)$$

k is the number of clusters, S_i : average distance between points in cluster i and the centroid of cluster i , $d(C_i, C_j)$: distance between the centroids of clusters i and j .

3. RESULTS AND DISCUSSION

This study performs clustering by applying the spectral clustering method on a data set containing different protein sequences. The dataset consists of files in FASTA format, each containing protein sequences from different classes (6 classes) [1]. The aim is to cluster these protein sequences according to their similarities and evaluate the success of the clusters with

various metrics. The study serves as an example for the analysis of proteomic data and clustering applications in the field of bioinformatics.

In Fig. 3, the accuracy of the clustering results is compared with the actual labels (classification information). This comparison is made using success indices such as Adjusted Rand Index (ARI) and Davies-Bouldin Index (DBI).

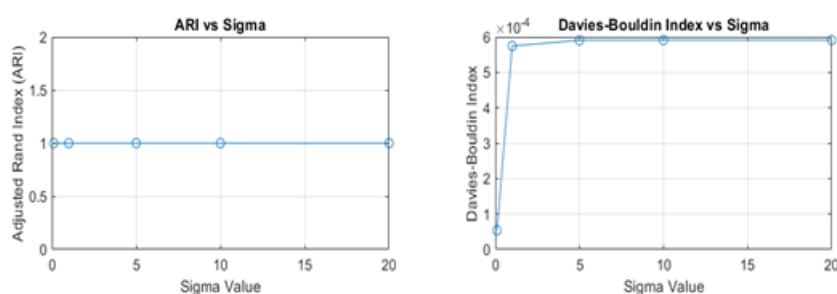


Fig. 3. ARI and DBI values versus Sigma value.

All algorithmic analysis is conducted using MATLAB. Optimal σ value is obtained as 0.1. A small sigma value indicates that the kernel function is very sensitive to small differences between sequences. Adjusted Rand Index (ARI) is obtained as 1. An ARI of 1 suggests that the clustering results perfectly match the true class labels. Davies-Bouldin Index (DBI) is obtained as 0.0005. A DBI close to 0 (in this case, a very small value of 0.0005) indicates excellent clustering performance.

This study demonstrates the successful application of the spectral clustering method for clustering protein sequences. When the clustering results were visualized, it was observed that each protein sequence was placed in appropriate clusters and the classes were clearly separated. Clustering success was evaluated objectively with ARI and DBI. The results reveal that spectral clustering is a powerful method in bioinformatics data analysis and clustering processes of complex data such as protein sequences. Such analyzes can be an important tool in classifying biological data and making new discoveries.

REFERENCES

- [1] Lesk, A. M. (2019). Introduction to bioinformatics. Oxford university press.
- [2] Fenstermacher, D. (2005). Introduction to bioinformatics. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 56(5), 440-446.
- [3] Gutteridge, A., Bartlett, G. J., & Thornton, J. M. (2003). Using a neural network and spatial clustering to predict the location of active sites in enzymes. Journal of molecular biology, 330(4), 719-734.
- [4] Siedhoff, N. E., Schwaneberg, U., & Davari, M. D. (2020). Machine learning-assisted enzyme engineering. Methods in enzymology, 643, 281-315.

- [5] Goldman, S., Das, R., Yang, K. K., & Coley, C. W. (2022). Machine learning modeling of family wide enzyme-substrate specificity screens. *PLoS computational biology*, 18(2), e1009853.
- [6] Feehan, R., Montezano, D., & Slusky, J. S. (2021). Machine learning for enzyme engineering, selection and design. *Protein Engineering, Design and Selection*, 34, gzab019.
- [7] Robinson, S. L., Smith, M. D., Richman, J. E., Aukema, K. G., & Wackett, L. P. (2020). Machine learning-based prediction of activity and substrate specificity for OleA enzymes in the thiolase superfamily. *Synthetic Biology*, 5(1), ysaa004.
- [8] Tan, J. X., Lv, H., Wang, F., Dao, F. Y., Chen, W., & Ding, H. (2019). A survey for predicting enzyme family classes using machine learning methods. *Current drug targets*, 20(5), 540-550.
- [9] Bairoch, A. (2000). The ENZYME database in 2000. *Nucleic acids research*, 28(1), 304-305.
- [10] Ding, L., Li, C., Jin, D., & Ding, S. (2024). Survey of spectral clustering based on graph theory. *Pattern Recognition*, 110366.
- [11] Von Luxburg, U. (2007). A tutorial on spectral clustering. *Statistics and computing*, 17, 395-416.
- [12] Jia, H., Ding, S., Xu, X., & Nie, R. (2014). The latest research progress on spectral clustering. *Neural Computing and Applications*, 24, 1477-1486.
- [13] Bach, F., & Jordan, M. (2003). Learning spectral clustering. *Advances in neural information processing systems*, 16.

A HYBRID PREDICTION SYSTEM USING FUZZY LOGIC AND SVM: ON QSAR DATA MODELLING

Çağın Kandemir Çavaş

Dokuz Eylül University

cagin.kandemir@deu.edu.tr – 0000-0003-2241-3546

ABSTRACT

Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) modeling plays a significant role in the field of drug discovery and biotechnology by establishing predictive models that correlate the chemical structure of compounds with their biological activity. One of the most powerful machine learning techniques applied to QSAR modeling is the Support Vector Machine (SVM), that can handle high-dimensional data and produce accurate predictions, especially in non-linear and complex datasets. However, the performance of SVM models is significantly affected by the selection of hyperparameters, particularly the C (Box Constraint) and Gamma (Kernel Scale) parameters. Optimizing these hyperparameters is a basic step to achieve the best predictive accuracy. Traditional hyperparameter optimization techniques, such as grid search or random search, can be computationally expensive and often do not fully exploit the complexity of the underlying data. In this paper, one proposes a hybrid approach combining Fuzzy Logic with SVM for the optimization of these critical hyperparameters. The hybrid model is evaluated using a set of QSAR datasets, with the performance validated by comparing the predictions against known experimental values. The evaluation metrics, Root Mean Square Error (RMSE) and correlation coefficient, demonstrate that the hybrid model, integrating Fuzzy Logic with SVM, outperforms traditional methods in terms of prediction accuracy and computational efficiency. The model successfully captures the complex relationships between molecular descriptors and biological activities. Additionally, the hybrid approach offers significant advantages in terms of generalization and the ability to optimize hyperparameters. The integration of Fuzzy Logic with Support Vector Machines offers a robust, efficient, and effective solution for QSAR modeling

Keywords: Support Vector Machine, Fuzzy Logic, QSAR Modelling, Hyperparameters.

1. INTRODUCTION

Quantitative Structure-Activity Relationship (QSAR) models are essential computational tools in modern chemistry and drug design. These models establish a relationship between the molecular structure of compounds and their biological activities by analyzing molecular descriptors. QSAR models are used extensively in the pharmaceutical industry to predict the

biological or pharmacological properties of novel compounds before they undergo costly and time-consuming laboratory experiments [1].



Fig. 1. Process in QSAR Modelling

QSAR Modelling Processes are composed of three parts: Input, QSAR Modelling and Output as illustrated in Fig. 1. The input involves two main components: the biological activity and chemical properties. The QSAR Modelling involves creating a mathematical model using QSAR techniques. This model correlates the molecular properties with biological activity, allowing researchers to predict how a new compound might behave biologically based on their chemical characteristics [2]. The output of the process is typically a set of chemical structures that are predicted to exhibit certain biological activities, such as potential drug candidates.

The power of QSAR models lies in their ability to predict the biological activity of compounds, such as binding affinity, toxicity, or inhibitory concentration (e.g., IC₅₀), from the properties of their chemical structures. By using computational methods to analyze molecular data, QSAR models significantly reduce the number of experimental trials needed, thus saving time and resources [3].

In QSAR modeling, many traditional machine learning techniques are used to establish predictive relationships between chemical descriptors and biological activities [4-7]. Some of the most commonly used methods include:

Linear regression is used for QSAR modeling, where a linear relationship is assumed between molecular descriptors and biological activity. While effective for certain types of data, linear regression may struggle with non-linear patterns present in more complex biological data.

Decision trees partition the data based on the features and build a tree-like model to predict outcomes. This method is interpretable and can handle non-linear relationships but can also lead to overfitting.

Random Forests are a more robust version of decision trees, random forests combine multiple decision trees to improve prediction accuracy and reduce overfitting. This ensemble method has proven effective in many QSAR applications.

Support Vector Machines (SVM) are one of the machine learning techniques which can be used for QSAR modelling. High-dimensional data is analyzed via SVM in both classification and regression problems.

2. METHODS AND MATERIALS

The SVM algorithm works by transforming input data into a higher-dimensional space using kernel functions and finding the optimal hyperplane that best separates or fits the data as in Eq. (1).

$$\mathbf{w} \cdot \mathbf{x} + b = 0 \quad (1)$$

where $\mathbf{w}$ is the weight vector (normal to the hyperplane), $\mathbf{x}$ is the input feature vector, b is the bias term (the offset of the hyperplane from the origin).

During training, the support vectors are the data points that are closest to the decision boundary (hyperplane). These points play a crucial role in determining the position and orientation of the hyperplane. When making predictions, only the support vectors (not all data points) influence the classification decision [8-11].

The decision function for SVM is typically expressed in terms of the support vectors $\mathbf{x}_i$ as in Eq. (2)

$$f(\mathbf{x}) = \sum_{i=1}^N \alpha_i y_i K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}) + b \quad (2)$$

where $K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x})$ is the kernel function (such as the Radial Basis Function kernel), α_i is the Lagrange multipliers that indicate the importance of each support vector.

Gaussian (Radial Basis Function - RBF) kernel, the model allows SVM to perform nonlinear classification by mapping the data into a higher-dimensional feature space is referred as in Eq. (3).

$$K(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = \exp(-\gamma \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2) \quad (3)$$

where $\mathbf{x}_i$ and $\mathbf{x}_j$ are two data points (feature vectors), γ is a positive parameter that controls the width of the Gaussian function (kernel scale), $\|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|$ is the Euclidean distance between the two points $\mathbf{x}_i$ and $\mathbf{x}_j$.

SVM is well-suited for QSAR modeling due to its ability to capture non-linear relationships between molecular descriptors and biological activity.

2.1. The Role of Hyperparameters in SVM Performance

Despite its effectiveness, the performance of SVM models is highly sensitive to the selection of hyperparameters, particularly the C (Box Constraint) and Gamma (Kernel Scale) parameters. These hyperparameters control the behavior of the SVM and have a significant impact on its ability to generalize and predict new data [9]

The C parameter determines the trade-off between achieving a wide margin and minimizing classification errors. A high value of C leads to a smaller margin but fewer misclassifications of the training data, potentially resulting in overfitting. A low value of C allows more misclassifications, and also causing underfitting.

The Gamma parameter defines how much influence each data point has on the decision boundary. Small Gamma value means that the influence of each training point is spread out, leading to a smoother decision boundary. Large Gamma value makes the SVM model more sensitive to individual data points, which can result in an overly complex decision boundary that might overfit the data.

Selection the optimal values for C and Gamma is very important step to achieve accurate predictions in QSAR modeling. However, this selection process can be challenging due to the high computational cost of hyperparameter tuning and the non-intuitive nature of these parameters' effects on the SVM's performance.

Hyperparameter tuning is a critical step in developing SVM models for QSAR applications. Traditional optimization techniques, such as grid search and random search, involve testing a predefined set of values for C and Gamma, but these methods can be computationally expensive and time-consuming, especially when dealing with large datasets or high-dimensional chemical descriptor spaces.

In many cases, the relationship between the input parameters (C and Gamma) and the performance of the model is non-linear and complex, making it difficult to determine the optimal hyperparameter values. Additionally, the optimal settings for these parameters may vary depending on the specific dataset or type of biological activity being predicted.

Given these challenges, there is a strong need for more efficient and adaptive optimization techniques that can intelligently adjust the hyperparameters.

2.2. Optimization of Hyperparameters Using Fuzzy Logic

In order to choose best hyperparameters, this paper proposes the use of Fuzzy Logic as a method to fine-tune the C and Gamma parameters. Fuzzy Logic is a computational approach designed to handle uncertainty and imprecision. This method is particularly effective when the exact relationship between inputs and outputs is difficult to define mathematically.

Fuzzy Logic can model nonlinear relationships and effectively handle uncertain data [12]. In this paper, instead of relying on precise numerical values for C and Gamma, the fuzzy system uses fuzzy rules to model the relationship between the hyperparameters and the SVM model's performance. The system adapts the hyperparameters dynamically, considering the interactions between them, to find optimal values that lead to better model performance.

The fuzzy system is created with membership functions for both inputs and outputs [13-15]. The outputs of the FIS are the optimized values of C and Gamma, which are used to train the SVM model.

The fuzzy logic-based optimization of SVM hyperparameters, C and Gamma, provides a more flexible and effective way to fine-tune the model, leading to enhanced prediction performance. By combining the strengths of SVM in classification and regression with the ability of fuzzy logic to handle uncertainty and imprecision, this hybrid approach offers a robust solution for QSAR modeling and other machine learning tasks where parameter optimization is critical. The ability of fuzzy logic to interpret linguistic terms like 'Low', 'Medium', and 'High' also provides a more intuitive and interpretable way of adjusting these crucial hyperparameters.

Inputs values, C and Gamma, are identified with membership functions ('Low', 'Medium', 'High') as illustrated in Fig. 2.

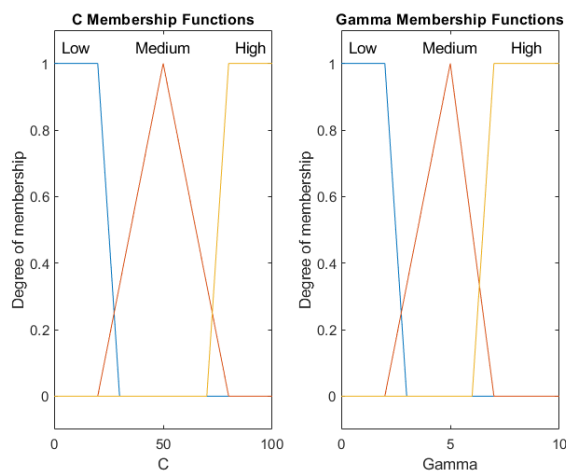


Fig. 2. Membership of the Hyperparameters C and Gamma

Outputs, Optimized values for C and Gamma, are also categorized into 'Low', 'Medium', and 'High' levels as shown in Fig. 3.

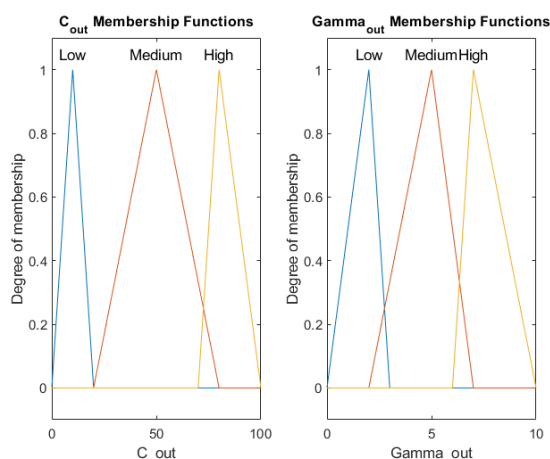


Fig. 3. Membership of the Output Hyperparameters C and Gamma

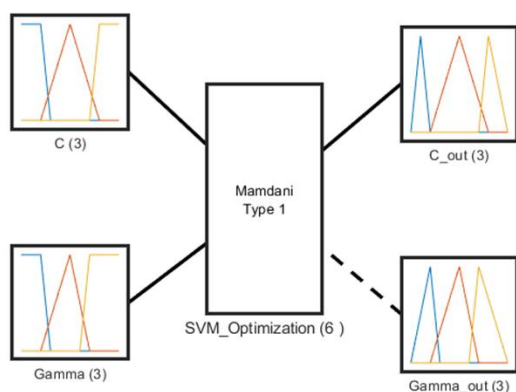


Fig. 4. SVM Optimization

The model as in Fig. 4 is trained using the QSAR data, and the predicted IC50 values are compared to the actual values to evaluate the performance.

2.3. Data Simulation

For demonstration purposes, QSAR data is simulated using four molecular descriptors, or independent variables, which are molecular weight, logarithm of the partition coefficient LogP, surface area and dipole moment.

The dependent variable, representing the biological activity of the compounds, is measured in terms of IC50 values, which indicate the concentration of a substance required to inhibit a biological process by 50 percent.

2.4 Model Evaluation

The performance of the SVM model is evaluated using **Root Mean Square Error (RMSE)**, which quantifies the difference between the predicted and actual values. The RMSE and the correlation coefficient are calculated as in Eq. (4) and Eq. (5):

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_{true,i} - Y_{pred,i})^2} \quad (4)$$

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_{true,i} - \bar{Y}_{true})(Y_{pred,i} - \bar{Y}_{pred})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_{true,i} - \bar{Y}_{true})^2 \sum_{i=1}^n (Y_{pred,i} - \bar{Y}_{pred})^2}} \quad (5)$$

where $Y_{true,i}$ represents the true IC50 value, and $Y_{pred,i}$ represents the predicted IC50 value.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Fuzzy Logic Optimization Results

After training the Fuzzy Logic system with the QSAR data, the optimized values for C and optimized Gamma are obtained 50 and 5, respectively

These values are then used to train the SVM model.

3.2 SVM Model Performance

The SVM model is trained using the optimized parameters, and the predicted IC50 values are compared to the actual values. The RMSE value obtained is 1.5663 and the correlation coefficient value obtained 0.9978, indicating a reasonable accuracy of the model.

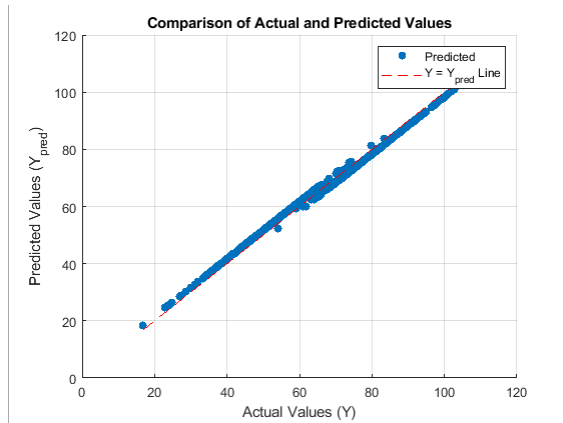


Fig. 5. Comparison of actual and predicted values.

Fig. 5 illustrates a linear relationship between the observed and predicted values obtained from SVM model with fuzzy logic. The close alignment of the predicted values with the observed values suggests that the model has accurately shown linear correlation. It can be referred that the model has proved the effectiveness of the model. Fig. 6 supports the model efficiency by showing a similar trend in residuals analysis

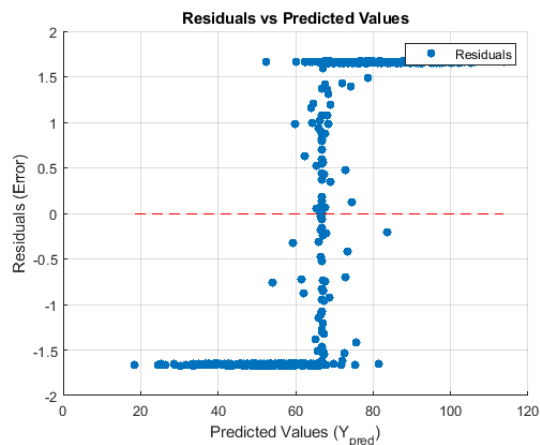


Fig. 6. Residuals vs predicted values.

3.3 Comparison with Other Models

In comparison with traditional methods like Linear Regression, Nonlinear regression, the SVM model with Fuzzy Logic optimization performs better in terms of prediction accuracy as shown in Table 1.

Table 1. Results obtained with linear and nonlinear regression.

Model	RMSE	Correlation Coefficient
Linear Regression	5.7388	0.93464
Nonlinear Regression	7.0480	0.90365

SVM with fuzzy logic	1.5663	0.99780
----------------------	--------	---------

The comparative analysis of RMSE and correlation values of each model are shown in Fig. 7 and Fig. 8, respectively.

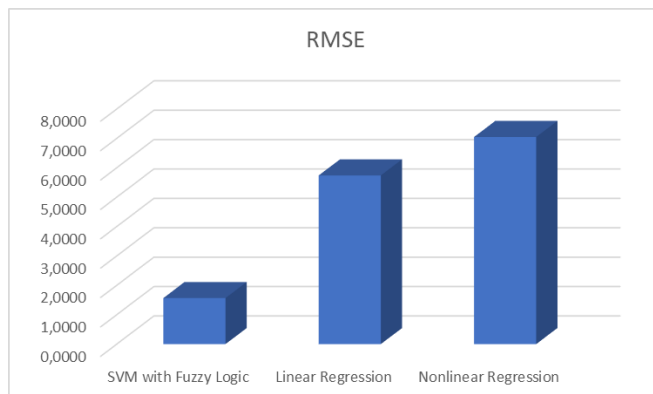


Fig. 7. RMSE values of SVM with fuzzy logic, linear regression and nonlinear regression.

The higher RMSE indicates that Linear and Nonlinear Regression are leading to less accurate predictions compared to the SVM with optimized parameters. Linear and Nonlinear Regression are unable to effectively capture the complex relationship between molecular descriptors and biological activity

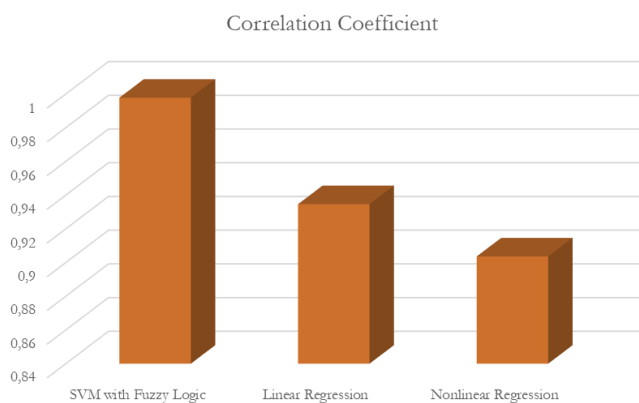


Fig. 8. Correlation Coefficient values SVM with fuzzy logic, linear regression and nonlinear regression.

The SVM model with Fuzzy Logic optimization demonstrates a clear advantage in terms of prediction accuracy, as evidenced by the correlation coefficient value of 0.9978, which indicates a strong relationship between the actual and predicted values when compared to other methods

This paper demonstrates the effectiveness of combining Support Vector Machine (SVM) with Fuzzy Logic for QSAR prediction. The Fuzzy Logic system optimizes the key hyperparameters

(C and Gamma) of the SVM, leading to improved prediction performance. The results show that the hybrid model is an effective tool for QSAR modeling, offering accurate predictions of biological activity (IC50) based on molecular descriptors.

The improved SVM model with optimized hyperparameters is more robust and generalizes better across different molecular data. It helps identify promising drug candidates more efficiently by improving the precision of biological activity predictions.

The model can be applied effectively to other QSAR datasets, leading to faster identification of potential drug candidates in real-world drug discovery applications.

REFERENCES

- [1] Liu, C., Zong, C., Chen, S., Chu, J., Yang, Y., Pan, Y., ... & Zhang, H. (2024). Machine learning-driven QSAR models for predicting the cytotoxicity of five common microplastics. *Toxicology*, 508, 153918.
- [2] Tong, J., Gao, P., Xu, H., & Liu, Y. (2024). Improved SAR and QSAR models of SARS-CoV-2 Mpro inhibitors based on machine learning. *Journal of Molecular Liquids*, 394, 123708.
- [3] Galvez-Llompart, M., Zanni, R., Manyes, L., & Meca, G. (2023). Elucidating the mechanism of action of mycotoxins through machine learning-driven QSAR models: Focus on lipid peroxidation. *Food and Chemical Toxicology*, 182, 114120.
- [4] Kumar, N., Kaur, K., & Bedi, P. M. S. (2023). Hybridization of molecular docking studies with machine learning based QSAR model for prediction of xanthine oxidase activity. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1227, 114262.
- [5] Bo, T., Lin, Y., Han, J., Hao, Z., & Liu, J. (2023). Machine learning-assisted data filtering and QSAR models for prediction of chemical acute toxicity on rat and mouse. *Journal of Hazardous Materials*, 452, 131344.
- [6] Hernández, N., Kiralj, R., Ferreira, M. M., & Talavera, I. (2009). Critical comparative analysis, validation and interpretation of SVM and PLS regression models in a QSAR study on HIV-1 protease inhibitors. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 98(1), 65-77.
- [7] Goodarzi, M., Freitas, M. P., & Jensen, R. (2009). Ant colony optimization as a feature selection method in the QSAR modeling of anti-HIV-1 activities of 3-(3, 5-dimethylbenzyl) uracil derivatives using MLR, PLS and SVM regressions. *Chemometrics and intelligent laboratory systems*, 98(2), 123-129.
- [8] Boswell, D. (2002). Introduction to support vector machines. *Departement of Computer Science and Engineering University of California San Diego*, 11, 16-17.
- [9] Wang, T., Zhang, D., & Liu, H. (2024). Toward effective SVM sample reduction based on fuzzy membership functions. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 254, 105233.
- [10] Ju, Z., & Zhang, Q. B. (2025). iBhb-Lys: Identify lysine β -hydroxybutyrylation sites using autoencoder feature representation and fuzzy SVM algorithm. *Analytical Biochemistry*, 697, 115715.
- [11] Dai, T. T., & Dong, Y. S. (2020, April). Introduction of SVM related theory and its application research. In *2020 3rd International Conference on Advanced Electronic Materials, Computers and Software Engineering (AEMCSE)* (pp. 230-233). IEEE.

- [12] Derroncourt, F. (2013). Introduction to fuzzy logic. *Massachusetts Institute of Technology*, 21, 50-56.
- [13] Tanaka, K., & Werners, B. (1997). *An introduction to fuzzy logic for practical applications* (pp. I-VI). New York: Springer.
- [14] Sivanandam, S. N., Sumathi, S., & Deepa, S. N. (2007). *Introduction to fuzzy logic using MATLAB*.
- [15] Harris, J. (2001). *An introduction to fuzzy logic applications* (Vol. 23). Springer Science & Business Media.

İZMİR-BORNOVA İLÇESİNDE KAPALI ALANLARDA ÇALIŞANLARIN MARUZ KALDIĞI RADYOAKTİF RADON GAZI KONSANTRASYONLARININ ÖLÇÜLMESİ

Kamuran İlkim ÖZYURT

Ege Üniversitesi , tes1971_12@outlook.com - 0009-0003-7241-7980

Prof. Dr. Murat SAÇ

Ege Üniversitesi , murat.sac@ege.edu.tr - 0000-0002-7794-8612

Dr. Öğr. Üyesi Caner TAŞKÖPRÜ

Ege Üniversitesi , caner.taskopru@ege.edu.tr - 0000-0002-3460-8108

ÖZET

Radon, tatsız, kokusuz ve renksiz bir gaz olup, radyoaktif özellik gösteren asal gazlardan biridir. Soygazlar grubunun en ağır üyesi olan radon, radyumun bozunmasıyla oluşur ; radyum ise uranyum ve toryumun bozunma süreçleriyle meydana gelmektedir. Radonun radyoaktif bozunma sonucunda oluşan üç adet radyoizotopu bulunmaktadır. Bu radyoizotoplar sırasıyla ^{222}Rn (Radon), ^{220}Rn (Toron) ve ^{219}Rn (Aktinon)' dur. Ancak Toron ve Aktinon izotoplarının yarı ömürleri yalnızca birkaç saniye olduğundan dolayı radon' dan bahsedildiğinde genellikle ^{222}Rn (Radon), kastedilmektedir. Radon gazının temel kaynakları kayaçlar, toprak, su ve yapı malzemeleridir. Toprak yüzeyine doğru yükselen radon gazı havadan daha ağır olduğundan dolayı yapı zemininde birikebilmektedir. Binalara, zemin çatlakları, yapı birleşim yerleri, duvar çatlakları, asma kat boşlukları, tesisat boşlukları ve duvarlar arasındaki boşluklardan sızabilmektedir. Bu nedenle kapalı ortamdaki radon konsantrasyonu artmaktadır.

Radon insan sağlığı açısından tehlikelidir ve Uluslararası Kanser Araştırma Örgütü tarafından 1988 yılında kanserojen olarak sınıflandırılmıştır. Birleşik Devletler Atomik Etkiler Bilimsel Komitesi (UNSCEAR) ve Uluslararası Radyasyondan Korunma Komitesi (ICRP) raporları da bu sınıflandırmayı desteklemektedir. Bu nedenle kapalı ortamda çalışan kişilerin maruz kaldıkları radon konsantrasyonlarının incelenmesi ve herhangi bir sağlık riski oluşturup oluşturmadığı belirlenmelidir. Radon gazı Duyu organlarıyla fark edilemediği için yalnızca ölçüm cihazları aracılığıyla tespit edilebilmektedir.

Bu çalışmada İzmir ili Bornova ilçe sınırları içerisinde bulunan kapalı çalışma ortamlarında ki radon gazı konsantrasyon seviyeleri ölçülmüştür. Radon ölçümleri dijital radon dedektörü kullanılarak yapılmıştır. Çalışma ilk olarak Ege Üniversitesi'nde yer alan belirlenmiş çalışma ofislerinde gerçekleştirilmiş olup elde edilen veriler Ulusal ve Uluslararası radon gazı maruziyet sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre radon konsantrasyonlarının 15 Bq/m^3 ile 96 Bq/m^3 arasında değiştiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler : Radon Gazı, İş Sağlığı, Kapalı Ortam.

ÇOK MAKİNALI GÜÇ SİSTEMİNDE SVC-POD’UN GEÇİCİ KARARLILIK DURUMUNDA OPTİMAL YERLEŞİM YERİNİN BELİRLENMESİ

BAYRAM PEKTAŞ

Düzce Üniversitesi, bayrampektas@duzce.edu.tr - 0009-0003-0424-140X

Prof. Dr. M. KENAN DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, kenandosoglu@duzce.edu.tr - 0000-0001-8804-7070

Dr. Öğr. Üyesi ENES KAYMAZ

Düzce Üniversitesi, eneskaymaz@duzce.edu.tr - 0000-0002-4774-0773

ÖZET

Günümüzde güç sistemlerinde sürekli yük taleplerinin ve yüklenme kapasitelerinin artması nedeniyle çalışma koşullarında iyileştirmelerin yapılması gerekmektedir. Sistemin belirli sınırlar içerisinde çalışabilmesi güvenirliliği arttırmaktadır. Bu da sistemin kararlı olarak çalışabilmesi için çok önemli bir unsurdur. Bu nedenle güç sistemlerinde güç elektroniği tabanlı kompanzasyon sistemleri tercih edilmektedir. Geçici kararlılık durumlarında bara gerilimini kontrolünü sağlamada ve salınımların sönümlenmesinde Statik Var Kompanzator (SVC)-Güç Salınım Sönümleyici (POD) yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada 3 makinalı 9 baralı güç sisteminde geçici kararlılık çalışmaları için SVC-POD’un optimal yerleşim yerinin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Bunun için SVC-POD’un sistemde bulunan tüm yük baralarına bağlanması ile ayrı ayrı benzetim çalışması sonuçları elde edilmiştir. Sistemdeki salınım durumlarının az olduğu ve sistem kararlılığın en hızlı olduğu bara optimal yerleşim noktası olarak belirlenmiştir. Bu çalışma için Güç Sistemleri Analizi Programı (PSAT) kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan SVC test sisteminde 4,5,6,7 ve 8 numaralı baralara bağlanmıştır. POD ise 6 ve 9 numaralı baralar arasında kullanılmıştır. POD kullanımı yük akışındaki en düşük bara profiline sahip olan baralar olarak belirlenirken, SVC için sistemdeki yük baraları kullanılmıştır. SVC’nin gücü 100 MVA olarak seçilmiştir. Sistem analizinde senkron generatör açısız hızları, yük bara gerilimleri, senkron generatör aktif gücü ve senkron generatörün reaktif güç parametreleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar neticesinde en etkili sonucun SVC’nin 8 numaralı barada kullanılması ile elde edildiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: SVC, POD, PSAT, Geçici Kararlılık, Optimal Yerleşim Yeri.

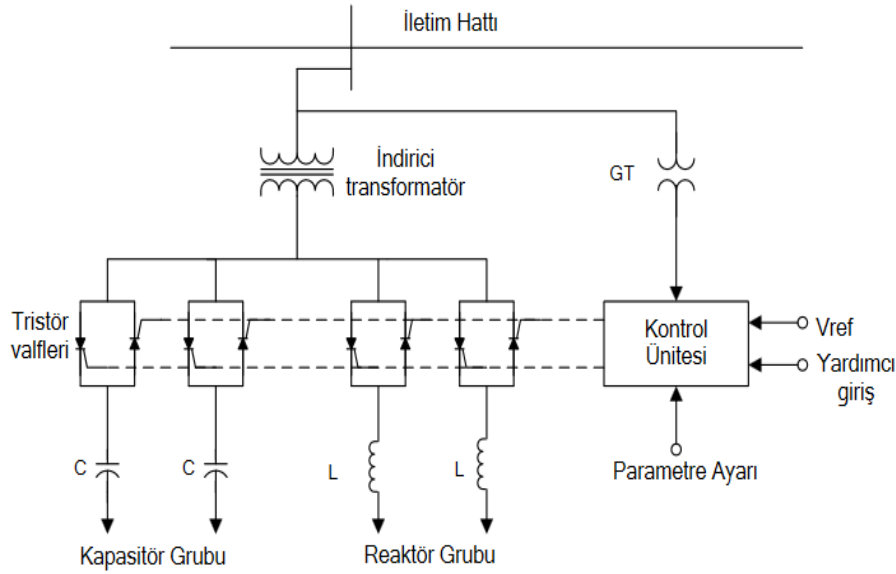
1. GİRİŞ

Son yıllarda tüketici taleplerinin artması ve yeni yüklerin sisteme dahil olması gibi nedenlerden dolayı güç sistemlerinin hem kapasitesi artmakta hem de güç sistemlerinin daha karmaşık yapıya dönüşmesi kaçınılmaz bir durumdur. Özellikle var olan sistem üzerinde yeni bir yapılanma olmaksızın sistem üzerinde yapılacak iyileştirmeler ile belirli bir ölçüde sistemin çalışma koşulları ayarlanabilmektedir. Bunun için Esnek AC İletim Sistemi (FACTS) elemanlarından SVC'nin kullanımı yaygındır. SVC ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Sistemdeki farklı çalışma koşullarında iyileştirmeler yapılmasında SVC kullanılmaktadır. Sistemin yüklenebilirliği ve yük bara gerilimlerinin çalışma sınır bölgelerinin genişletilmesinde SVC yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özellikle gerilim kararlılığının sağlanmasında SVC'nin etkin bir iyileştirme rolünün olduğu ilgili çalışmalarda gösterilmiştir [1-3]. SVC geçici kararlılık durumlarında iletim sistemlerinin dinamik performansını sistem bozulması için kontrol etmek ve sistem gerilimini etkili bir şekilde düzenlemek için kullanılmaktadır. SVC yapısında bulunan tristör kontrollü reaktör ve tristör anahtarlamalı kapasitör grupları sayesinde sistemi genel olarak kontrol edebilmektedir [4,5]. Çeşitli iletim açılarında tristör kontrollü kompensatörlerin çalışmasında sistemdeki dengesiz reaktif güç taleplerini karşılamak için avantajlı bir şekilde kullanılabilir. Ancak tristör yapısından dolayı sistemde harmonikler oluşmaktadır. Harmonik oluşumunu en aza indirmek için SVC filtreleme amaçlı olarak tercih edilmektedir [6,7]. Senkron generatörlerde kullanılan güç sistemi kararlı kılıcısı modelinin geçici kararlılık durumlarında daha etkili kullanılabilmesinde SVC kullanılmaktadır. Güç sisteminde gerilim düzenlemesinde tercih edilen SVC ile birlikte sistemde oluşan salınımların kısa zaman içerisinde sönümlendiği ve kararlılığın kısa süre içerisinde sağlandığı ilgili çalışmalarda görülmektedir [8,9]. SVC'nin diğer bir kullanım alanı da küçük sinyal kararlılığıdır. Güç sistemlerinde geçici kararlılık esnasında meydana gelen elektromekanik salınımların sönümlenmesinde SVC önemli bir rol oynamaktadır. Sistemdeki parametre salınımlarının yanı sıra özdeğer analiz, baskın değer, frekans, katılım faktörü, çalışma modlarının belirlenmesi SVC'nin kullanımında önemli iyileştirmelerin olduğu ilgili çalışmalarda sunulmuştur [10,11].

Yapılan bu çalışmada yukarıda verilen literatürden farklı olarak geçici kararlılık esnasında SVC-POD'un birlikte kullanımı ile sistemin kısa süre içerisinde kararlı hale gelmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra sistemde oluşan salınımları hızlı bir görselde sönümlenmesi amaçlanmaktadır. SVC-POD'un daha iyi sonuçlar vermesi için 3 makinalı 9 baralı test sisteminde optimal yerleşim için uygun olan baranın belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Farklı yük baralarına bağlı olan SVC ile elde edilen sonuçlar detaylı görselde yorumlanmıştır.

2. STATİK VAR KOMPANZATÖR

FACTS cihazlarından paralel olarak kullanılan SVC genel yapısı itibariyle kapasitör grubu, reaktör grubu, kontrol ünitesi ve indirici transformatörden oluşmaktadır. SVC'nin genel yapısı Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. SVC'nin Genel Yapısı

Kapasitör grubu ve reaktör grubunda tristör valfleri bulunmaktadır. Sistemin hangi açı değerinde hangi grubun devreye girmesi bara gerilimine göre ayarlanmaktadır. Genel olarak SVC tristör kontrollü reaktör ve tristör anahtarlama kapasitörden oluşmaktadır. SVC devresinin kontrolünde ölçülen bara gerilimi ve referans gerilimi farkı denetleyici girerek önceki tetikleme açısı ile o an elde edilen tetikleme açısı toplanarak kapasitör ve reaktör gruplarında bulunan tristör valflerinin yeni tetikleme açısı değeri belirlenmiş olmaktadır. SVC kapasitif ve endüktif çalışmasını belirleyen eşdeğer reaktans eşitliği Denklem 1'deki gibi ifade edilmektedir.

$$X_e = X_c \frac{X_l \pi / X_c}{\sin 2\alpha - 2\alpha + \pi(2 - X_l / X_c)} \quad (1)$$

Temel frekans değerine göre SVC'nin geçici durum çalışma eşdeğer devresi oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu eşdeğere ait eşitlikler Denklem 2 ile Denklem 4 arasında verilmiştir.

$$B_e - \frac{\sin 2\alpha - 2\alpha - \pi(2 - X_l / X_c)}{\pi X_l} = 0 \quad (2)$$

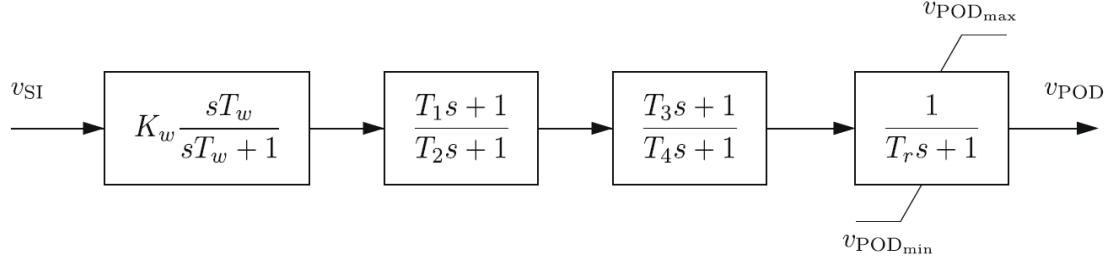
$$I - V_i B_e = 0 \quad (3)$$

$$Q - V_i^2 B_e = 0 \quad (4)$$

Burada, X_e eşdeğer reaktans, α tetikleme açısı, X_l endüktif reaktans, X_c kapasitif reaktans, I geçen akım, V_i kapasitör gerilimi ve B_e eşdeğer süseptansdır. Denklemlerden de anlaşılacağı gibi SVC'nin eşdeğer devre oluşumunda süseptans modeli kullanılmaktadır [12].

3. GÜÇ SALINIM SÖNÜMLEMESİ

Güç Salınım Sönümlemesinin (POD) güç sistemlerinde asıl kullanım amacı geçici kararlılık esnasında oluşan salınımların hızlı bir şekilde sönümlenmesi sağlanarak sistem kararlılığının sağlanmasıdır. POD devre modeli Görsel 2’de gösterilmiştir.



Görsel 1. POD Devre Modeli

POD yapısı senkron generatörde kullanılan güç sistemi kararlı kılıcısı modeliyle eşdeğerdir. POD devre modelinde de görüldüğü gibi dört bölümden oluşmaktadır. Bu bölümler sırasıyla arındırma filtresi, dengeleyici kazancı ve faz kompanzatör bloklarıdır. İstenen çıkış sinyali V_{POD} küçük zaman sabiti T_r tarafından alınmaktadır. Bu değerler minimum ve maksimum aralıkta belirlenmektedir. Bu değer sönümleme miktarı K_w kazancını ayarlamaktadır. Giriş sinyalinde zaman geciktirmesi işlemi için faz kompanzatör blokları sağlamaktadır. Görsel 2’de POD devre modelinde kullanılan faz kompanzatör bloklarına ait parametre hesaplamaları Denklem 5 ve Denklem 6’da gösterilmektedir.

$$T = \frac{1}{\omega_n \sqrt{\alpha}} \quad (5)$$

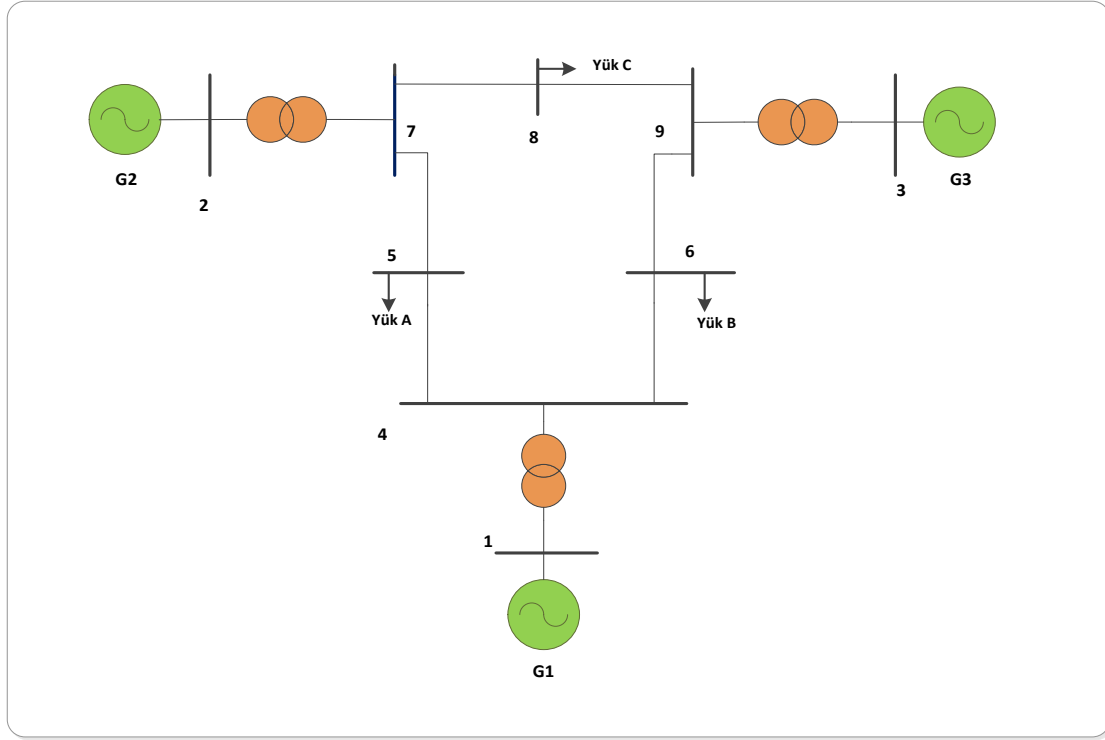
$$\alpha = \frac{1 - \sin(\varphi / n)}{1 + \sin(\varphi / n)} \quad (6)$$

Burada, n gecikmeli şebekelerin sayısını, φ kompanse edilecek fazı, ω_n sönümleme frekansını ifade etmektedir [13,14].

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Analizi yapılan test sistemi Görsel 3’te gösterilmiştir. 3 makineli 9 baralı test sisteminde 1. bara salım barası, 2. ve 3. baralar generatör barası, 4., 5., 6., 7., 8. ve 9. baralar yük barası olarak kullanılmıştır. Bu sistemde 1 ile 4 numaralı baralar arasında, 2 ile 7 numaralı baralar arasında ve 3 ile 9 numaralı baralar arasında transformatörler kullanılmıştır. Senkron generatörlerde 3. derece modeli kullanılmıştır. Üç senkron generatörde otomatik gerilim regülatörleri kullanılmıştır. Otomatik gerilim regülatörlerinde Model 3 tercih edilmiştir. POD’un test

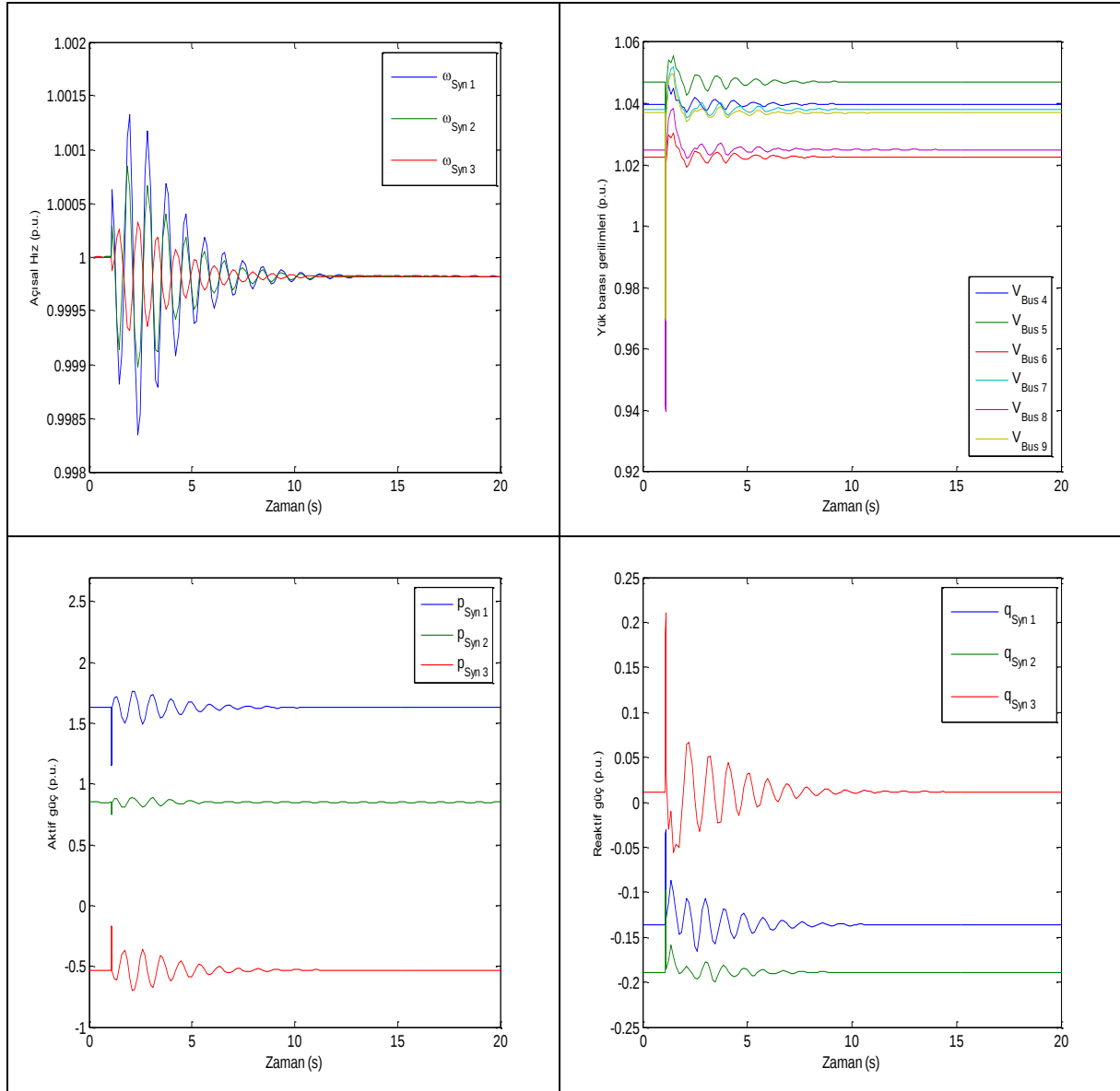
sistemine yerleşim yerinin belirlenmesinde yük akışı analizinden yararlanılmıştır. Bara gerilim profilleri düşük olan 6 ve 9 numaralı baralarda POD'un yerleşimi yapılmıştır. Sistemdeki geçici durum 5 ile 7 numaralı baralar arasındaki hatların 1 saniye ile 1,1 saniyeler arasında devre dışı kalması olarak ayarlanmıştır. SVC'nin farklı analizlerinde POD'un yeri hep aynı olmuştur. SVC sırasıyla 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı baralara bağlanması ile sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar detaylı olarak irdelenmiştir.



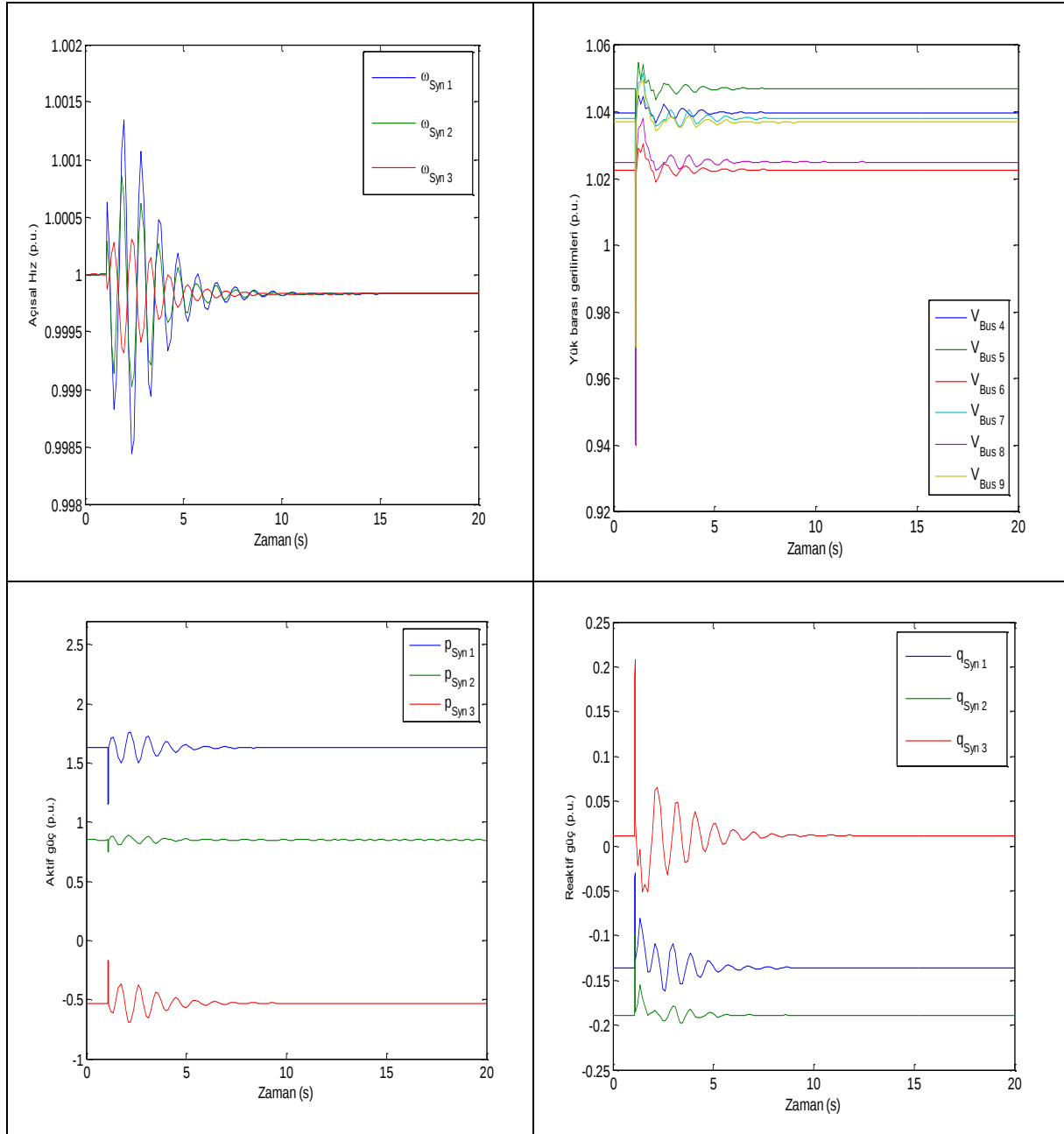
Görsel 3. 3 Makineli 9 Baralı Test Sistemi

4.1. Benzetim Çalışması Sonuçları

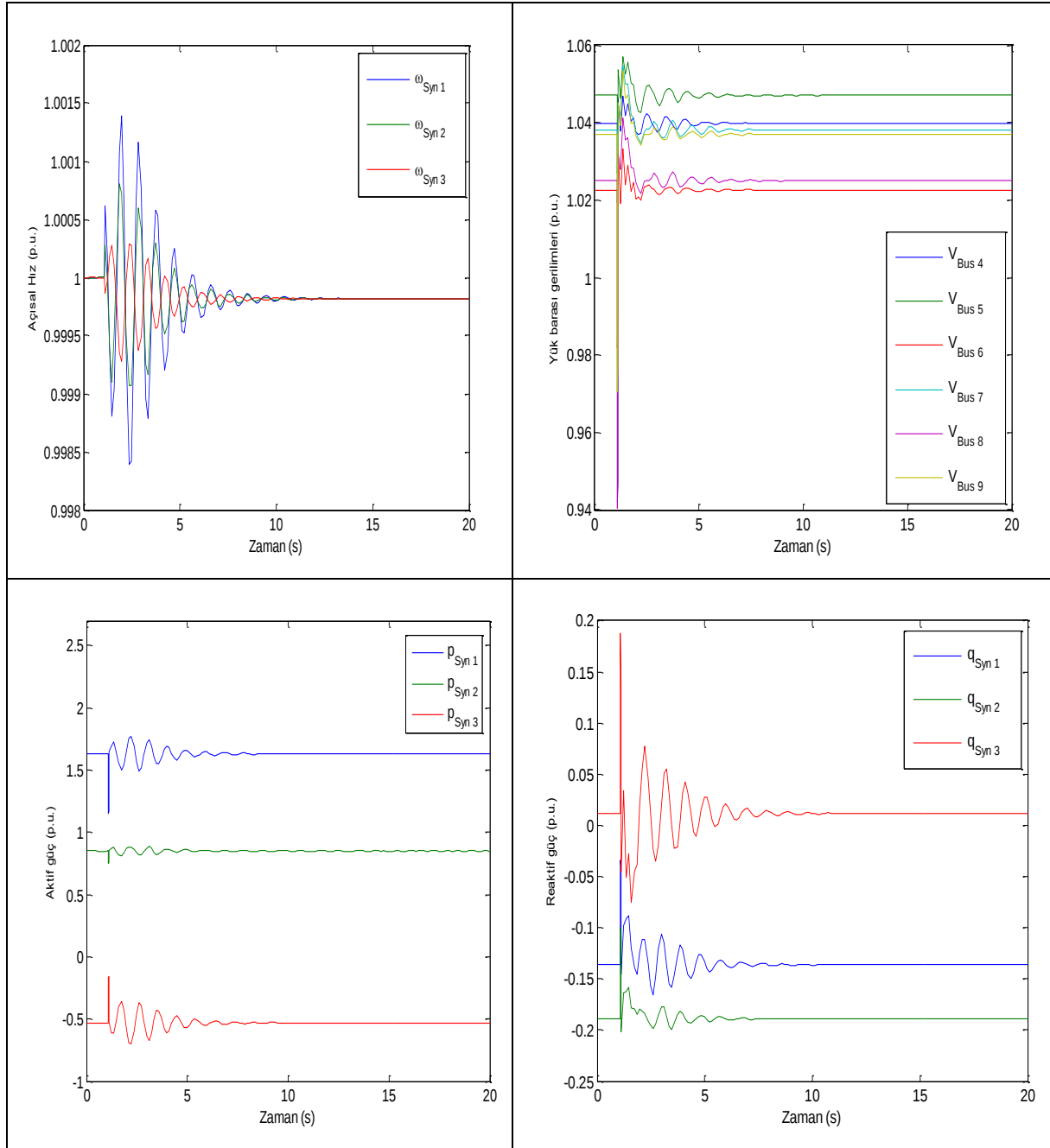
Bu benzetim çalışmasında toplamda 5 analiz yapılmıştır. Bu analizler sırasıyla SVC'nin 4, 5, 6, 7 ve 8 numaralı baralara bağlanması ile POD'un 6 ve 9 numaralı baralarda kullanılması durumlarıdır. 100 MVA gücünde kullanılan SVC'nin bağlanacağı bara ile salınımlar ve kısa süreli sistem kararlılığı durumları incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda senkron generatör açısal hızları, yük bara gerilimleri, senkron generatör aktif gücü, senkron generatörün reaktif gücüne ait değişimler Görsel 4 ile Görsel 8 arasında gösterilmiştir.



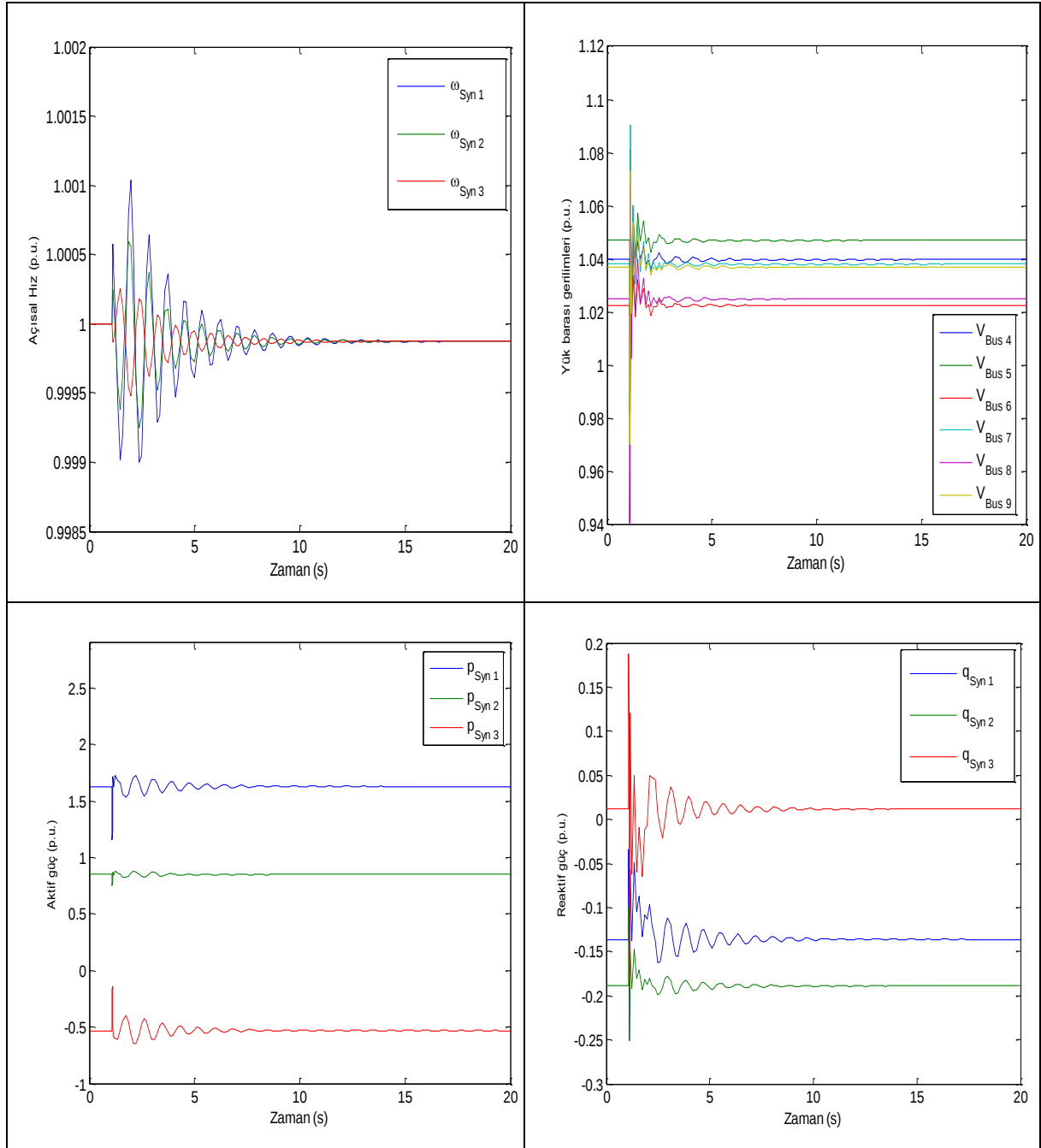
Görsel 4. POD 6 ile 9 Arasında SVC 4 Numaralı Baraya Bağlıyken Elde Edilen Sonuçlar



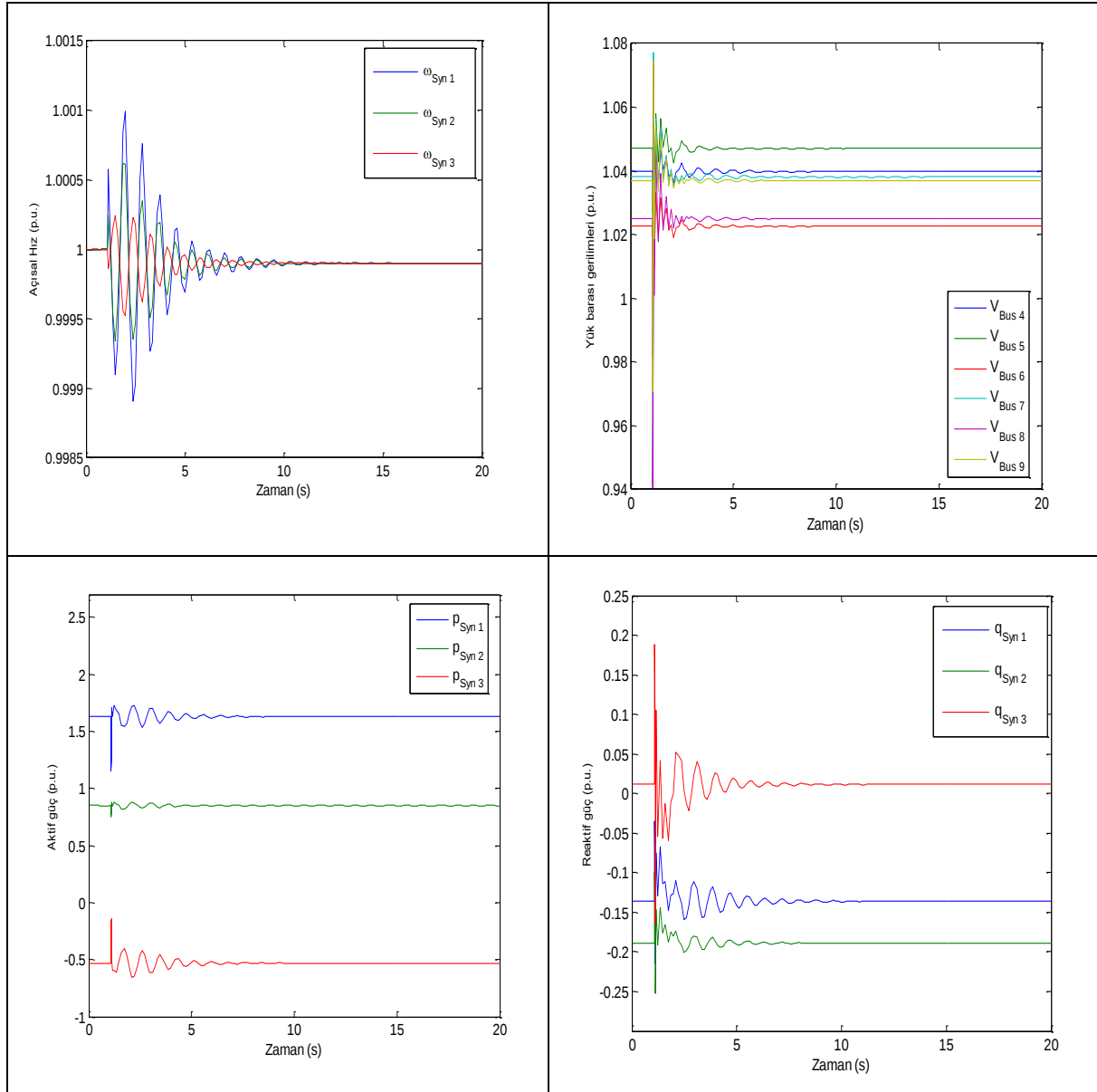
Görsel 5. POD 6 ile 9 Arasında SVC 5 Numaralı Baraya Bağlıyken Elde Edilen Sonuçlar



Görsel 6. POD 6 ile 9 Arasında SVC 6 Numaralı Baraya Bağlıyken Elde Edilen Sonuçlar



Görsel 7. POD 6 ile 9 Arasında SVC 7 Numaralı Baraya Bağlıyken Elde Edilen Sonuçlar



Görsel 8. POD 6 ile 9 Arasında SVC 8 Numaralı Baraya Bağlıyken Elde Edilen Sonuçlar

Görsel 4 ile Görsel 8 arasındaki sonuçlara göre senkron generatör açısal hız değişimlerinde salınımlar açısından SVC'nin 7 ve 8 numaralı baraya bağlı olmasında daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Üç senkron generatör içerisindeki salınımlar açısından en çok etkilenen 3 numaralı generatördür. Görseller yük barası gerilim değişimleri açısından incelenince salınımlar açısından SVC'nin tüm baralara bağlanmasında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Geçici kararlılık esnasında SVC'nin 8 numaralı baraya bağlanması ile kompanzasyon açısından en iyi sonuçların elde edildiği görülmüştür. Geçici durum esnasında bara gerilimleri 0.984 p.u. civarındadır. Yük bara gerilimleri içerisinde salınım açısından en çok etkilenen bara 9 numaralı baradır. Senkron generatörlerin aktif güç ve reaktif güç değerlerinin salınımlar açısından incelendiğinde SVC'nin 7 ve 8 numaralı baraya bağlı olmasında salınımların diğer baralara

bağlanan SVC'lere kıyasla daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Senkron generatör aktif güç değerlerinde salınım açısından en çok etkilenen 1. generatör olurken, senkron generatör reaktif güç değerleri açısından en çok etkilenen 3. generatör olmuştur.

5. SONUÇ

Bu çalışmada 3 makinalı 9 baralı güç sisteminde SVC-POD'un geçici kararlılık anındaki optimal yerleşim yerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için senkron generatör açısal hızları, yük bara gerilimleri, senkron generatör aktif güçleri ve senkron generatörün reaktif güçleri salınımlar ve kısa süre içerisindeki kararlı hale gelmeleri detaylı olarak ele alınmıştır. Genel olarak SVC'nin 7 ve 8 numaralı baraya bağlanması ve POD'un 6 ve 9 numaralı baralar arasında kullanılmasının salınım açısından en iyi sonuçları verdiği görülmüştür. Yük baralarındaki geçici kararlılık esnasındaki kompanzasyon durumları göz önünde bulundurulduğunda SVC'nin 8 numaralı baraya bağlanması optimal yerleşim yerinin teşhisinde daha belirleyici olmuştur. Sistemin kısa sürede kararlı hale gelmesinde elde edilen tüm sonuçların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bu çalışma farklı test sistemlerinde diğer FACTS cihazlarının POD ile birlikte kullanılması ve farklı senkron generatör denetleyici modelleri ile benzetim çalışmalarının daha detaylı olarak zenginleştirilmesine zemin hazırlayabilmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Kamarposhti, M. A., & Alinezhad, M. Comparison of SVC and STATCOM in static voltage stability margin enhancement. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 3(2), 297-302, 2009.
- [2] Bhole, S. S., & Nigam, P. Improvement of voltage stability in power system by using SVC and STATCOM. International Journal of Advanced Research in Electrical, Electronics and Instrumentation Engineering, 4(2), 76-81, 2015.
- [3] Sode-Yome, A., & Mithulanathan, N. Comparison of shunt capacitor, SVC and STATCOM in static voltage stability margin enhancement. International Journal of Electrical Engineering Education, 41(2), 158-171, 2004.
- [4] Sabai, N., Maung, H. N., & Win, T. Voltage control and dynamic performance of power transmission system using static var compensator. World Academy of Science, Engineering and Technology, 42, 426, 2008.

- [5] Rahim, A. H. M. A., Nowicki, E. P., & Malik, O. P.. Enhancement of power system dynamic performance through an on-line self-tuning adaptive SVC controller. *Electric Power Systems Research*, 76(9-10), 801-807, 2006.
- [6] Thukaram, D., Khincha, H. P., & Ravikumar, B.. Harmonic minimization in the operation of static VAR compensators for unbalanced reactive power compensation. In *2004 International Conference on Power System Technology, 2004. PowerCon 2004. (Vol. 1, pp. 328-334). IEEE*, 2004.
- [7] Sujatha, S., Anita, R., Selvan, P., & Selvakumar, S. Impact of static VAR compensator in stability and harmonics mitigation for real time system with cogeneration. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(12), 2015.
- [8] Benaissa, O. M., Hadjeri, S., & Zidi, S. A. Impact of PSS and SVC on the power system transient stability. In *2016 8th International Conference on Modelling, Identification and Control (ICMIC) (pp. 303-307). IEEE*, 2016.
- [9] Djalal, M. R., Robandi, I., & Prakasa, M. A. Stability enhancement of sulselrabar electricity system using mayfly algorithm based on static var compensator and multi-band power system stabilizer PSS2B. *IEEE Access*, 11, 57319-57340, 2023.
- [10] Khan, S., Meena, R., & Bhowmick, S. Small signal stability improvement of a single machine infinite bus system using SVC. In *2015 Annual IEEE India Conference (INDICON) (pp. 1-5). IEEE*, 2015.
- [11] Dehgani, A., Hakimzadeh, M., Habibi, A., & Afroozi, N. M. Small Signal Stability Enhancement for Hybrid Power Systems By SVC. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 8(10), 2014.
- [12] Faur, Z. T. Effects of FACTS devices on static voltage collapse phenomena (Doctoral dissertation, University of Waterloo, Ontario), 1996.
- [13] Castro, M. S., Ayres, M. S., Da Costa, V. F., & Da Silva, L. C. P. Impacts of the SSSC control modes on small-signal and transient stability of a power system, *Electric Power Systems Research*, 77(1), 1-9, 2007.

[14] Ayres, H. M., Kopcak, I., Castro, M. S., Milano, F., & Da Costa V. F. A didactic procedure for designing power oscillation dampers of FACTS devices, *Simulation Modelling Practice and Theory*, 18(6), 896-909, 2010.

ÇBAG TABANLI RÜZGAR TÜRBİNİNDE FARKLI RÜZGAR HIZI VE SERİ KOMPANZASYON ORANLARINDA ALT SENKRON REZONANS ANALİZİ

Betül PEKDEMİR SARIOĞLU

Düzce Üniversitesi, betullpkdemirr@gmail.com - 0009-0004-4796-2108

Prof. Dr. M. Kenan DÖŞOĞLU

Düzce Üniversitesi, kenandosoglu@duzce.edu.tr - 0000-0001-8804-7070

ÖZET

Şebekeye bağlı olarak çalışan Çift Beslemeli Asenkron Generatör (ÇBAG) tabanlı rüzgar türbinlerinde uzun hatların kullanılmasında seri kompanzasyonun gerçekleştirilmesi güç transferini ve sistem kararlılığını iyileştirme problemlerine çözüm olmaktadır. Ancak yapılacak olan seri kompanzasyon değerinin tam ayarlanamama durumları geçici kararlılık esnasında Alt Senkron Rezonans (SSR) sorunlarına sebebiyet verebilir. Bu yüzden SSR analizlerinde farklı seri kompanzasyon oranlarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Yapılan bu ÇBAG çalışmada iletim hattındaki farklı kompanzasyon oranlarındaki sistem üzerinde oluşturmuş olduğu etkiler incelenmiştir. ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde şebekeye bağlı çalışmasında değişik rüzgar hızlarındaki değerler ele alınmıştır. Bu çalışma için farklı rüzgar hızları kullanılmıştır. rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s ve 15 m/s olarak seçilmiştir. Farklı seri kompanzasyon oranları olarak %60, %70 ve % 80 değerleri bu çalışmada tercih edilmiştir. MATLAB/SIMULINK ortamında gerçekleştirilen çalışmada SSR analizinde 3 faz arızasının kullanılmıştır. ÇBAG’de yapılan SSR analizinde parametreler olarak aktif güç, reaktif güç, DC bara gerilimi ve açısal hız değerleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Benzetim çalışmasında detaylı olarak sonuçların karşılaştırmaları yapılmış olup, elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde yorumlanmıştır. Gerçekleştirilen SSR analizinde elde edilen sonuçlar neticesinde ÇBAG tabanlı rüzgar türbininde 12m/s rüzgar hızında olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranının %60 olduğu durumda sistemin diğer değerlere nazaran salınımların daha az olduğu ve daha kısa süre içerisinde kararlı hale geldiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler : ÇBAG Tabanlı Rüzgar Türbini, Alt Senkron Rezonans (SSR), Farklı Rüzgar Hızları, Farklı Seri Kompanzasyon Oranları.

1.GİRİŞ

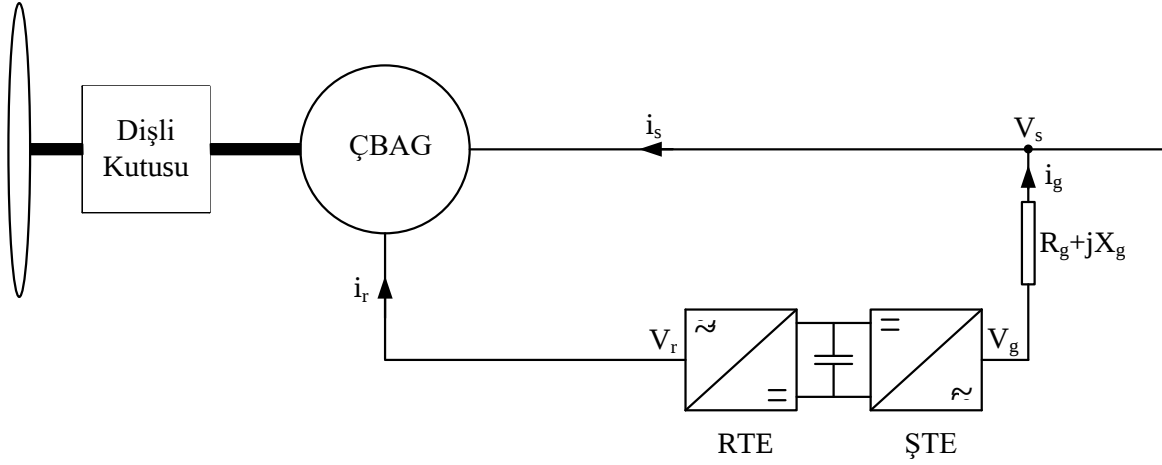
Fosil yakıtlarının fiyatlarındaki artışlar ve zaman içerisinde tükenme aşamasına gelebileceğinden dolayı son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmeler başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından en önemli olanlarından birisi rüzgar enerjisidir. Rüzgar enerjisinden elektrik enerjisi elde edilmesinde bir çok avantajından dolayı ÇBAG tabanlı rüzgar türbinleri yaygın bir şekilde tercih edilmektedir. Büyük güçlü ÇBAG'ün şebekeye bağlanmasında karşılaşılan en önemli problem kararlılık durumudur. Kararlılık durumlarının iyileştirilmesi ile ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde yapılan birçok akademik çalışma bulunmaktadır. ÇBAG'da geçici kararlılık için geliştirilmiş vektör kontrolü kullanılmaktadır. Geliştirilmiş vektör kontrolü ile hızlı dinamik tepki, makine parametrelerindeki değişikliklere karşı sağlamlık, daha az hesaplama ve basit uygulama gibi birçok avantajının bulunmasından dolayı geçici kararlılık durumları için tercih edilmektedir [1,2]. Şebekeye bağlı ÇBAG'de uygun aktif ve reaktif güç kontrol modellerin geliştirilmesi şebeke tarafındaki bozucu etkilere karşı çok önemlidir. Aktif-reaktif güç kontrolü ile geçici kararlılık durumlarında ÇBAG'ün dayanıklı ve kontrol edilebilirliğin daha kolay olduğu yapılan çalışmalarda detaylı bir şekilde gösterilmektedir [3,4]. ÇBAG'de kararlılığın sağlanmasının yanısıra sistemde oluşan salınımların sönümlenmesi de popüler konulardan birisidir. Özellikle ÇBAG'de kullanılan rotor tarafındaki evirici devresinde iç akım kontrol ve dış güç kontrol devrelerinin geliştirilmesi ile çok şebeke tarafında oluşabilecek geçici durumlara karşı salınımların hızlı bir şekilde sönümlenebildiği ilgili çalışmalarda detaylı olarak verilmektedir [5,6]. Şebekeye bağlı ÇBAG'da geçici kararlılık durumlarında belli bir sınır değere kadar şebekede kalması önerilmektedir. Bu da şebeke kod gereksinimine bağlı bir durumdur. Şebeke kod gereksiniminde oluşabilecek geçici kararlılık durumlarında düşük gerilim iyileştirme yeteneği topolojileri kullanılmaktadır. ÇBAG'de bunun için farklı kontrol modelleri ilgili çalışmalarda geliştirilmektedir [7,8]. Yüksek rüzgar gücünün entegre edildiği DFIG'ün şebeke bağlantısında şebeke tarafında oluşan bozucu etkiler sistemin kararsız hale gelmesine sebep olabilmektedir. Bunun için geçici durumlara karşı parametrelerin belli sınır içerisinde hızlıca tahminleme algoritmalarının kullanılması önemli olmaktadır. Bunun için sistem dinamiğinin çok hızlı ve kalıcı olarak sağlanmasında durum kestirim modellemeleri geliştirilmektedir [9,10]. ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde geçici kararlılık durumlarında maksimum güçte çalışabilmeleri ve chattering problemlerinin minimum olması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Bunun için ÇBAG'de maksimum güç nokta takibi ve kayan kip kontrol modelleri geliştirilmiştir. Önerilen bu modeller ile geçici durum esnasında ÇBAG'dan pürüzsüz bir şekilde daha yüksek aktif güç elde edilebilmektedir [11,12]. ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde karşılaşılan diğer önemli geçici kararlılık durumlarından birisi de SSR durumlarıdır. Özellikle iletim hatlarındaki kompanzasyonlar kararlılık durumlarının ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bunun yanısıra elektromekanik salınımların artmasına neden olmaktadır. Bunun için iletim hatlarında kompanzasyon oranlarının iyi seçilmesi gerekmektedir.

Yapılan bu çalışmada şebekeye bağlı ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinin farklı seri kompanzasyon oranlarında kullanılması ile SSR analizleri gerçekleştirilmiştir. Bunun yanısıra rüzgar hızlarındaki değişim durumlarının da seri kompanzasyon oranları arasındaki ilişkiler

detaylı olarak incelenmiştir. Elde edilen benzetim çalışması sonuçları Görseller ile gösterilerek detaylı olarak yorumlanmıştır.

2. ÇİFT BESLEMELİ ASENKON GENERATÖR (ÇBAG)

ÇBAG rotorlu sargılı asenkron makine olarak isimlendirilmektedir. ÇBAG rüzgar enerjisi dönüşüm sistemleri kW mertebesinde MW mertebesine kadar güç üretimi yapabilmektedir. ÇBAG tabanlı rüzgar türbini şebekeye bağlantı modeli Görsel 1'de verilmiştir.



Görsel 1. ÇBAG tabanlı rüzgar türbini şebekeye bağlantı modeli

ÇBAG genel olarak dişli kutusu, generatör, rotor tarafındaki evirici ve şebeke tarafındaki evirici devresinden meydana gelmektedir. ÇBAG'ün stator devresi doğrudan şebekeye bağlanmaktadır. Rotor devresi güç elektroniği eviricileri sayesinde şebekeye bağlanmaktadır. Arka arkaya bağlı bu evirici devreleri çift yönlü akım akışına sahip olan darbe genişliği modülasyon anahtarlamalı iki gerilim kaynaklı evirici devresinden meydana gelmektedir. ÇBAG'da üretilen gücün kontrol edilmesinde rotor tarafındaki evirici devresi kullanılırken, DC bara geriliminin sabit tutulması kısmında şebeke tarafındaki evirici devresi kullanılmaktadır [13]. ÇBAG'de devre modellemesinde park-clark dönüşümlere göre hesaplamalar p.u. olarak yapılmaktadır. ÇBAG'da d-q eksen gerilim ve akı eşitlikleri Denklem 1 ile Denklem 8 arasında verilmiştir.

$$v_{ds} = R_s i_{ds} + \omega_s \lambda_{qs} + \frac{d}{dt} \lambda_{ds} \quad (1)$$

$$v_{qs} = R_s i_{qs} - \omega_s \lambda_{ds} + \frac{d}{dt} \lambda_{qs} \quad (2)$$

$$v_{dr} = R_r i_{dr} - s \omega_s \lambda_{qr} + \frac{d}{dt} \lambda_{dr} \quad (3)$$

$$v_{qr} = R_r i_{qr} + s \omega_s \lambda_{dr} + \frac{d}{dt} \lambda_{qr} \quad (4)$$

$$\lambda_{ds} = (L_s + L_m) i_{ds} + L_m i_{dr} \quad (5)$$

$$\lambda_{qs} = (L_s + L_m)i_{qs} + L_m i_{qr} \quad (6)$$

$$\lambda_{dr} = (L_r + L_m)i_{dr} + L_m i_{ds} \quad (7)$$

$$\lambda_{qr} = (L_r + L_m)i_{qr} + L_m i_{qs} \quad (8)$$

Bu denklemlerde; v_{ds} , v_{dr} , v_{qs} , v_{qr} , d-q stator ve rotor gerilimleri, i_{ds} , i_{dr} , i_{qs} , i_{qr} , d-q stator ve rotor akımları, λ_{ds} , λ_{dr} , λ_{qs} , λ_{qr} , d-q stator ve rotor kaçak akıları, ω_s açışal hız, s kayma, R_s ve R_r , d-q stator ve rotor dirençleri, L_s and L_r , d-q stator ve rotor endüktansları, L_m , manyetik endüktansdır [14].

3. SENKRON ALTI REZONANS (SSR)

SSR olayı rüzgar santralının elektrik şebekesiyle bir veya daha fazla doğal frekansta değişim yapması durumu olarak tanımlanmaktadır. Kapasitif seri kompanzasyonlu bir güç sisteminde doğal frekans hesaplaması Denklem 9'daki gibi gösterilmektedir.

$$f_n = f_s \times \sqrt{\frac{X_c}{X_L}} \quad (9)$$

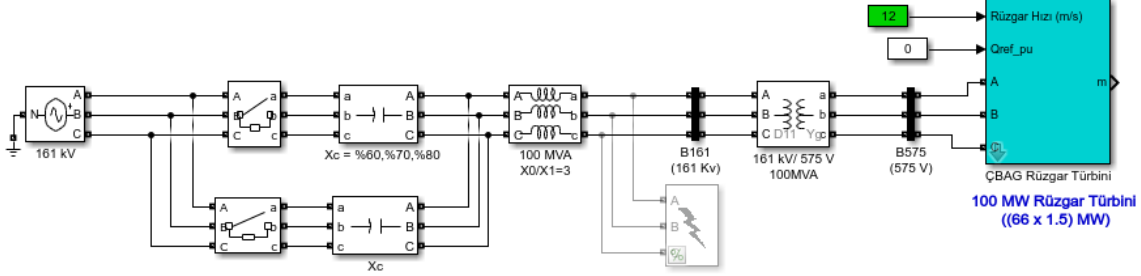
Burada, f_n doğal frekans, f_s doğal frekans olarak, X_c hattın seri kapasitif değeri ve X_L hattın seri endüktif değeridir. Hat reaktansının yüzdesi kompanzasyon yüzdesi (K) olarak tanımlanmaktadır. Doğal frekansa bağlı olarak kayma ifadesi (s_n) Denklem 10'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$s_n = \frac{f_n - f_r}{f_n} \quad (10)$$

Burada, f_r rotor elektriksel frekansıdır. Doğal frekans rotor frekansından küçük olduğu kayma negatif olmaktadır. Bundan dolayı rotor eşdeğer direnci $R_{r,eş} = R_r/s_n < 0$ alt-senkron frekansta negatiftir. Bu direncin genliği şebeke ve generatör endüvi toplam direncini arttırması nedeniyle sistemin toplam direnci alt-senkron frekansta negatif olacaktır. Diğer bir ifade ile hat akımı üstel bir fonksiyona sahip olacaktır. Hat akımının üstel olarak artması sistemdeki kapasitif seri kompanzasyon nedeniyle rezonans frekansına sahip bir bileşen stator akımında ve bu bileşenin tamamlayıcı frekansına sahip bir bileşen rotor akımında görülecektir [15-17]. Bunun SSR anında iyi belirlenebilmesi için kapasitif seri kompanzasyon oranının iyi belirlenmesi gerekmektedir.

4. BENZETİM ÇALIŞMASI

Benzetim çalışmasında kullanılan sistem Görsel 2’de gösterilmiştir.

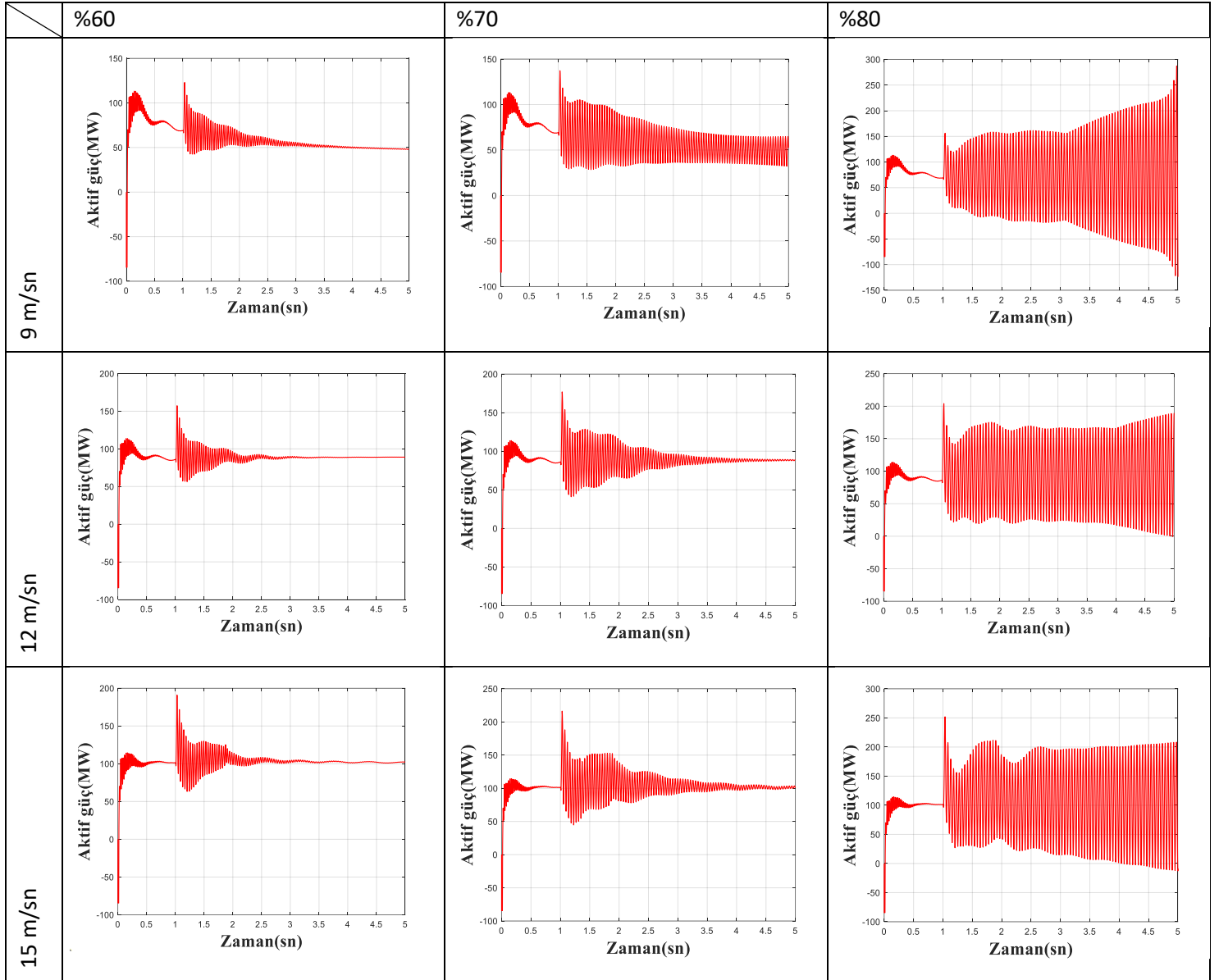


Görsel 2. Benzetim çalışmasında kullanılan sistem

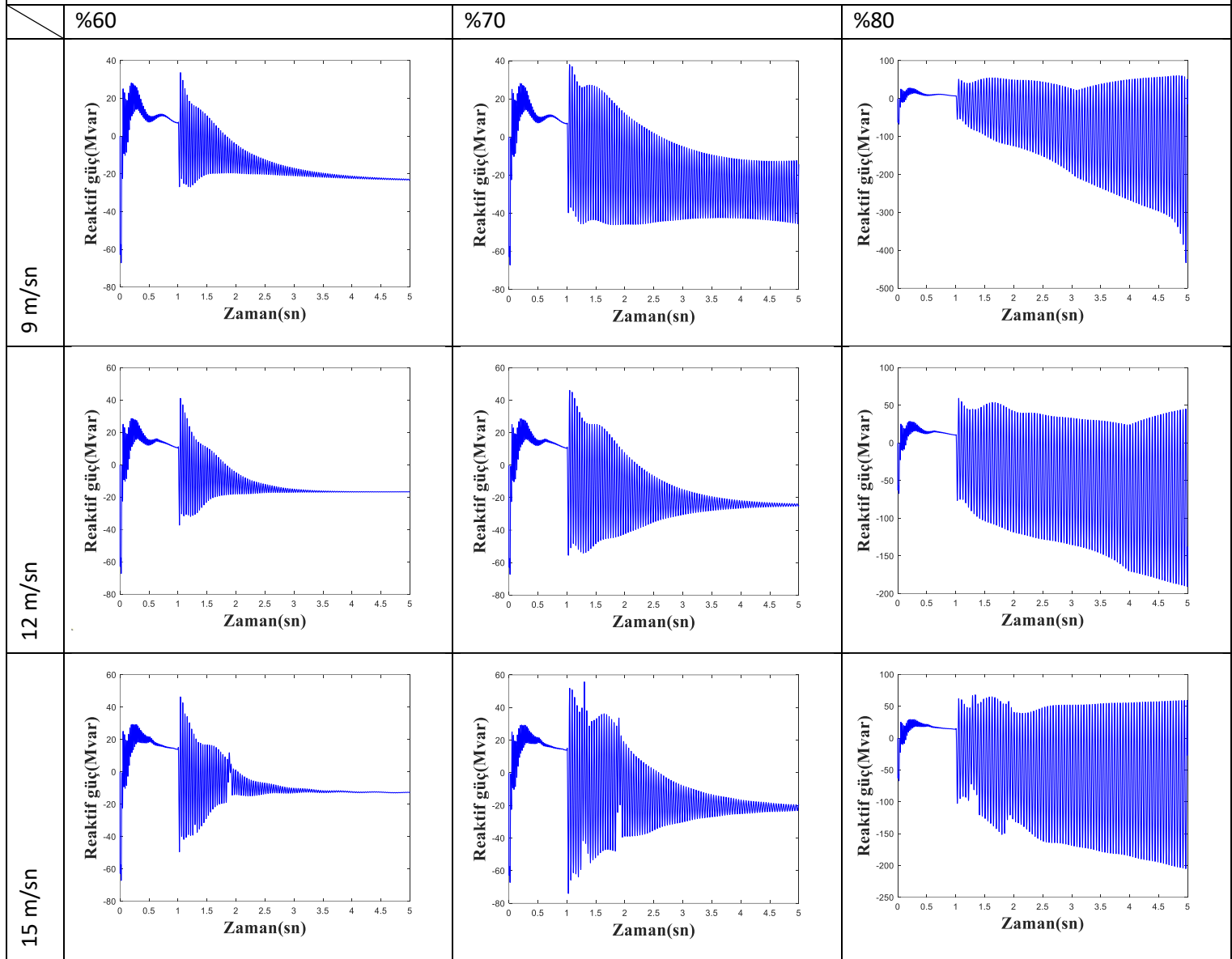
Bu çalışmada 100 MW’lık ÇBAG tabanlı rüzgar türbini kullanılmaktadır. ÇBAG çıkışındaki gerilim 575 V’tur. Bu gerilim yükseltici transformatör ile 161 kV mertebesine çıkarılmaktadır. Burada kullanılan transformatörün gücü 100 MVA belirlenmiştir. Ayrıca transformatör üçgen-yıldız bağlı iken, transformatörün doyma durumu ihmal edilmiştir. Şebeke tarafında hem seri kondansatör ve hem de buna bypass bağlı seri kondansatör kullanılmaktadır. Sistemde seri kondansatör bağlı olduğu durumda arıza olduğu esnada bypass bağlı olan seri kondansatör devreye kesici sayesinde girmektedir. Seri kondansatör ile farklı analizlerde sisteme %60, %70 ve %80 oranında seri kompanzasyon ilave edilmektedir. Bunun yanı sıra benzetim çalışmasındaki analizlerde farklı rüzgar hızları kullanılmaktadır. rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s ve 15 m/s olarak bu çalışmada seçilmiştir. Farklı seri kompanzasyon oranlarının sisteme dahil olmasında 3 faz arızası tercih edilmiştir. Farklı rüzgar hızlarındaki farklı seri kompanzasyon oranlarında ÇBAG’daki aktif güç, reaktif güç, DC bara gerilimi ve açısal hız değerleri detaylı olarak incelenmiştir.

4.1. Benzetim Çalışması Sonuçları

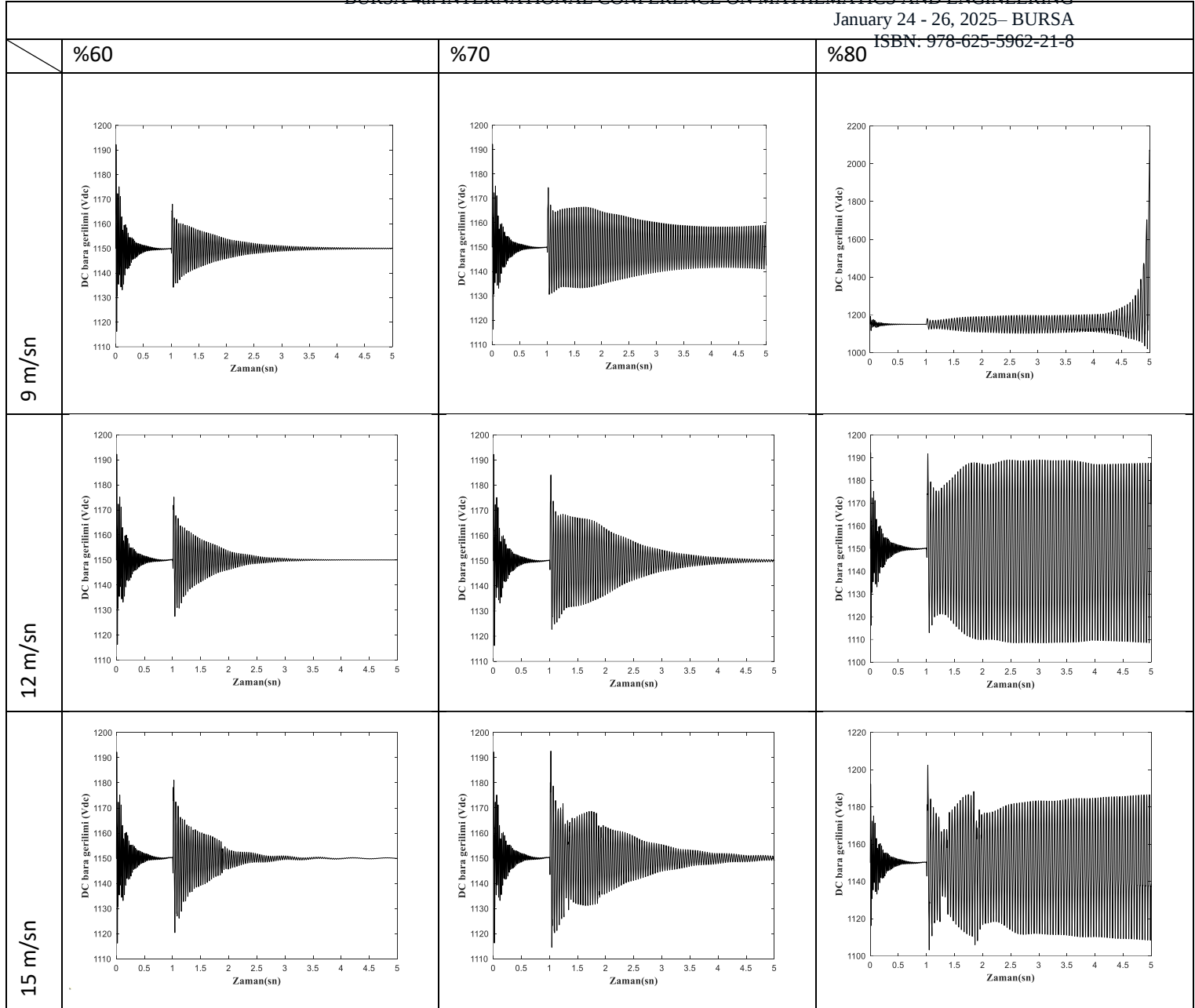
Bu çalışmada 3 farklı analiz yöntemi gerçekleştirilmiştir. ÇBAG’da rüzgar hızının 9 m/s olduğu ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 ve %80 olduğu durum ilk analiz yöntemini oluşturmaktadır. İkinci analiz yönteminde ÇBAG’da rüzgar hızının 12 m/s olduğu ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 ve %80 olduğu durum oluştururken, üçüncü analiz yönteminde ÇBAG’da rüzgar hızının 15 m/s olduğu ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 ve %80 olduğu durum detaylı olarak incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda elde edilen aktif güç, reaktif güç, DC bara gerilimi ve açısal hız değerleri Görsel 3 ve Görsel 6 arasında gösterilmiştir.



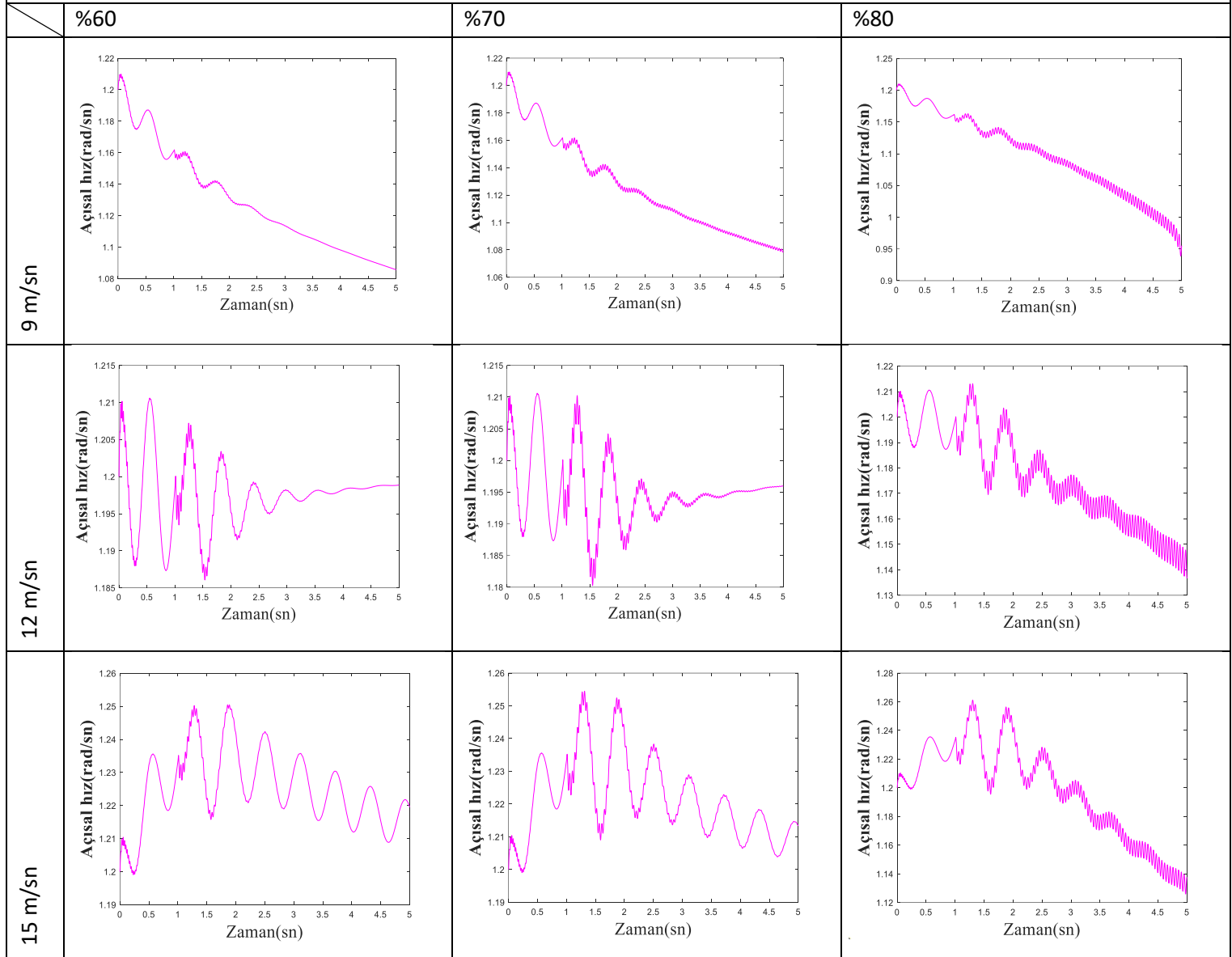
Görsel 3. Rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s, 15 m/s ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 % 80 olduğundaki aktif güç değişimleri



Görsel 4. Rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s, 15 m/s ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 % 80 olduğundaki reaktif güç değişimleri



Görsel 5. Rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s, 15 m/s ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 % 80 olduğundaki DC bara gerilim değişimleri



Görsel 6. Rüzgar hızları 9 m/s, 12 m/s, 15 m/s ve seri kompanzasyon oranlarının %60, %70 % 80 olduğundaki açısıl hız değişimleri

ÇBAG’da rüzgar hızının 9 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranlarının % 60 ve olduğu durumlarda aktif güç değişimlerinin kararlı hale geldiği görülmektedir. Bunun yanısıra rüzgar hızının 12 m/s ve 15 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranının % 70 olması ile sistem kararlılığının sağlandığı görülmektedir. Bunların dışında kalan diğer rüzgar hızı ve seri kompanzasyon oranlarında sistemin kararsız olduğu görülmektedir. ÇBAG aktif güç değişiminde rüzgar hızının 12 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 60 olduğu durumda salınımlar ve kısa sürede sistemin kararlılığa ulaşması en iyi grafikler olmuştur.

ÇBAG’da rüzgar hızının 9 m/s olduğu durumda ve kompanzasyon oranlarının %60 ve %70 olduğu durumlarda reaktif güç değişimlerinin kararlı hale geldiği görülmektedir. Bunun yanısıra rüzgar hızının 12 m/s ve 15 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranının % 70 olması ile sistem kararlılığının sağlandığı görülmektedir. Bunların dışında kalan diğer rüzgar

hızı ve seri kompanzasyon oranlarında sistemin kararsız olduğu görülmektedir. ÇBAG reaktif güç değişiminde rüzgar hızının 12 m/s ve seri kompanzasyon oranının %60 olduğu durumda salınımlar ve kısa sürede sistemin kararlılığa ulaşması en iyi grafikler olmuştur.

ÇBAG’da rüzgar hızının 9 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranlarının % 60 ve %70 olduğu durumlarda DC bara gerilim değişimlerinin kararlı hale geldiği görülmektedir. Bunun yanısıra rüzgar hızının 12 m/s ve 15 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranının % 70 olması ile sistem kararlılığının sağlandığı görülmektedir. Bunların dışında kalan diğer rüzgar hızı ve seri kompanzasyon oranlarında sistemin kararsız olduğu görülmektedir. ÇBAG DC bara gerilim değişiminde rüzgar hızının 12 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 60 olduğu durumda salınımlar ve kısa sürede sistemin kararlılığa ulaşması en iyi grafikler olmuştur.

ÇBAG’da rüzgar hızının 12 m/s olduğu durumda ve seri kompanzasyon oranlarının % 60 ve %70 olduğu durumlarda açısız hız değişimlerinin kararlı hale geldiği görülmektedir. Bunların dışında kalan diğer rüzgar hızı ve seri kompanzasyon oranlarında sistemin kararsız olduğu görülmektedir. ÇBAG açısız hız değişiminde rüzgar hızının 12 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 60 olduğu durumda salınımlar ve kısa sürede sistemin kararlılığa ulaşması en iyi grafikler olmuştur.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada, şebekeye bağlı olarak çalışan ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerindeki SSR analizi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Farklı rüzgar hızları ve farklı seri kompanzasyon oranlarının sistem üzerinde oluşturduğu etkiler değerlendirilmiştir. Özellikle rüzgar hızının 9 m/s ve 12 m/s olarak belirlendiği durumlar ile seri kompanzasyon oranlarının % 60 ve % 70 olarak seçilmesi ile sistemin geçici kararlılık esnasında kararlı olduğu görülürken, oluşan salınımların zaman içerisinde sönümlendiği görülmüştür. Rüzgar hızının 15 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 80 seçilmesi ile sistem kararsızlığının daha da arttığı görülmektedir. ÇBAG parametreleri olarak kullanılan edilen aktif güç, reaktif güç, DC bara gerilimi ve açısız hız değerlerinde en kararlı sonuç rüzgar hızının 12 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 60 olduğu durum belirlenirken, en kararsız sonucun 9 m/s ve seri kompanzasyon oranının % 80 olduğu durumda belirlenmiştir. Yapılan bu çalışma şebekeye bağlı ÇBAG tabanlı rüzgar türbinlerinde farklı seri kompanzasyon oranlamasını ve empedans model geliştirilebilmesini daha da detaylı olarak incelenebilmesine fırsat sunmaktadır. Bu analizlerin esnek AC iletim sistemi elemanlarından Tristör Kontrollü Seri Kompanzatör (TCSC) ve Statik Senkron Seri Kompanzatör (SSSC) ile yapılabilmesine zemin hazırlamaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Mohammadi, J., Vaez-Zadeh, S., Afsharnia, S., & Daryabeigi, E. (2014). A combined vector and direct power control for DFIG-based wind turbines. *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, 5(3), 767-775.
- [2] Li, S., Haskew, T. A., Williams, K. A., & Swatloski, R. P. (2011). Control of DFIG wind turbine with direct-current vector control configuration. *IEEE transactions on Sustainable Energy*, 3(1), 1-11.
- [3] Xu, L., & Cartwright, P. (2006). Direct active and reactive power control of DFIG for wind

- energy generation. *IEEE Transactions on energy conversion*, 21(3), 750-758.
- [4] Tanvir, A. A., Merabet, A., & Beguenane, R. (2015). Real-time control of active and reactive power for doubly fed induction generator (DFIG)-based wind energy conversion system. *Energies*, 8(9), 10389-10408.
- [5] Miao, Z., Fan, L., Osborn, D., & Yuvarajan, S. (2009). Control of DFIG-based wind generation to improve interarea oscillation damping. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 24(2), 415-422.
- [6] Domínguez-García, J. L., Gomis-Bellmunt, O., Bianchi, F. D., & Sumper, A. (2012). Power oscillation damping supported by wind power: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 4994-5006.
- [7] Geng, H., Liu, C., & Yang, G. (2012). LVRT capability of DFIG-based WECS under asymmetrical grid fault condition. *IEEE transactions on Industrial electronics*, 60(6), 2495-2509.
- [8] Alsmadi, Y. M., Xu, L., Blaabjerg, F., Ortega, A. J. P., Abdelaziz, A. Y., Wang, A., & Albataineh, Z. (2018). Detailed investigation and performance improvement of the dynamic behavior of grid-connected DFIG-based wind turbines under LVRT conditions. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(5), 4795-4812.
- [9] Kong, X., Wang, X., Abdelbaky, M. A., Liu, X., & Lee, K. Y. (2022). Nonlinear MPC for DFIG-based wind power generation under unbalanced grid conditions. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 134, 107416.
- [10] Liu, X., & Kong, X. (2013). Nonlinear model predictive control for DFIG-based wind power generation. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 11(4), 1046-1055.
- [11] Chojaa, H., Derouich, A., Chehaidia, S. E., Zamzoum, O., Taoussi, M., & Elouatouat, H. (2021). Integral sliding mode control for DFIG based WECS with MPPT based on artificial neural network under a real wind profile. *Energy Reports*, 7, 4809-4824.
- [12] Saihi, L., Ferroudji, F., Berbaoui, B., Koussa, K., Roummanni, K., & Bakou, Y. (2022). Sliding mode fuzzy MPPT controller of a wind turbine system based on DFIG. In *Artificial Intelligence and Heuristics for Smart Energy Efficiency in Smart Cities: Case Study: Tipasa, Algeria* (pp. 604-612). Springer International Publishing.
- [13] Krause, P. C., Oleg, W., Scott, D., *Analysis of Electric Machinery and Drive Systems* (Second Ed.), IEEE Press, New York USA: Piscataway NJ John Wiley Sons, 2002.
- [14] Bekiroglu, E., & Yazar, M. D. (2022). MPPT control of grid connected DFIG at variable wind speed. *Energies*, 15(9), 3146.
- [15] Fateh, D., Birjandi, A. A. M., & Guerrero, J. M. (2020). Safe sub synchronous oscillations response for large DFIG-based wind farms. *IEEE Access*, 8, 169822-169834.
- [16] L. Fan, R. Kavasseri, Z. L. Miao, and C. Zhu, "Modeling of DFIG-based wind farms for SSR analysis," *IEEE Trans. Power Del.*, vol. 25, no. 4, pp. 2073–2082, Oct. 2010.
- [17] L. Fan, C. Zhu, Z. Miao, and M. Hu, "Modal analysis of a DFIG-based wind farm interfaced with a series compensated network," *IEEE Trans. Energy Convers.*, vol. 26, no. 4, pp. 1010–1020, Dec. 2011.

**DETERMINATION OF Ni²⁺ IONS REMOVAL PERFORMANCE OF
FUNCTIONALIZED COMPOSITE MATERIALS CONTAINING ZnO
NANOPARTICLE**

GULNUR CELİK GOLCUR

Munzur University, gulnurcelik62@gmail.com- 0009-0005-7685-1746

Prof. Dr. OLCAY KAPLAN INCE

Munzur University, olcaykaplan@munzur.edu.tr-0000-0002-0709-5546

Prof. Dr. MUHARREM INCE

Munzur University, muharremince@munzur.edu.tr-0000-0003-2347-1748

BURAK NAIL TAŞKIN

Munzur University, burak.nail@yandex.com-0000-0001-7226-1670

ABSTRACT

Environmental pollution is increasing due to many factors such as increasing population growth and the resulting increased energy demand and industrialization. Heavy metals are the leading factors causing this pollution. Heavy metals are metals with a density greater than 5 g cm⁻³. Nickel, which is in the heavy metal class such as iron, copper, chromium, zinc, cobalt arsenic, molybdenum, is also used in many areas in the industry like others and is released into the environment in various ways. These nickel compounds released into the environment cause serious health problems as cardiovascular diseases, renal edema, asthma, birth defects, etc. Removal of nickel, which has many negative effects on the environment and health and whose limit value in drinking water has been determined as 0.01 mg L⁻¹ by WHO, has become a necessity. For heavy metal removal photocatalytic oxidation, solvent extraction, membrane filtration, bioremediation and adsorption techniques are applied. Among these techniques, the adsorption technique is frequently preferred due to its advantages such as ease of application and efficiency. Clay, zeolite, fungal and bacterial biomass, eggshell, fruit and vegetable peels, fruit seeds, food waste materials, activated charcoal many materials can be used as adsorbent in adsorption technique. Nanoparticles are used in many areas due to their many features such as large surface area, stability, and high activity. Due to these advantages of nanoparticles, the use of nanomaterials as adsorbents is attracting more attention. In this study ZnO nanoparticles were obtained by green synthesis method by using ground coffee beans. The obtained ZnO nanoparticles were functionalized with tannic acid and then characterized by using FTIR, TGA, and XRD. RSM-CCD method was used for modeling the Ni²⁺ removal efficiency of adsorbent. As a result of the optimization study, the best nickel removal efficiency was found to be 99%.

Keywords: Nickel, nanoparticle, adsorption

CHEMICAL PROFILE OF TUNCELI PULUMUR HONEY

GULNUR CELIK GOLCUR

Munzur University, gulnurcelik62@gmail.com- 0009-0005-7685-1746

Prof. Dr. OLCAY KAPLAN INCE

Munzur University, olcaykaplan@munzur.edu.tr-0000-0002-0709-5546

Prof. Dr. MUHARREM INCE

Munzur University, muharremince@munzur.edu.tr-0000-0003-2347-1748

ABSTRACT

According to the Turkish Food Codex (TFC) Communiqué on Honey, honey is a natural product that the nectars of plants, secretions of the living parts of plants or secretions of plant-sucking insects living on the living parts of plants are collected by the honey bee and modified by combining them with unique substances, reducing their water content and maturing them by storing them in the comb. It is a natural food source containing sugars, amino acids, enzymes, carotenoids, organic acids, vitamins, and minerals. It is also important for health thanks to the antioxidants in its structure. All these properties of honey vary depending on the honey bee species, climate, vegetation and geography.

In this study, proline, hydroxymethylfurfural (HMF), diastase number, C4 sugar were analyzed in honey samples obtained from a local producer in Pulumur district of Tunceli province in 2020 and 2022 years. There are 20 amino acids in honey. The most important of these is proline and according to TFC, the proline value in honey should be 300 mg kg⁻¹. The proline value was 640±28 mg kg⁻¹ in honey samples collected in 2020 and 464±17 mg kg⁻¹ in honey samples collected in 2022, and all of these values were found to be above the value determined by TFC. The amount of HMF, another important parameter, was determined in honey samples. HMF is an intermediate product formed as a result of the Maillard reaction between reducing sugars and amino acid group as a result of heat treatment and its formation in foods is undesirable and the permitted limit value was determined by TFC as 40 mg kg⁻¹. HMF was determined 3.4±0.2 mg kg⁻¹ in honey samples taken in 2020 and was determined 1.3±0.1 mg kg⁻¹ in honey samples taken in 2022 and it was determined that the amount of HMF was very low in honey samples of both years. Diastase number is the amount in milliliters of 1% starch solution broken down by amylase enzymes in 1 g of honey in 1 hour at 40 °C. The minimum number of diastases allowed in TFC should be 8. In honey samples taken in 2020 and 2022, the diastase counts were 25±2 and 27±2, respectively, and these values were found to be appropriate according to the TFC. In addition, commercial glucose was not detected in honey samples.

Key Words: Honey, sugar, proline

Ag/TiO₂/GS/nSi SENSÖRÜNÜN FARKLI ALKOL BUHARILARINI ALGILAMA DAVRANIŞI

Pınar DÜZGÜN

Yıldız Teknik Üniversitesi, pinarkaya947@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-0970-8247

Assoc. Prof. Dr. Süreyya AYDIN YÜKSEL

Yıldız Teknik Üniversitesi, suaydin@yildiz.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9399-7262

Prof. Dr. Çiğdem NUHOĞLU

Yıldız Teknik Üniversitesi, cnuhoglu@yildiz.edu.tr, ORCID:0000-0002-4891-8342

ÖZET

Metanol, etanol ve propanol gibi alkoller birçok endüstriyel üründe yaygın olarak kullanılan uçucu organik bileşikler (VOC'ler) insan sağlığına büyük ölçüde zarar vermektedir. Bu nedenle hassas sensörler tarafından mümkün olan en kısa sürede algılanmaları gerekir. Bu çalışmada elektrokimyasal yöntemle gözenekli silisyumlar üretildi. Üretilen gözenekli silisyumların yüzeyleri spin kaplama yöntemi kullanılarak TiO₂ ile kaplandı ve 375C' de 1 saat boyunca bir ısıtıcı üzerinde tavlandı. Tavlama işleminden sonra üst yüzey e-Beem termal kaplama yöntemi kullanarak gümüş metali ile kaplandı. Kaplanan metal yüzeyinden gümüş pasta ile alt yüzeyinden ise indinyum ile kontak alındı. Bu şekilde metal oksitler ile kaplı schootky diyot sensörler üretildi. Üretilen bu Schootky diyot sensörler dışarıdan herhangi bir dış güç kaynağı kullanılmadan V=0 voltta 50, 100, 150, 200, 250, 300 ve 350 ppm'de metanol, etanol ve propanol gibi alkol buharı davranışları incelendi. Sensörün, alkol buharına maruz bırakıldıktan sonra çok hızlı ve çok düşük tepki verdiği gözlemlendi. En yüksek sinyali tüm konsantrasyonlarda metanol verdi. Polarite etkisinden dolayı en fazla elektriksel akım artışının metaolde olduğu tespit edildi ve elektriksel akımın 19 kat arttığı hesaplandı. En düşük sinyali ise propanol verdi. Gözenekli silisyum yapıların yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve kimyasal içerik EDS ile tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sensör, Metanol, Etanol, Propanol

BEHAVIOUR OF THE AG/TiO₂/GS/nSi SENSOR TO DETECT DIFFERENT ALCOHOL VAPOURS

Pınar DÜZGÜN

Yıldız Technical University, pinarkaya947@gmail.com, ORCID ID: 0009-0008-0970-8247

Assoc. Prof. Dr. Süreyya AYDIN YÜKSEL

Yıldız Technical University, suaydin@yildiz.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-9399-7262

Prof. Dr. Çiğdem NUHOĞLU

Yıldız Technical University, cnuhoglu@yildiz.edu.tr, ORCID:0000-0002-4891-8342

ABSTRACT

Alcohols such as methanol, ethanol and propanol are volatile organic compounds (VOCs) that are widely used in many industrial products and cause great harm to human health. Therefore, they must be detected by sensitive sensors as quickly as possible. In this study, porous silicon was produced by electrochemical method. The surfaces of the produced porous silicon were coated with TiO₂ using the spin coating method and annealed on a heater at 375C for 1 hour. After annealing, the top surface was coated with silver metal using the e-Beem thermal coating method. Contact was made with silver paste on the surface of the coated metal and with indinium on the bottom surface. In this way, schotky diode sensors were produced coated with metal oxides. The behaviour of these Schotky diode sensors was studied with alcohol vapours such as methanol, ethanol and propanol at 50, 100, 150, 200, 250, 300 and 350 ppm at V=0 volts without using any external power supply. The sensor was observed to respond very quickly and very low after exposure to alcohol vapour. Methanol gave the highest signal at all concentrations. Due to the polarity effect, the highest increase in electrical current was found in metaol and it was calculated that the electrical current increased 19 times. Propanol gave the lowest signal. The surfaces of the porous silicon structures were determined by scanning electron microscopy (SEM) and the chemical content was determined by EDS.

Keywords: Sensor, Methanol, Ethanol, Propanol

CFRP TAKVİYELİ BETON KİRİŞLERDE KOMPOZİT-BETON ARAYÜZ MEKANİĞİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF COMPOSITE-CONCRETE INTERFACE MECHANICS IN CFRP REINFORCED CONCRETE BEAMS

CAN MERT CİSDİK

Gebze Teknik Üniversitesi, c.cisdik2021@gtu.edu.tr, 0009-0003-1568-5989

Dr. Öğretim Üyesi VOLKAN ACAR

Erzurum Atatürk Üniversitesi, volkanacar@atauni.edu.tr, 0000-0001-7412-301X

Prof. Dr. FERİT ÇAKIR

Gebze Teknik Üniversitesi, cakirf@gtu.edu.tr, 0000-0002-9641-2004

ÖZET

Bu çalışmada, epoksi bazlı reçinelerin karbon fiber takviyeli polimer (CFRP) kompozitlerle güçlendirilmiş betonarme kirişlerin davranışına etkileri araştırılmıştır. Araştırmada 3 farklı tipte, birbirinden farklı yoğunluklarda epoksi reçine kullanılmıştır. Öncelikle 15x15x60 cm ölçülerinde betonarme kirişler üretilmiştir. Kompozit-beton arayüzündeki davranışın net olarak incelenmesini sağlamak için kirişlerin üretiminde tek tipte çimento bazlı, yüksek dayanımlı hazır grout harcı kullanılmıştır. Üretilen kirişler 3 farklı epoksi reçine ile tek tip CFRP kullanılarak güçlendirilmiştir. Güçlendirilen kirişler 3 noktalı eğilme testine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda farklı yoğunluklardaki epoksi reçinelerle güçlendirilmiş kirişlerin eğilme davranışları ve göçme mekanizmaları incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Karbon lifli kompozit, epoksi reçine, üç noktalı eğilme, çimento bazlı grout.

ABSTRACT

In this study, the effects of epoxy-based resins on the behavior of reinforced concrete beams strengthened with carbon fiber reinforced polymer (CFRP) composites were investigated. In the study, 2 different types of epoxy resins with different densities were used. Firstly, reinforced concrete beams with dimensions of 15x15x60 cm were produced. In order to ensure a clear examination of the behavior at the composite-concrete interface, a single type of cement-based, high-strength ready-mixed grout mortar was used in the production of the beams. The produced beams were strengthened using a single type of CFRP with 2 different epoxy resins. The strengthened beams were subjected to 3-point bending tests. As a result of the experiments, the bending behaviors and collapse mechanisms of beams strengthened with epoxy resins of different densities were investigated.

Keywords: Carbon fiber composite, epoxy resin, three-point bendig, cement-based grout.

GALVANNEAL KAPLAMANIN DUAL FAZLI ÇELİKLERİN AŞINMA ÖZELLİKLERİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Diğdem ATABEK

TOYOTETSU Otomotiv A.Ş., atabekd@toyotetsu.com.tr - 0009-0001-0155-7164

Onur MURATAL

TOYOTETSU Otomotiv A.Ş., muratalo@toyotetsu.com.tr - 0000-0002-5419-9196

Yiğit GÖNÜLALAN

TOYOTETSU Otomotiv A.Ş., gonulalany@toyotetsu.com.tr - 0000-0002-5403-2361

Arş. Gör. Hasan İsmail YAVUZ

Kocaeli Üniversitesi, hasanismail.yavuz@kocaeli.edu.tr - 0000-0001-6198-2560

Prof. Dr. Rıdvan YAMANOĞLU

Kocaeli Üniversitesi, ryamanoglu@kocaeli.edu.tr - 0000-0002-4661-8215

ÖZET

Çelik malzemeler, üstün mekanik özellikleri ve geniş uygulama alanlarıyla endüstrinin temel yapı taşlarından biri olarak öne çıkmaktadır. Özellikle otomotiv sektöründe kullanılan çelik türlerinde, yüzey özellikleri parça performansını doğrudan etkileyen kritik unsurlar arasında yer alır. Bu nedenle, yüzey özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli kaplamalar uygulanmaktadır. Kaplama türleri arasında çinko esaslı kaplamalar, düşük üretim maliyetleri ve performans iyileştirmeleri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Çinko-demir kaplama (galvanil, GA), standart çinko (galvaniz) kaplamadan farklı olarak, yüzeydeki çinko tabakasının demirle reaksiyona girmesiyle bir çinko-demir alaşımı oluşturmaktadır. Bu alaşım, aşınma ve sürtünme sonucu oluşan mekanik hasara karşı yüzey özelliklerini önemli ölçüde iyileştirmektedir. Bu çalışmada, otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılan çift fazlı (DP-590 ve DP-980) çeliklerin aşınma özelliklerine GA kaplamanın etkisi incelenmiştir. Aşınma testleri, ASTM G99 standardına uygun olarak ball-on-disk tipi aşınma cihazında gerçekleştirilmiştir. GA kaplı ve kaplamasız numuneler, 50 m kayma mesafesi, 5 N yük ve 50 mm/s devir hızı parametreleriyle 6mm çaplı100Cr6 çelik bilye kullanılarak test edilmiştir. Testler sonucunda numunelerin aşınma oranı ve sürtünme katsayısı belirlenmiştir. Aşınma sonrası malzeme yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Sonuçlar, GA kaplı numunelerin kaplamasız numunelerine göre daha düşük aşınma oranı ve sürtünme katsayısına sahip olduğunu göstermiştir. GA kaplamanın aşınma performansını geliştirdiği yapılan mikroyapısal incelemeler ile desteklenmiştir. Dolayısıyla çalışmada, GA kaplama ile DP çeliklerinin aşınma direnci arttırılmış ve dayanıklılık gerektiren yüzey uygulamalarında önemli bir potansiyele sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Dual fazlı çelikler, galvanil kaplama, çinko, demir, aşınma.

1. GİRİŞ

Günümüzde yüksek mukavemetli çeliklerin (AHSS) otomotiv endüstrisinde kullanımı giderek artmaktadır [1]. Bu çelikler, mikroyapısal özellikleri sayesinde üstün mukavemet-süneklik dengesi, iyi şekillendirilebilirlik, yüksek gerinim sertleşmesi, yüksek çarpma direnci ve mükemmel kaynaklanabilirlik gibi mekanik özellikler sergilemektedir [2-4]. İlk nesil AHSS arasında yer alan çift fazlı (DP) çelikler, maliyet, üretim süreci ve deformasyon boyunca sürekli akma gibi özellikleri sayesinde otomobillerin yapısal ve çarpışmaya dayanıklı parçalarında yaygın olarak kullanılmaktadır [5-7]. Ancak otomotiv endüstrisinde birbiriyle temas halindeki hareketli parçalarda bu çeliklerin kullanımı, aşınma sonucu yüzey hasarlarına neden olarak parçanın servis ömrünü kısaltmaktadır [8]. Bu sorunu çözmek için çelik saclarda yüzey kaplama teknolojileri yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Galvanneal kaplama (GA), uygun maliyeti ve üstün yüzey koruması nedeniyle diğer kaplama türlerine göre ön plana çıkmaktadır [9-11]. Otomotiv endüstrisinde GA-kaplı çelik saclar, üstün korozyon direnci, iyi kaynaklanabilirlik ve boyanabilirlik özellikleri sayesinde hem dış hem de iç gövde parçalarında tercih edilmektedir [12, 13]. Bu kaplamalar özellikle kapı panelleri, çamurluklar, motor kaputu ve bagaj kapağı gibi dış gövde bileşenlerinde kullanılmaktadır [14]. Bunun yanı sıra, GA kaplamalı çelikler yüksek yorulma dayanımı ve darbe direnci gerektiren yapısal parçalarda da yaygın uygulama alanı bulmaktadır. GA kaplamanın temel amacı, kaplanmış mikroyapıda uygun bir Fe-Zn intermetalik faz katmanları dizisi üretmektir [15-17]. Bu işlemde çelik sac önce çinko banyosuna daldırılır ve ardından 500-750 °C sıcaklık aralığında 5-20 saniye süreyle tavlınır. Isıl işlem sonucunda Fe atomlarının çelik alt tabakadan kaplamaya doğru katı hal difüzyonu gerçekleşir ve bu durum kaplamada Fe-Zn intermetalik fazlarının oluşumuna yol açar. Oluşan bu fazların her biri farklı bir kristal kafes yapısına ve farklı mekanik özelliklere sahiptir. İntermetalik bileşikler zeta (ζ), delta (Δ) ve gama (γ) fazları olarak sınıflandırılır [18]. Zeta fazı (FeZn_{13} : ağı. %5-6 Fe) yumuşak bir fazdır ve kaplamanın en dış yüzeyinde meydana gelir. Gama fazı ($\text{Fe}_3\text{Zn}_{10}$: ağı. %16-20 Fe), altlık-kaplama arayüzünde oluşur ve Fe bakımından zengin kırılğan bir fazdır [19, 20]. Delta fazı (FeZn_{10} : ağı. %7-12 Fe) ise gama ve zeta fazları arasında oluşur. GA kaplama prosesinde optimum kaplama özellikleri için demir içeriğinin ağı. %8-12 aralığında olması tercih edilir [21-23].

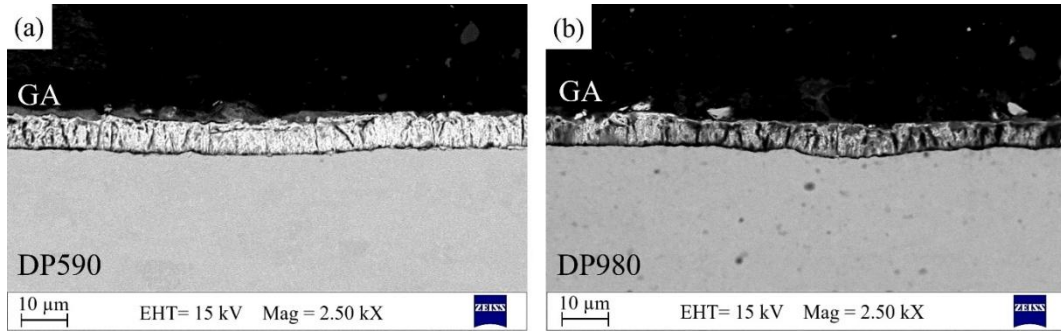
İntermetalik bileşiklerin varlığı sayesinde GA kaplama, sıcak daldırma galvaniz (GI) kaplamaya göre daha yüksek sertlik değerine sahiptir. Bu durum GA kaplamanın daha düşük sürtünme katsayısı ve daha yüksek aşınma direnci göstermesini sağlamaktadır [24, 25]. Ayrıca GA kaplama, GI'ya göre daha uniform bir yüzey kalitesi ve daha iyi yapışma mukavemeti sağlamaktadır. GA kaplamaların korozyon direnci de kaplamadaki Fe-Zn intermetalik fazların varlığı nedeniyle önemli ölçüde iyileşmektedir. Bu özellikler, özellikle zorlu çevresel koşullara maruz kalan otomotiv bileşenlerinin uzun vadeli performansı açısından büyük önem taşımaktadır. Literatürde GA kaplı çeliklerin mekanik ve elektrokimyasal özelliklerini inceleyen birçok çalışma bulunmasına rağmen, bu çeliklerin tribolojik davranışları hakkında sınırlı sayıda çalışma mevcuttur. Bu çalışmanın amacı, GA kaplamalı ve kaplamasız DP çeliğinin tribolojik davranışını incelemek ve aşınma mekanizmalarını belirlemektir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışmada kullanılan kaplamasız ve GA kaplı DP-590 ve DP-980 çelikleri ArcelorMittal (Boulevard, Lüksemburg) firmasından temin edilmiştir. Numunelerin tribolojik özelliklerini belirlemek için ASTM G99 standardına uygun olarak disk üzerinde bilyalı aşınma testi gerçekleştirilmiştir. Bu işlemde TURKYUS marka POD/HT/WT model (Bursa, Türkiye) aşınma cihazı kullanılmıştır. Aşınma testi, 50 m kayma mesafesi, 5 N yük ve 50 mm/s devir hızı parametreleriyle gerçekleştirilmiştir. Aşındırıcı olarak 100Cr6 çelik bilye kullanılmıştır. Test sonrası yüzeyde oluşan aşınma izi ve altlık-kaplama arakesit görüntüleri ZEISS marka EVO-10 model (Oberkochen, Almanya) taramalı elektron mikroskopuyla (SEM) çekilmiştir.

3. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

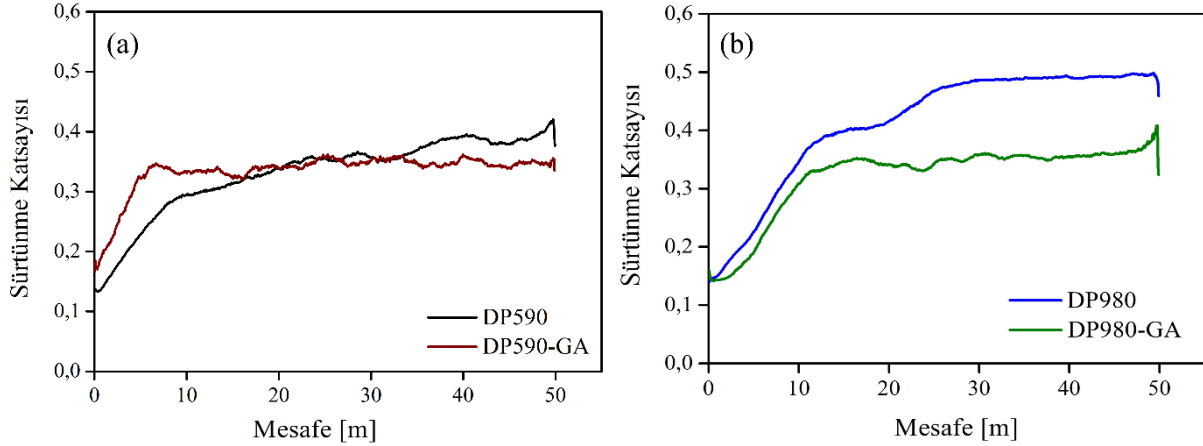
GA kaplamalı DP590 ve DP980 çeliklerinin arakesit SEM görüntüleri Görsel 1’de verilmiştir. Her iki numunede de altlık malzeme üzerinde belirgin GA kaplama tabakası görülmektedir. DP590 üzerine uygulanan GA kaplamanın (Görsel 1(a)) morfolojisi incelendiğinde, altlık-kaplama arayüzeyi boyunca dalgalı ve düzensiz bir yapı sergilediği gözlemlenmiştir. Benzer kaplama tabakası DP980 çeliğinde de görülmüştür (Görsel 1(b)). Bu dalgalı yapı, kaplama işlemi sırasında gerçekleşen Fe-Zn intermetalik fazların oluşumu ve büyümesinden kaynaklanmaktadır. Her iki çelik için de kaplama kalınlığı yaklaşık 7 μm olarak ölçülmüştür. Ayrıca GA kaplamaların kompakt ve sürekli bir yapıda olduğu görülmüş ve altlık-kaplama arayüzeyinde belirgin boşluk veya ayrılma gözlenmemiştir. Bu durum, kaplama prosesi parametrelerinin uygun seçildiğini ve iyi bir yapışma mukavemetinin elde edildiğini göstermektedir.



Görsel 1. GA kaplı DP çeliklerine ait arakesit SEM görüntüleri; (a) DP590-GA, (b) DP980-GA

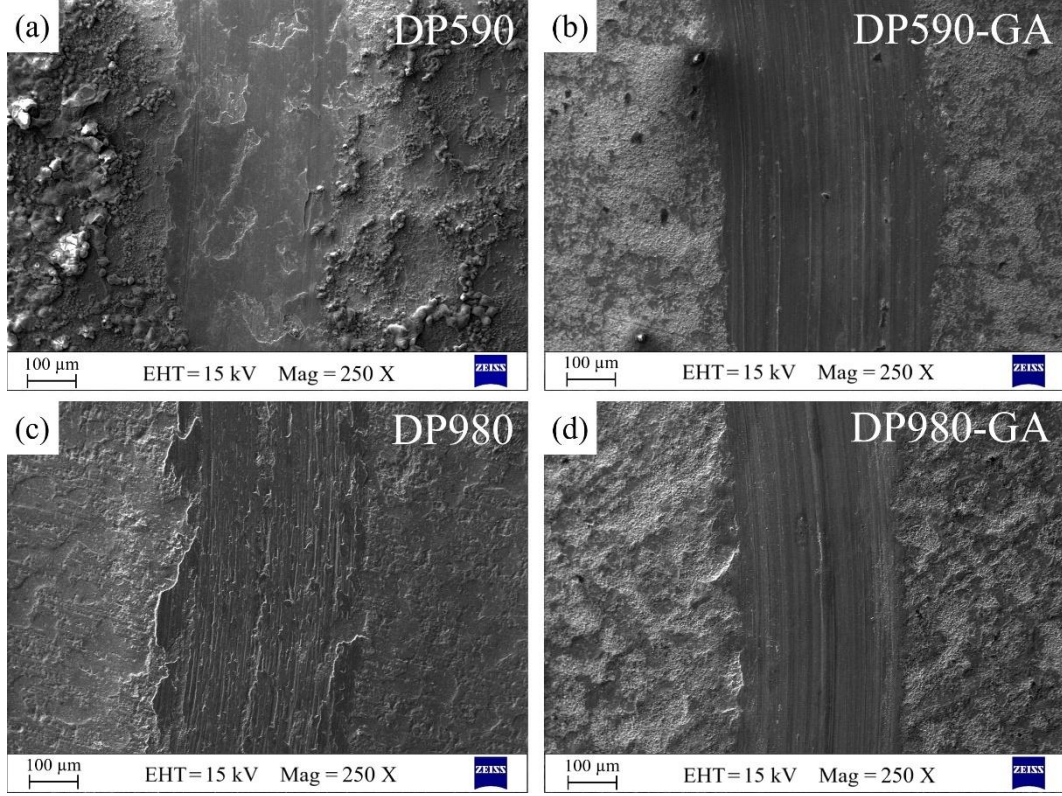
DP590 ve DP980 çeliklerine uygulanan aşınma testi sonucu elde edilen sürtünme katsayısı (COF) grafikleri Görsel 2’de verilmiştir. Görsel 2(a) incelendiğinde kaplamasız DP590 çeliğinin 0-10 m mesafe aralığında sürtünme katsayısı değerinin hızlı bir artış göstermiştir. Sürtünme katsayısının artış hızı zamanla azalmış ancak test sonuna kadar COF değeri sürekli olarak artmış ve kararlı duruma ulaşmamıştır. Kaplamasız DP590 çeliği için COF değeri 50 m mesafede ~0,4 olarak ölçülmüştür. GA kaplı DP590 çeliği incelendiğinde COF değerinin kaplamasız benzer şekilde testin başında hızlı şekilde arttığı görülmüştür. Ancak bu artış daha kısa sürmüş ve sonrasında sürtünme katsayısı 0,32-0,35 aralığında seyretmiştir. DP980 çeliğine ait COF grafiği (Görsel 2(b)) incelendiğinde test başlangıcında kaplamasız ve GA kaplamalı

numunelerin COF değerlerinde hızlı bir artış görülmüştür. Kaplamasız DP980, daha yüksek sürtünme katsayısı değerlerine ulaşmış ($\sim 0,48$) ve bu değeri test sonuna kadar korumuştur. Diğer yandan GA kaplamalı DP980'in COF değeri daha düşük seviyelerde ($\sim 0,38$) dengeye ulaşmıştır. GA kaplaması her iki çelik türünde de sürtünme katsayısını düşürücü bir etki göstermiştir. Kaplama uygulaması, malzemede sürtünmeye karşı daha kararlı bir yapı sağlamıştır.



Görsel 2. Kaplamasız ve GA kaplı DP çeliklerine ait sürtünme katsayısı grafikleri; (a) DP590, (b) DP980

Kaplamalı ve kaplamasız DP590 ve DP980 çeliklerin yüzeylerinin aşınma testi sonrası SEM görüntüleri Görsel 3'te verilmiştir. Görsel 3(a) incelendiğinde kaplamasız DP590 çeliğinin yüzeyinde belirgin pürüzlülük, düzensiz aşınma izleri ve malzeme birikintileri gözlenmiştir. Diğer yandan GA kaplamalı DP590 numunesinde (Görsel 3(b)) daha düzenli ve pürüzsüz bir aşınma yüzeyi elde edilmiştir. GA kaplamalı numunede gözlenen paralel çizgiler, abrasif aşınma mekanizmasının baskın olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, kaplamasız DP980 çeliğinde (Görsel 3(c)) derin aşınma izleri ve belirgin deformasyon bölgeleri görülmüştür, Görsel 3(d)'de yer alan GA kaplı DP980 çeliğinde aşınma sonucu yüzeyde daha az plastik deformasyon ve malzeme birikintisi gözlenmiştir. GA kaplaması, her iki çelik türünde de aşınma davranışını önemli ölçüde iyileştirmiş ve daha kontrollü bir aşınma yüzeyi oluşturmuştur. Bu açıdan değerlendirildiğinde SEM görselleri, sürtünme katsayısı verilerini desteklemiş ve GA kaplamasının tribolojik özellikleri iyileştirmedeki etkinliğini mikroyapısal olarak doğrulamıştır. Sonuç olarak, sürtünme katsayısı ölçümleri ve SEM analizleri, GA kaplamasının her iki çelik türünde de tribolojik performansı iyileştirdiğini ortaya koymuştur.



Görsel 3. Kaplamasız ve GA kaplı DP çeliklerine ait aşınma izi yüzey SEM görüntüleri; (a) DP590, (b) DP590-GA, (c) DP980, (d) DP980-GA

4. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Bu çalışmada, DP590 ve DP980 çeliklerinin tribolojik özelliklerine GA kaplamanın etkisi incelenmiştir. Aşınma testleri ve mikroyapısal karakterizasyon sonucunda aşağıda belirtilen önemli sonuçlar elde edilmiştir:

- GA kaplama tabakası hem DP590 hem de DP980 çeliklerinde yaklaşık 7 µm kalınlığında, kompakt ve sürekli bir yapıda oluşmuştur. Altlık-kaplama arayüzeyinde gözlenen dalgalı morfoloji, Fe-Zn intermetalik fazların başarılı bir şekilde oluştuğunu göstermiştir. Arayüzeyde boşluk veya ayrılma görülmemesi, kaplama için optimum prosesi parametrelerinin seçildiğini ortaya koymuştur.
- GA kaplamanın sürtünme katsayısı üzerindeki etkisi her iki çelik türünde de belirgin şekilde gözlenmiştir. GA kaplama, sürtünme katsayısında DP590 için yaklaşık %15, DP980 için ise %20'lik bir azalma sağlamıştır.
- SEM görüntüleri, GA kaplamanın aşınma sonucu oluşan yüzey hasarını önemli ölçüde düşürdüğünü göstermiştir. GA kaplı numunelerde daha düzenli aşınma izleri ve azalan plastik deformasyon gözlenmiştir.

Bu sonuçlar, GA kaplamanın otomotiv endüstrisinde kullanılan DP çeliklerinin tribolojik performansını önemli ölçüde artırdığını göstermektedir. Bu durum GA kaplamanın aşınmaya karşı etkili bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] De Moor, E., *Advanced high-strength sheet steels for automotive applications*, High-Performance Ferrous Alloys, Springer, 2021.
- [2] Niu, G., Ding, C., Liu, Z., Jia, X., Chen, H., Gong, N., Wu, H., Achieving high strength and high ductility of dual-phase steel via alternating lamellar microstructure, *Materials Science and Engineering: A*, January, 892, 146072, 2024.
- [3] Badkoobeh, F., Mostaan, H., Rafiei, M., Bakhsheshi-Rad, H. R., Berto, F., Microstructural characteristics and strengthening mechanisms of ferritic–martensitic dual-phase steels: a review, *Metals*, January, 12, 1, 2022.
- [4] Noder, J., Gutierrez, J. E., Zhumagulov, A., Dykeman, J., Ezzat, H., Butcher, C., A comparative evaluation of third-generation advanced high-strength steels for automotive forming and crash applications, *Materials*, August, 14, 17, 2021.
- [5] Matlock, D. K., & Speer, J. G., *Third generation of AHSS: microstructure design concepts*, in *Microstructure and Texture in Steels: and Other Materials*, 185-205, Springer, London, 2009.
- [6] Chatterjee, S., Koley, S., Sarkar, R. B., Behera, N., Manna, M., Mukherjee, S., Kundu, S., Design and development of galvanized dual-phase steel: Microstructure, mechanical properties and weldability, *Journal of Materials Engineering and Performance*, December, 28, 2019.
- [7] Giray, D., Sönmez, M. Ş., Yamanoglu, R., Yavuz, H. I., Muratal, O., Characterization of corrosion products formed in high-strength dual-phase steels under an accelerated corrosion test, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, August, 57, 2024.
- [8] Ajuka, L. O., Ogedengbe, T. S., Adeyi, T., Ikumapayi, O. M., Akinlabi, E. T., Wear characteristics, reduction techniques and its application in automotive parts—A review, *Cogent Engineering*, March, 10, 1, 2023.
- [9] Hu, X., Zou, G., Dong, S. J., Lee, D. M., Jung, J. P., Effects of steel coatings on electrode life in resistance spot welding of galvanized steel sheets, *Materials Transactions*, October 51, 12, 2010.
- [10] Chakraborty, A., Saha, R., Ray, R. K., Characterization of industrially produced galvanized coating using cross-sectional specimen in TEM, *Materials Characterization*, February, 60, 8, 2009.
- [11] Shibli, S. M. A., Meena, B. N., Remya, R., A review on recent approaches in the field of hot dip zinc galvanizing process, *Surface and Coatings Technology*, December, 262, 2015.

- [12] Bandyopadhyay, N., Jha, G., Singh, A. K., Rout, T. K., & Rani, N., Corrosion behaviour of galvanized steel sheet, *Surface and Coatings Technology*, April, 200 14, 2006.
- [13] Momoh, M. I., Adams, M. S., Corrosion Behavior of Galvanized Steel Substrate in Saline Environment, *Acta Technica Corviniensis-Bulletin of Engineering*, April, 11, 2, 2018.
- [14] Vadiraj, A., Abraham, M., & Bharadwaj, A. S., *Trends in automotive light weighting, in Light Weighting for Defense, Aerospace, and Transportation*, Springer Singapore, 2019.
- [15] Marder, A. R., The metallurgy of zinc-coated steel, *Progress in Materials Science*, 45, 3, February, 2000.
- [16] Jain, R., Bhagawati, B., Khandagiri, P., Shamshoddin, S., Bhadu, M. K., Rout, T. K., Das, S., Anticorrosive and lubricating polyphenol coatings on galvanized steel, *Surface Engineering*, June, 33, 6, 2017.
- [17] Edavan, R. P., Kopinski, R., Corrosion resistance of painted zinc alloy coated steels, *Corrosion Science*, June, 51, 10, 2009.
- [18] Verma, A. K., Chandra, S., Bandyopadhyay, N., Dhindaw, B. K., Misra, R. D. K., Optimization of Galvanizing Parameters through Numerical Modeling of Galvanizing Process, *Metallurgical and Materials Transactions A*, February, 40, 2009.
- [19] Gogola, P., Gabalcová, Z., Kusý, M., & Ptacinová, J., High-Temperature Behaviour of Zn-Based Galvanized Coatings on Steel, *Materials*, April, 16, 9, 2023.
- [20] Yang, D. H., Wang, K. P., Zhou, H. W., Zhang, X., Zhang, B., Lu, B. Z., & Wang, F., Microstructure and properties of galvanized coatings at different galvanized time, *Materials Letters*, May, 345, 2023.
- [21] Kancharla, H., Mandal, G. K., Kumar, R. R., Chakraborty, A., Singh, S. S., & Mondal, K., Effect of annealing time on coating microstructure, frictional and electrochemical behavior of galvanized interstitial-free steel, *Journal of Materials Engineering and Performance*, October, 32, 13, 2023.
- [22] Pradhan, D., Guin, A. K., Raju, P., Manna, M., Dutta, M., & Venugopalan, T., Fe-Zn alloy coating on galvanized (GA) steel sheet to improve product qualities, *Journal of Materials Engineering and Performance*, June, 23, 2014.
- [23] Garza, L. G., & Van Tyne, C. J., Friction and formability of galvanized interstitial free sheet steel, *Journal of Materials Processing Technology*, January, 187, 2007.

- [24] Sriram, S., Krishnardula, V., & Hahn, H., *Influence of Delta Phase Morphology in Galvannealed Coated Steels on Formability*, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 012094, Ontario, September 2018.
- [25] Chakraborty, A., Bhattacharjee, D., Pais, R., & Ray, R. K., Effect of galvannealing power on the texture and powdering resistance of industrially produced galvannealed coating on interstitial free steel, Scripta Materialia, July 57, 8, 2007.

BALANCING EXPLORATION AND EXPLOITATION IN HYPERPARAMETER TUNING WITH HYBRID OPTIMIZATION APPROACHES

İsmail YENİLMEZ

Eskişehir Technical University,

ismailyenilmez@eskisehir.edu.tr - 0000-0002-3357-3898

ABSTRACT

This study explores the effectiveness of traditional, metaheuristic, and hybrid hyperparameter tuning methods in optimizing diverse machine learning models. Traditional approaches, such as Grid Search and Random Search, are compared to metaheuristic algorithms (e.g., Genetic Algorithm - GA and Particle Swarm Optimization - PSO) and novel hybrid techniques that combine metaheuristics with Bayesian Optimization (BO). The evaluation spans machine learning models, including Random Foresta and SVM, to investigate how tuning strategies interact with model characteristics.

Simulations are conducted over 100 runs for each method-model combination, analyzing performance metrics such as accuracy, precision, recall, F1-Score, CPU time, and information gain. The results reveal that hybrid methods, which balance the global exploration capabilities of metaheuristics with the localized refinement strength of BO, outperform isolated techniques in both computational efficiency and optimization effectiveness.

Hybrid techniques that combine metaheuristics techniques (GA and PSO) with the BO approach offer insights into the trade-offs between tuning efficiency and performance, particularly in resource-constrained environments. The findings may advance the fields of hyperparameter tuning and automated machine learning (AutoML) in real-world applications.

Keywords : Metaheuristic Algorithms, Bayesian Optimization, Model-Agnostic Frameworks, Machine Learning Models, AutoML.

1. INTRODUCTION

Hyperparameter tuning is an important process in optimizing machine learning (ML) models, significantly affecting their performance and computational efficiency (Feurer & Hutter, 2019). Selecting an appropriate tuning strategy is a challenging task, requiring a balance between exploration—searching broadly within the parameter space for potential solutions—and exploitation—refining known good solutions to enhance performance (Bergstra & Bengio, 2012). Without systematic optimization, ML models may underperform or become computationally expensive, leading to inefficient resource utilization (Liu et al., 2022).

Several hyperparameter optimization techniques have been proposed in the literature. Traditional approaches such as grid search (GS) and random search (RS) (Bergstra et al., 2011) provide simple yet effective baselines, while more sophisticated techniques like Bayesian optimization (BO) (Snoek et al., 2012) and evolutionary algorithms (Goldberg, 1989) offer improved efficiency. Particle swarm optimization (PSO) (Kennedy & Eberhart, 1995) has also been explored as a bio-inspired approach to parameter tuning. More recently, automated machine learning (AutoML) systems, including Auto-WEKA (Thornton et al., 2013) and Optuna (Akiba et al., 2019), have streamlined the hyperparameter selection process, reducing the need for manual tuning and improving performance across various domains.

Hyperparameter tuning is particularly critical in deep learning (Hutter et al., 2019), reinforcement learning (Jaderberg et al., 2017), and natural language processing (Howard & Gugger, 2020). As models continue to grow in complexity, researchers are focusing on adaptive optimization methods that dynamically adjust the trade-off between exploration and exploitation based on the characteristics of the problem being solved (Elsken et al., 2019).

In this study, we investigate various hyperparameter tuning strategies, specifically focusing on traditional methods, metaheuristic algorithms, and hybrid approaches that combine the strengths of different techniques, particularly the integration of BO with metaheuristics. These hybrid methods aim to combine the benefits of global exploration and local refinement, offering improved performance over single-method approaches.

2. METHODOLOGY

To better understand the various strategies employed in hyperparameter tuning, we categorize them into three major approaches: traditional methods, metaheuristic optimization, and hybrid optimization.

2.1. Traditional Methods

Traditional methods such as GS and Random Search RS are commonly used techniques in hyperparameter optimization:

GS: This exhaustive search technique systematically explores all combinations of predefined hyperparameter values. While it guarantees finding the best solution within the specified grid, it can become computationally expensive, especially when dealing with large search spaces (Bergstra & Bengio, 2012).

RS: In contrast to GS, RS selects random combinations of hyperparameters from the search space for a fixed number of iterations. RS is less computationally expensive and often provides better results than GS when dealing with large search spaces (Bergstra et al., 2011).

These methods are simple to implement and effective for smaller search spaces. However, GS can be prohibitive in terms of time and computational resources, especially as the number of hyperparameters increases. RS is faster but suffers from inconsistency across different runs.

2.2. Metaheuristic Optimization

Metaheuristic algorithms, inspired by nature or human problem-solving strategies, are widely used to optimize hyperparameters, especially in complex and high-dimensional search spaces. The two most prominent metaheuristic optimization techniques used for hyperparameter tuning are:

GA: Based on the principles of natural selection, GA uses a population of candidate solutions, which evolve over several generations through mechanisms like selection, crossover, and mutation. This technique is highly effective at exploring large, complex search spaces (Goldberg, 1989).

PSO: PSO is a swarm intelligence technique that mimics the flocking behavior of birds or the schooling behavior of fish. Each particle represents a potential solution, and the particles adjust their positions based on their own experiences and the experiences of their neighbors (Kennedy & Eberhart, 1995).

These techniques are well-suited for large, high-dimensional search spaces. They are flexible and adaptable to different problem domains. However, they are often susceptible to getting trapped in local optima and may require careful tuning of algorithm parameters (e.g., population size, mutation rates).

2.3. Hybrid Optimization: Metaheuristics + Bayesian Optimization

Hybrid optimization approaches combine the global search ability of metaheuristic algorithms with the powerful probabilistic model of BO. BO builds a surrogate model of the objective function and uses this model to predict and explore the most promising regions of the search space. This allows it to perform an efficient search by balancing exploration and exploitation (Snoek et al., 2012).

GA + BO: This hybrid approach combines the global search capability of GA with the refinement abilities of BO. GA is used for the initial global search, and once promising regions are identified, BO takes over to fine-tune the hyperparameters.

PSO + BO: Similarly, PSO explores the search space and is later refined by BO, benefiting from both the exploration power of PSO and the exploitation strengths of BO.

Hybrid approaches offer the best of both worlds. They provide global exploration using metaheuristics while refining solutions using BO's probabilistic model, achieving better overall performance. However, these methods are more complex to implement and require additional computational resources.

3. ANALYSIS

Traditional methods such as GS and RS focus primarily on exploration, systematically or randomly searching through the hyperparameter space. However, they may lack the ability to efficiently converge toward the optimal region, especially in high-dimensional spaces. Metaheuristic methods such as GA and PSO aim to balance exploration and exploitation by simulating natural selection or swarm intelligence. GA introduces randomness through mutation and crossover, maintaining exploration, while selection mechanisms drive

exploitation by favouring high-performing candidates. PSO dynamically adjusts search behaviour using velocity updates, allowing particles to converge toward optimal solutions while maintaining diversity in the search space. Hybrid optimization approaches, GA + BO and PSO + BO, further enhance this balance by leveraging BO to refine promising regions of the search space. BO models the objective function and prioritizes promising hyperparameter configurations, shifting the tuning process toward exploitation while maintaining sufficient exploration. This hybrid strategy allows models to efficiently navigate complex search spaces, leading to improved performance with reduced computational cost.

In the analysis setup of this study, we compare the performance of traditional, metaheuristic, and hybrid optimization methods when applied to the three selected ML models (RF, SVM). Each method is evaluated based on Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, CPU time, and Information Gain. Every tuning strategy is executed 100 times to assess both its effectiveness and stability. The goal of this experiment is to establish a baseline performance profile for each optimization method.

Moreover, in this study, the composite score is calculated by standardizing six key performance metrics (Accuracy, Precision, Recall, F1-Score, Information Gain, and CPU Time) using z-score normalization. CPU Time is weighted negatively (multiplied by -1) since lower values are preferable. The final composite score is obtained by averaging the standardized values across all six metrics, providing a single, balanced measure to compare the effectiveness of different tuning methods.

4. RESULTS

The results contain six key metrics: Accuracy, Precision, Recall, F1-score, Information gain, and CPU time. Accuracy measures the proportion of correctly classified instances over the total number of instances. Precision indicates how many of the predicted positive instances are actually positive. Recall reflects how well the model captures all the actual positive instances. F1-Score is the harmonic mean of precision and recall, which balances false positives and false negatives. This metric is given as a percentage (%). Information gain (Inf. Gain) represents the amount of information gained by splitting the dataset based on specific features during tree construction. Higher values indicate better feature selection effectiveness. CPU time is the computational time taken (in seconds) to train and tune the model under the respective tuning method. Performance metrics are presented in Table 1 for RF model.

Table 1. Performance Metrics of Tuning Methods for RF Model

Tuning Method	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score (%)	Inf. Gain	CPU Time (s)
GS	0.83200	0.83515	0.86545	0.84999	1374.39	4.41
RS	0.83733	0.83871	0.87212	0.85503	1377.15	9.89
GA	0.81467	0.82333	0.84424	0.83361	1366.01	255.44
PSO	0.82067	0.82787	0.85091	0.83918	1368.80	169.25
GA + BO	0.83333	0.83626	0.86667	0.85119	1374.93	231.00
PSO + BO	0.83000	0.83929	0.85455	0.84685	1372.65	169.60

According to the Table 1, the highest accuracy is achieved using RS at 0.83733, followed closely by GA + BO (0.83333) and GS (0.83200). The lowest accuracy is observed with GA (0.81467), indicating that standalone GA may not be optimal for tuning RF. PSO + BO (0.83929) achieves the highest precision, implying that it has the lowest false positive rate. The lowest precision is observed with GA (0.82333). The best recall is obtained using RS (0.87212), indicating strong ability to capture true positive cases. The lowest recall is from GA (0.84424). RS (85.503%) achieves the highest F1-Score, meaning it has a well-balanced trade-off between precision and recall. The lowest F1-Score is with GA (83.361%). Differences in information gain are minimal, suggesting that feature importance is not significantly impacted by tuning methods. The highest information gain is GA + BO (1374.93). GS (4.41s) is the fastest method, making it computationally efficient. GA (255.44s) and GA + BO (231.00s) require the highest computation time, making them less efficient. Performance metrics are presented in Table 2 for SVM model.

Table 2. Performance Metrics of Tuning Methods for SVM Model

Tuning Method	Accuracy	Precision	Recall	F1-Score (%)	Inf. Gain	CPU Time (s)
GS	0.91333	0.88827	0.96364	0.92442	1426.18	71.50
RS	0.90133	0.88955	0.93697	0.91259	1414.84	3.22
GA	0.58433	0.58301	0.98606	0.72690	1488.30	92.85
PSO	0.91667	0.89460	0.96182	0.92699	1427.55	37.03
GA + BO	0.59667	0.57801	0.98788	0.72931	1448.51	90.61
PSO + BO	0.91667	0.89326	0.96364	0.92711	1427.95	38.68

According to the Table 2, the highest accuracy is achieved by PSO and PSO + BO (0.91667), making them the most effective tuning methods for SVM. GS (0.91333) also delivers competitive accuracy. The lowest accuracy is from GA (0.58433) and GA + BO (0.59667), indicating poor model generalization. PSO (0.89460) achieves the highest precision, meaning it has the lowest false positive rate. GA + BO (0.57801) and GA (0.58301) have the lowest precision, highlighting their weakness in handling false positives. GA + BO (0.98788) and GA (0.98606) achieve the highest recall, meaning they capture almost all positive instances but may suffer from more false positives. RS (0.93697) has a relatively lower recall compared to other methods. PSO + BO (92.711%) achieves the best F1-score, making it the most balanced method between precision and recall. GA (72.690%) and GA + BO (72.931%) have the worst F1-scores, showing an imbalance between precision and recall. GA (1488.30) achieves the highest information gain, but this does not necessarily translate to the best model performance. PSO + BO (1427.95) and PSO (1427.55) perform well in terms of information gain while maintaining strong accuracy and efficiency. RS (3.22s) is the fastest method, making it extremely efficient. GS (71.50s) takes significantly more time. GA (92.85s) and GA + BO (90.61s) are the slowest methods, showing their inefficiency in tuning SVM. PSO (37.03s) and PSO + BO (38.68s) balance computational cost and accuracy effectively.

Figure 1 clearly illustrates the comparative performance of different hyperparameter tuning methods for RF and SVM models based on a composite score derived from standardized performance metrics. GS and RS demonstrate relatively balanced and strong results, indicating

their reliability. GA and PSO exhibit more variability, with GA showing lower composite scores in some cases. Hybrid approaches (GA + BO and PSO + BO) tend to improve performance over their standalone counterparts, suggesting that combining BO with evolutionary or swarm-based techniques enhances tuning effectiveness.

5. CONCLUSION

For the RF model, RS emerges as the best overall tuning method, achieving the highest Accuracy (83.73%), Recall (87.21%), and F1-Score (85.50%), while maintaining a moderate computational time (9.89s). GS is the most computationally efficient method, completing in just 4.41s, while still delivering competitive performance (Accuracy: 83.20%, F1-Score: 84.99%). Among hybrid methods, GA + BO provides strong results (Accuracy: 83.33%, F1-Score: 85.12%), but it is computationally expensive (231.00s). PSO + BO performs slightly worse than GA + BO in accuracy (83.00%) and F1-score (84.68%), while still being computationally demanding (169.60s).

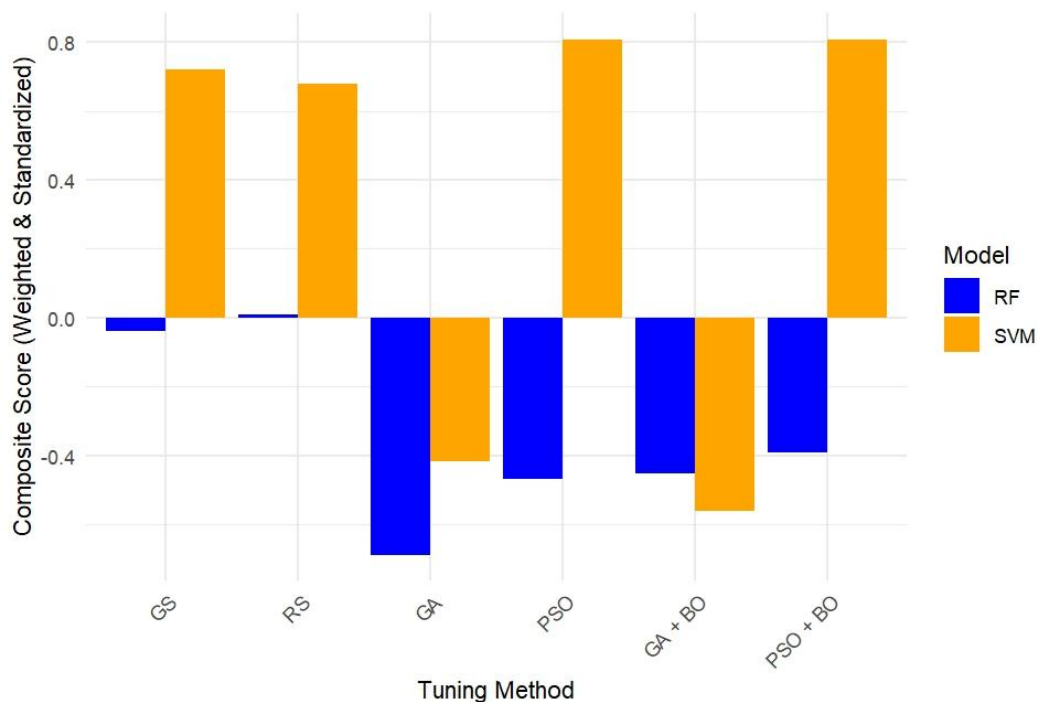


Figure 1. Comparison of Tuning Methods for RF and SVM Model with Composite Scores

For SVM model, PSO and PSO + BO emerge as the best overall tuning methods for SVM. They achieve the highest Accuracy (0.91667), F1-Score (~92.7%), and strong recall (~96.3%) while maintaining reasonable computational efficiency (~37-38 seconds). GS also performs well in terms of accuracy (91.3%) and F1-score (92.44%) but is slower (71.50s). RS is the most computationally efficient method (3.22s) while maintaining competitive performance, making it a good choice when speed is a priority. On the other hand, GA and GA + BO underperform significantly in terms of accuracy (below 60%) despite having high recall, making them unreliable for tuning SVM. Thus, for optimal performance with SVM: PSO or PSO + BO should be preferred for the best balance of accuracy and efficiency. RS is the best option when computational time is a major constraint.

Hybrid methods such as PSO + BO and GA + BO provide competitive performance but require more computational resources. Notably, GA-based tuning methods perform poorly for SVM, despite achieving high recall. Ultimately, the choice of the best tuning method depends on the trade-off between performance and efficiency, where RS is ideal for RF, and PSO/PSO + BO are optimal for SVM. If computational efficiency is a priority, GS for RF and RS for SVM should be considered.

Future research can explore more advanced hybrid optimization techniques, such as reinforcement learning-based hyperparameter tuning or meta-learning approaches, to further improve model performance and efficiency. Additionally, investigating the impact of different feature selection methods on tuning results could provide deeper insights.

REFERENCES

- [1] Akiba, T., Sano, S., Yanase, T., Ohta, T., & Koyama, M. (2019). Optuna: A next-generation hyperparameter optimization framework. *Proceedings of the 25th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, 2623–2631. <https://doi.org/10.1145/3292500.3330701>
- [2] Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *Journal of Machine Learning Research*, 13, 281–305.
- [3] Bergstra, J., Yamins, D., & Cox, D. D. (2011). Making a science of model search: Hyperparameter optimization in hundreds of dimensions for vision architectures. *Proceedings of the 30th International Conference on Machine Learning*, 115–123.
- [4] Elsken, T., Metzen, J.H., Hutter, F. (2019). Neural Architecture Search. In: Hutter, F., Kotthoff, L., Vanschoren, J. (eds) *Automated Machine Learning*. The Springer Series on Challenges in Machine Learning. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05318-5_3
- [5] Feurer, M., & Hutter, F. (2019). Hyperparameter optimization. In F. Hutter, L. Kotthoff, & J. Vanschoren (Eds.), *Automated Machine Learning* (pp. 3–33). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-05318-5_1
- [6] Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley
- [7] Howard, J., & Gugger, S. (2020). *Deep learning for coders with fastai and PyTorch: AI applications without a PhD*. O'Reilly Media.
- [8] Hutter, F., Kotthoff, L., & Vanschoren, J. (Eds.). (2019). *Automated machine learning: Methods, systems, challenges*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-05318-5>
- [9] Jaderberg, M., Dalibard, V., Osindero, S., Czarnecki, W. M., Donahue, J., Razavi, A., Vinyals, O., Green, T., Dunning, I., Simonyan, K., & Kavukcuoglu, K. (2017). Population-based training of neural networks. *arXiv preprint*. <https://arxiv.org/abs/1711.09846>
- [10] Kennedy, J., & Eberhart, R. (1995). Particle swarm optimization. *Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks*, 1942–1948.
- [11] Chen, M., Peng, H., Fu, J., & Ling, H. (2021). AutoFormer: Searching transformers for visual recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on*

- Computer Vision (ICCV)* (pp. 12270–12280). IEEE.
<https://doi.org/10.1109/ICCV48922.2021.01205>
- [12] Snoek, J., Larochelle, H., & Adams, R. P. (2012). Practical Bayesian optimization of machine learning algorithms. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 25, 2951–2959.
- [13] Thornton, C., Hutter, F., Hoos, H. H., & Leyton-Brown, K. (2013). Auto-WEKA: Combined selection and hyperparameter optimization of classification algorithms. *Proceedings of the 19th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 847–855

A NOVEL ROBUST ADAPTIVE LASSO ESTIMATOR: SIMULATION STUDIES AND PERFORMANCE EVALUATION

İsmail YENİLMEZ

Eskişehir Technical University,

ismailyenilmez@eskisehir.edu.tr - 0000-0002-3357-3898

ABSTRACT

The Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) is a method for parameter estimation and model selection. However, it lacks the Oracle property. To address this limitation, the Adaptive LASSO (ALASSO) has been proposed. Additionally, robust estimation methods are recommended to mitigate the influence of outliers. M -estimators, which minimize a function of residuals rather than the sum of squared errors, are particularly effective. While least absolute deviation LASSO (LAD-LASSO) and similar robust LASSO variants are resistant to y -direction outliers, their efficiency diminishes in the presence of outliers among explanatory variables.

Redescending ψ functions enhance robustness against both x and y -direction outliers. Tukey and Talwar functions are strictly redescending, while Smooth Tukey and Welsch functions are moderately redescending. ALASSO, addressing the limitations of uniform penalization in LASSO, achieves consistency in variable selection and asymptotic normality.

Simulation studies confirm the superior performance of robust ALASSO (R-ALASSO) compared to LASSO, offering improved MSE and variable selection. This study employs the Iteratively Reweighted Least Squares (IRLS) algorithm to solve R-ALASSO estimators and applies a robust tuning parameter selection strategy.

The used methods combine the Oracle property with high resistance to outliers, providing a reliable alternative for robust regression and model selection. Robust ALASSO estimators have demonstrated superior performance in the presence of outliers in both the x and y -directions.

Keywords : Robust Adaptive LASSO, Robustness, Redescending ψ Functions, Oracle Property, Accelerated Proximal Gradient Algorithm, M -Estimators.

1. INTRODUCTION

Regression analysis plays a crucial role in statistical modelling, where parameter estimation and model selection are key objectives. One widely used method, the Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO), introduced by Tibshirani (1996), performs both parameter estimation and variable selection by applying an L_1 penalty. Despite its advantages, LASSO lacks the Oracle property, leading to inconsistent variable selection (Fan & Li, 2001; Meinshausen & Bühlmann, 2004). To address this limitation, Zou (2006) proposed the Adaptive LASSO (ALASSO), which assigns different penalty weights to coefficients and achieves both consistency and asymptotic normality.

While ALASSO improves variable selection consistency, it remains sensitive to outliers. Robust estimation techniques, such as M -estimators (Huber, 1964), have been introduced to mitigate the influence of outliers in regression analysis. However, traditional M -estimators provide robustness mainly against response-variable (y -direction) outliers and are not inherently resistant to leverage points in the explanatory variables (x -direction) (Rousseeuw & Yohai, 1984; Yohai, 1987). This limitation necessitates the use of redescending ψ functions, which can effectively reduce the influence of both types of outliers (Fox, 2002).

In response to these challenges, this study employs Robust Adaptive LASSO (R-ALASSO) estimator that integrates robust estimation techniques into the ALASSO framework. We employ Huber, Fair, Tukey, Talwar, Welsch, and Smooth Tukey ψ functions and leverage Iteratively Reweighted Least Squares (IRLS) algorithm, a computationally efficient optimization method (Holland and Welsch, 1977). The Accelerated Proximal Gradient (APG) algorithm has been used (e.g., for optimizing the objective function) (Chang et al., 2018). The employed estimators achieve the oracle property, robustness to both x - and y -direction outliers, and improved performance in terms of (Mean Square Error) MSE in regression settings.

2. METHODOLOGY

2.1. LASSO, ALASSO, and R-ALASSO

LASSO and ALASSO are highly sensitive to outliers because they rely on least squares (LS)-based loss functions, which are prone to large deviations from extreme observations (Maronna et al., 2006). Robust alternatives such as Least Absolute Deviation (LAD)-LASSO (Wang et al., 2007) and Huber-LASSO (Lambert-Lacroix & Zwald, 2011) have been proposed, but these methods only mitigate the effects of response outliers and fail to address leverage points in the predictor space.

Robust regression methods often employ M -estimators, which minimize a function of residuals rather than the sum of squared errors (Huber, 1964). The choice of the loss function determines the estimator's robustness. The general form of an M -estimator is:

$$\sum_{i=1}^n \psi\left(\frac{r_i}{c}\right) = 0$$

Redescending ψ functions provide an advantage over traditional M -estimators by offering simultaneous robustness against both y -direction and x -direction outliers, making them ideal for robust LASSO estimation (Rousseeuw & Yohai, 1984).

2.2. Computational Methods for R-ALASSO Estimation

Traditional LASSO estimation relies on the Least Angle Regression and Shrinkage (LARS) algorithm (Efron et al., 2004). However, for robust LASSO formulations, computationally efficient algorithms are required. Iterative Soft Thresholding Algorithm (ISTA) and its accelerated version, Fast ISTA (FISTA), provide efficient solutions for non-differentiable penalty functions (Beck & Teboulle, 2009).

In this study, the IRLS algorithm is employed, leveraging Huber, Fair, Tukey, Talwar, Welsch, and Smooth Tukey ψ functions. These ψ functions improve robustness by reducing the impact of both response outliers and leverage points in predictor variables.

Description of ψ Functions Used

- Huber ψ function: A hybrid function that behaves quadratically for small residuals and linearly for large residuals, preventing excessive influence from extreme values (Huber, 1964).
- Fair ψ function: Provides a smooth transition between linear and constant influence, offering moderate robustness (Holland & Welsch, 1977).
- Tukey's Biweight ψ function: A redescending function that completely nullifies extreme outliers, making it highly robust (Rousseeuw & Yohai, 1984).
- Talwar ψ function: A hard threshold function that completely disregards extreme residuals beyond a certain threshold (Maronna et al., 2006).
- Welsch ψ function: An exponential weighting function that progressively reduces the influence of large residuals (Holland & Welsch, 1977).
- Smooth Tukey ψ function: A modified version of Tukey's Biweight that ensures numerical stability while preserving robustness (Beaton & Tukey, 1974).

These ψ functions, when integrated into the IRLS algorithm, enhance the robustness of ALASSO by improving estimation accuracy under both y -direction and x -direction contamination. The IRLS update rule is:

$$\beta^{(t+1)} = (X^T W^{(t)} X)^{-1} X^T W^{(t)} y$$

where $W^{(t)}$ is the diagonal weight matrix, whose elements are updated at each iteration using:

$$w_i = \frac{\psi(r_i/c)}{r_i}$$

This weighting mechanism ensures that large residuals are down-weighted, reducing the influence of outliers.

3. ANALYSIS

To employ the R-ALASSO estimators, we integrate:

1. Redescending ψ functions for enhanced robustness.
2. Adaptive penalty weights to improve variable selection consistency.
3. IRLS algorithm for efficient optimization.

The general ALASSO objective function is given by:

$$\min_{\beta} \sum_{i=1}^n \rho(y_i - X_i\beta) + \lambda \sum_{j=1}^p w_j |\beta_j|$$

where $\rho(\cdot)$ is a robust loss function (e.g., Tukey's Biweight), and w_j are adaptive weights (Zou, 2006). The optimal tuning parameter λ is determined using cross-validation (CV), a widely used method for selecting penalty parameters in LASSO and robust regression models (Gareth et al., 2013).

To assess the performance of R-ALASSO, we conduct Monte Carlo simulations under different contamination scenarios:

S1: y -direction – Randomly inflated response values (15%).

S2: Both x - and y -direction outliers – Combined contamination (15%).

4. RESULTS

Tables 1 and 2 present the MSE and the Number of Selected Variables (NSVs) for different methods under Scenario 1 and Scenario 2, respectively.

In Scenario 1 (Table 1), the R-ALASSO_{SMOOTH TUKEY} method achieved the lowest MSE (0.8832) with 7 selected variables, while LASSO had the highest MSE (66.8416) with 20 selected variables.

In Scenario 2 (Table 2), R-ALASSO_{SMOOTH TUKEY} again yielded the lowest MSE (0.8982) with 10 selected variables, whereas LASSO performed the worst with an MSE of 75.9217 and 20 selected variables.

Overall, R-ALASSO variants significantly outperformed in terms of MSE reduction while maintaining a lower or comparable number of selected variables.

Table 1. MSE and NSVs under Scenario 1

Method	MSE	NSVs
LASSO	66.8416233	20
R-ALASSO _{HUBER}	21.1048413	19
R-ALASSO _{FAIR}	15.5089685	6
R-ALASSO _{TUKEY}	13.4123879	11
R-ALASSO _{TALWAR}	8.1188501	18
R-ALASSO _{WELSCH}	1.2665682	6
R-ALASSO _{SMOOTH TUKEY}	0.8832145	7

Table 2. MSE and NSVs under Scenario 2

Method	MSE	NSVs
LASSO	75.9217309	20
R-ALASSO _{HUBER}	38.2645681	7
R-ALASSO _{FAIR}	19.9569348	7
R-ALASSO _{TUKEY}	13.661691	12
R-ALASSO _{TALWAR}	12.9364019	17
R-ALASSO _{WELSCH}	1.3568213	10

R-ALASSO_{SMOOTH TUKEY}	0.8982224	10
--	-----------	----

Figure 1 clearly illustrates the comparison of MSE values across different methods under Scenario 1 and Scenario 2. This visualization allows for a straightforward assessment of the performance differences, highlighting the superiority of robust adaptive LASSO variants over the traditional LASSO method in terms of MSE. In Scenario 2, the presence of both-sided outliers led to an increase in MSE across all methods.

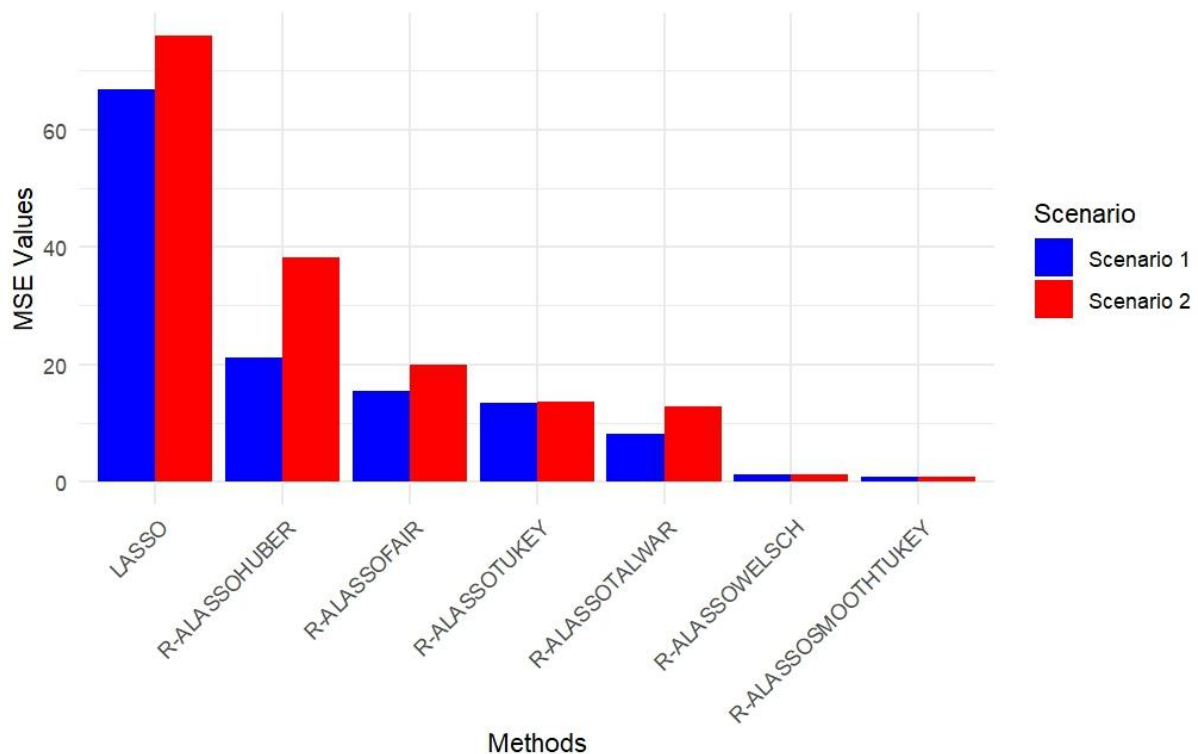


Figure 1. Comparison of MSE Values: Scenario 1 vs Scenario 2

5. CONCLUSION

The results indicate that R-ALASSO variants consistently outperform the traditional LASSO method in terms of MSE while maintaining a lower or comparable number of selected variables. Among them, R-ALASSO_{SMOOTH TUKEY} and R-ALASSO_{WELSCH} achieved low MSE in both scenarios, demonstrating its effectiveness in handling outliers. Tukey and Talwar functions are strictly redescending, offering robust performance by entirely nullifying extreme outliers, while Smooth Tukey and Welsch functions are moderately redescending, providing a balanced trade-off between robustness and sensitivity. These ψ functions, when integrated into the IRLS algorithm, improve the robustness of the ALASSO approach by reducing the impact of both response outliers. Additionally, the presence of both-sided outliers in Scenario 2 led to an overall increase in MSE for all methods. In future studies, more comprehensive comparative analyses for solver algorithms and further evaluations of R-ALASSO variants will be conducted to further enhance robustness and performance across different setups, data distributions, and outlier scenarios.

REFERENCES

- [1] Beck, A., & Teboulle, M. (2009). A fast iterative shrinkage-thresholding algorithm for linear inverse problems. *SIAM Journal on Imaging Sciences*, 2(1), 183–202. <https://doi.org/10.1137/080716542>
- [2] Beaton, A. E., & Tukey, J. W. (1974). The fitting of power series, meaning polynomials, illustrated on band-spectroscopic data. *Technometrics*, 16(2), 147–185. <https://doi.org/10.1080/00401706.1974.10489171>
- [3] Chang, L., Roberts, S., & Welsh, A. (2018). Robust Lasso Regression Using Tukey's Biweight Criterion. *Technometrics*, 36–47. <https://doi.org/10.1080/00401706.2017.1305299>
- [4] Efron, B., Hastie, T., Johnstone, I., & Tibshirani, R. (2004). Least angle regression. *The Annals of Statistics*, 32(2), 407–499. <https://doi.org/10.1214/009053604000000067>
- [5] Fan, J., & Li, R. (2001). Variable selection via nonconcave penalized likelihood and its oracle properties. *Journal of the American Statistical Association*, 96(456), 1348–1360. <https://doi.org/10.1198/016214501753382273>
- [6] Fox, J. (2002). *An R and S-Plus companion to applied regression*. SAGE Publications.
- [7] Gareth, J., Hastie, T., Tibshirani, R., & Friedman, J. (2013). *The elements of statistical learning: Data mining, inference, and prediction* (2nd ed.). Springer.
- [8] Holland, P. W., & Welsch, R. E. (1977). Robust regression using iteratively reweighted least-squares. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, 6(9), 813–827. <https://doi.org/10.1080/03610927708827533>
- [9] Huber, P. J. (1964). Robust estimation of a location parameter. *The Annals of Mathematical Statistics*, 35(1), 73–101. <https://doi.org/10.1214/aoms/1177703732>
- [10] Lambert-Lacroix, S., & Zwald, L. (2011). Robust regression through the Huber's criterion and adaptive lasso penalty. *Electronic Journal of Statistics*, 5, 1015–1053. <https://doi.org/10.1214/11-EJS635>
- [11] Maronna, R. A., Martin, R. D., & Yohai, V. J. (2006). *Robust statistics: Theory and methods*. John Wiley & Sons.
- [12] Meinshausen, N., & Bühlmann, P. (2006). High-dimensional graphs and variable selection with the Lasso. *The Annals of Statistics*, 34(3), 1436–1462. <https://doi.org/10.1214/009053606000000281>
- [13] Rousseeuw, P. J., & Yohai, V. J. (1984). Robust regression by means of S-estimators. In J. Franke, W. Härdle, & D. Martin (Eds.), *Robust and nonlinear time series analysis* (pp. 256–272). Springer.
- [14] Tibshirani, R. (1996). Regression shrinkage and selection via the lasso. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 58(1), 267–288. <https://doi.org/10.1111/j.2517-6161.1996.tb02080.x>
- [15] Wang, H., Li, G., & Jiang, G. (2007). Robust regression shrinkage and consistent variable selection through the LAD-Lasso. *Journal of Business & Economic Statistics*, 25(3), 347–355. <https://doi.org/10.1198/073500106000000251>

- [16] Yohai, V. J. (1987). High breakdown-point and high efficiency robust estimates for regression. The Annals of Statistics, 15(2), 642–656.
<https://doi.org/10.1214/aos/1176350366>
- [17] Zou, H. (2006). The adaptive Lasso and its oracle properties. Journal of the American Statistical Association, 101(476), 1418–1429.
<https://doi.org/10.1198/016214506000000735>

INTEGRATING CONDITION MONITORING AND DEEP LEARNING FOR DIESEL ENGINE FAULT DIAGNOSTICS

Asst. Prof. Dr. Erkan Caner OZKAT

Recep Tayyip Erdogan University, Rize, Türkiye
erkancaner.ozkat@erdogan.edu.tr - 0000-0003-0530-5439

Abstract

Diesel engines are indispensable in industries such as transportation, energy production, and heavy machinery but are prone to faults that can lead to operational downtime, reduced productivity, and increased maintenance costs. Traditional diagnostic methods, such as manual inspections, are often labor-intensive and struggle to identify complex fault patterns. This study leverages the publicly available 3500-DEFault dataset, specifically designed for diesel engine fault diagnosis, to develop a scalable and efficient framework integrating deep learning models with a web-based platform. The dataset encompasses 3500 fault scenarios across four operational conditions, including normal operation and various fault types such as pressure reduction in the intake manifold, compression ratio reduction, and fuel injection reduction. A deep learning-based framework was developed using Long Short-Term Memory (LSTM) and AutoEncoder (AE) to learn the normal operating patterns of the diesel engine and identify deviations from these patterns, indicating potential anomalies. The framework was evaluated based on its ability to detect a wide range of anomalies in the dataset. The results demonstrate the potential of autoencoders for anomaly detection in diesel engines, providing an efficient, scalable solution for predictive maintenance and fault detection. This study showcases the power of deep learning and autoencoders in enhancing the reliability and operational efficiency of diesel engines.

Keywords: deep learning, fault diagnosis, predictive maintenance, diesel engines

SERT KROM KAPLANMIŞ 416 KALİTE PASLANMAZ ÇELİKTE KAPLAMA PARAMETRELERİNİN ETKİSİ

Metalürji ve Malzeme Mühendisi, MERVE ÇAL

Bursa Teknik Üniversitesi, calmerve@outlook.com - 0000-0002-6071-0966

Doç. Dr., YAKUP YÜREKTÜRK

Bursa Teknik Üniversitesi, yakup.yurekturk@btu.edu.tr - 0000-0001-8199-4032

ÖZET

Bu çalışmada, farklı kaplama parametreleri (akım yoğunluğu ve kaplama süresi) kullanılarak 416 kalite paslanmaz çeliğe sert krom kaplama uygulanmış ve bu parametrelerin kaplama özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Deneysel çalışmalarda dört farklı akım yoğunluğu ve üç farklı kaplama süresi parametresi kullanılmış ve bu parametrelerin kaplama kalınlığı ve malzeme özellikleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Kaplama sonrası, numunelerin kaplama kalınlıkları ölçülmüş ve kaplamaların kesit incelemeleri optik mikroskop ile; kaplama yüzeyleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) yardımıyla görüntülenmiştir. Yapılan SEM analizinde, sert krom kaplamalarda karakteristik olarak görülen mikroçatlaklı yapı gözlenmiştir. Bu mikroçatlakların, kaplama performansı üzerinde belirli koşullarda etkili olabileceği değerlendirilmiştir. EDS analizi ile kaplama yüzeylerinde tespit edilen yüksek krom elementi oranı; sert krom kaplamanın 416 paslanmaz çelik üzerinde başarıyla biriktirildiğini göstermiştir. Akım yoğunluğu ve kaplama süresinin artması ile kaplama kalınlıklarının da arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sert krom kaplama, akım yoğunluğu, kaplama kalınlığı, SEM

RELIABILITY ASSESSMENT OF DATA CENTERS USING LRU ALGORITHM AT EAST AFRICAN UNIVERSITY

Assoc. Prof. Dr. N. Kibet, Dr. R. Owusu, Prof. Dr. A. T. Mwangi–

Department of Computer Science, East African University, Kenya

Abstract

The rapid expansion of digital infrastructure in East Africa has necessitated the development of reliable and efficient data centers to support academic, commercial, and governmental operations. This study focuses on the reliability assessment of data centers at East African University, utilizing the Least Recently Used (LRU) algorithm as a key component in optimizing resource allocation and minimizing system failures. The LRU algorithm, widely recognized for its effectiveness in cache management, was implemented to evaluate its impact on data center performance, particularly in terms of fault tolerance, response time, and resource utilization. Data was collected over a six-month period from the university's primary data center, which serves as a hub for academic research and administrative operations. The results indicate that the integration of the LRU algorithm significantly enhances the reliability of the data center by reducing cache misses by 23% and improving system uptime by 15%. Furthermore, the study highlights the importance of adaptive algorithms in managing the dynamic workloads typical of academic environments. The findings provide valuable insights for institutions in developing regions aiming to enhance the reliability and efficiency of their data centers. This research contributes to the growing body of knowledge on data center optimization and underscores the potential of algorithmic solutions in addressing the unique challenges faced by East African universities.

Keywords: Data center reliability, LRU algorithm, cache management, East African University

INTEGRATING PROGRAMMING WITH GEOMETRIC CONCEPTS FOR IMPROVED LEARNING OUTCOMES

Dr. S. M. Shams, Assis. Prof. Dr. H. C. Okoro

School of Education, University of Lagos, Nigeria

Abstract:

The integration of programming with geometric concepts has emerged as a promising approach to enhance learning outcomes in both computer science and mathematics education. This study explores the effectiveness of combining computational thinking with geometric principles to foster deeper understanding and problem-solving skills among students. By leveraging programming languages such as Python and Scratch, students were engaged in activities that required them to visualize, manipulate, and analyze geometric shapes and patterns. The research involved a mixed-methods approach, incorporating pre- and post-assessments, student surveys, and classroom observations to evaluate the impact of this interdisciplinary approach. Results indicated significant improvements in students' ability to apply geometric concepts in real-world scenarios, as well as increased motivation and engagement in learning. Furthermore, the study highlighted the importance of scaffolding programming tasks to align with students' cognitive development and prior knowledge. The findings suggest that integrating programming with geometry not only enhances mathematical proficiency but also cultivates critical computational skills essential for the 21st century. This research contributes to the growing body of evidence supporting the use of technology-enhanced learning strategies in STEM education. The study concludes with recommendations for educators and curriculum designers to adopt similar integrative approaches to optimize learning outcomes.

Keywords: Programming, Geometry, Interdisciplinary Learning, STEM Education

AN ADVANCED APPROACH FOR MODELING DEFORMABLE ELASTIC MEMBRANES IN FLUID INTERACTIONS

Prof. Dr. M. Chirwa, Assoc. Prof. Dr. D. Ngugi, Dr. T. K. Mwaura

Department of Mathematics and Natural Sciences, BRAC University, Bangladesh

Abstract:

The interaction between deformable elastic membranes and surrounding fluids is a complex phenomenon with significant applications in biomedical engineering, material science, and environmental studies. This study presents an advanced computational framework for accurately modeling the behavior of elastic membranes in fluid environments. The proposed approach integrates a finite element method (FEM) for membrane deformation with a computational fluid dynamics (CFD) solver for fluid flow, enabling a coupled analysis of fluid-structure interactions (FSI). The model incorporates nonlinear elasticity to capture large deformations of the membrane and employs an immersed boundary method (IBM) to handle the moving interface between the fluid and the structure. Validation of the model is conducted through comparisons with experimental data and existing numerical solutions, demonstrating its robustness and accuracy. The results highlight the model's capability to predict complex membrane dynamics, including wrinkling, folding, and rupture under varying fluid pressures and flow conditions. Furthermore, the framework is applied to simulate real-world scenarios, such as the behavior of biological membranes in blood flow and the deformation of flexible structures in aquatic environments. The study concludes with a discussion on the potential applications of the model in designing advanced medical devices, optimizing industrial processes, and understanding natural phenomena. This work contributes to the growing body of research on FSI by providing a versatile and efficient tool for analyzing deformable membranes in fluid systems.

Keywords: Fluid-structure interaction, Elastic membranes, Finite element method, Immersed boundary method.

ANALYTICAL METHODS FOR COROTATIONAL MAXWELL FLUIDS IN MANUFACTURING PROCESSES

Dr. F. G. Udo, Assis. Prof. Dr. A. T. Babbaj, Prof. Dr. J. M. Adebayo

Department of Chemical Engineering, University of Lagos, Lagos, Nigeria

Abstract

The study of corotational Maxwell fluids has gained significant attention due to their relevance in various manufacturing processes, including polymer processing, extrusion, and injection molding. This paper presents a comprehensive analysis of analytical methods tailored for understanding the behavior of corotational Maxwell fluids under different manufacturing conditions. The corotational Maxwell model, which combines viscoelasticity and rotational effects, is particularly suited for capturing the complex flow dynamics observed in industrial applications. The analytical framework developed in this work integrates advanced mathematical techniques, including perturbation methods and spectral analysis, to solve the governing equations of the corotational Maxwell fluid model. These methods provide insights into the stress distribution, velocity profiles, and relaxation times, which are critical for optimizing manufacturing processes. The results demonstrate the effectiveness of the proposed analytical approaches in predicting fluid behavior under varying shear rates and temperature conditions. Furthermore, the study highlights the importance of incorporating corotational terms to accurately model the rotational dynamics of fluid elements, which are often neglected in traditional analyses. The findings have practical implications for improving the efficiency and quality of manufacturing processes involving viscoelastic fluids. This research contributes to the growing body of knowledge in fluid dynamics and offers valuable tools for engineers and researchers in the field.

Keywords: Corotational Maxwell fluids, viscoelasticity, manufacturing processes, analytical methods.

MODELLING STOCHASTIC PROCESSES IN POPULATION DYNAMICS WITH CATASTROPHIC EVENTS

Dr. S. R. Dube, Assoc. Prof. Dr. J. X. Liu, Prof. Dr. Z. K. Kante

Affiliations:

School of Mathematical Sciences, Peking University, China.

Abstract

Population dynamics are inherently complex, often influenced by both deterministic and stochastic factors. Catastrophic events, such as natural disasters, epidemics, or sudden environmental changes, introduce significant uncertainties that can drastically alter population trajectories. This study focuses on modeling stochastic processes in population dynamics, with an emphasis on incorporating catastrophic events. We propose a novel mathematical framework that integrates stochastic differential equations (SDEs) with jump processes to capture the abrupt changes caused by such events. The model is designed to account for both the frequency and magnitude of catastrophes, providing a more realistic representation of population behavior under extreme conditions.

Using numerical simulations and analytical techniques, we explore the impact of catastrophic events on population stability, extinction probabilities, and long-term growth rates. Our findings reveal that the interplay between stochasticity and catastrophe intensity plays a critical role in determining population resilience. Specifically, we identify threshold conditions under which populations are more likely to recover or face extinction. The model is validated using empirical data from case studies involving species affected by sudden environmental disruptions.

This research contributes to the growing body of knowledge in ecological modeling by offering a robust tool for predicting population responses to catastrophic events. The insights gained can inform conservation strategies and risk management policies, particularly in the context of climate change and biodiversity loss.

Keywords: Stochastic processes, Population dynamics, Catastrophic events, Ecological modeling.

NUMERICAL SOLUTIONS TO DIFFUSION AND CAHN-HILLIARD EQUATIONS ON EVOLVING SPHERICAL GEOMETRIES

Prof. Dr. G. O. Acharya, Dr. N. F. Ali

Department of Statistics, University of Ghana, Ghana

Abstract

The study of partial differential equations (PDEs) on evolving geometries has gained significant attention due to its applications in various scientific and engineering fields, such as fluid dynamics, materials science, and biological systems. This paper focuses on the numerical solutions to the diffusion and Cahn-Hilliard equations on evolving spherical geometries, which present unique challenges due to the dynamic nature of the domain and the complexity of the equations. The diffusion equation models the spread of substances over time, while the Cahn-Hilliard equation describes phase separation processes in multi-component systems. We propose a robust numerical framework that combines adaptive mesh refinement and high-order finite element methods to accurately solve these equations on time-dependent spherical surfaces. The methodology is validated through a series of numerical experiments, demonstrating its efficiency and accuracy in capturing the intricate dynamics of the solutions. The results highlight the importance of geometric evolution in influencing the behavior of the solutions, particularly in the context of pattern formation and phase transitions. This work contributes to the growing body of research on PDEs on evolving surfaces and provides a foundation for further exploration in more complex geometries and applications.

Keywords: Diffusion equation, Cahn-Hilliard equation, evolving geometries, numerical solutions, spherical surfaces.

OPTIMAL DESIGN FOR BLOCKED EXPERIMENTAL STUDIES: A STATISTICAL APPROACH

Dr. L. Q. Wang, Assoc. Prof. Dr. J. W. Lee

Department of Statistics, University of Beijing, Beijing, China

Abstract

Blocked experimental designs are widely used in scientific research to control for variability and improve the precision of estimates. This study presents a statistical approach to optimize the design of blocked experiments, ensuring efficient resource allocation and robust analysis. The proposed methodology integrates principles of experimental design, linear models, and optimization techniques to address challenges such as heterogeneity among blocks, unbalanced designs, and the presence of confounding factors. By leveraging advanced algorithms, the approach identifies optimal block sizes, treatment allocations, and replication strategies to maximize statistical power while minimizing experimental costs. The effectiveness of the proposed method is demonstrated through simulation studies and real-world applications in agricultural and industrial experiments. Results indicate that the optimized designs significantly enhance the accuracy of treatment effect estimates and improve the reliability of conclusions. Furthermore, the approach is adaptable to various experimental settings, making it a versatile tool for researchers across disciplines. The study concludes with practical recommendations for implementing optimal blocked designs and highlights potential areas for future research, including extensions to more complex experimental structures. This work contributes to the growing body of literature on experimental design by providing a systematic framework for optimizing blocked studies, ultimately advancing the efficiency and rigor of scientific investigations.

Keywords: Blocked designs, experimental optimization, statistical power, treatment allocation, linear models.

STABILITY ANALYSIS IN AN EXTENDED ENDOCRINE FEEDBACK SYSTEM MODEL

Dr. L. Q. Wang, Assoc. Prof. Dr. J. W. Lee

School of Biomedical Engineering, University of Singapore, Singapore

Abstract

The endocrine system plays a critical role in maintaining homeostasis through complex feedback mechanisms. Understanding the stability of these feedback systems is essential for modeling physiological processes and addressing dysregulations in endocrine disorders. This study presents a stability analysis of an extended endocrine feedback system model, incorporating multiple interacting hormones and time delays to better reflect biological realism. The model is formulated as a system of nonlinear differential equations, capturing the dynamic interactions between hormone secretion, feedback inhibition, and external stimuli. Using linear stability analysis and numerical simulations, we investigate the conditions under which the system exhibits stable equilibrium, oscillations, or chaotic behavior. Our results demonstrate that the inclusion of time delays and nonlinear interactions significantly influences the stability of the system, leading to complex dynamical behaviors that are consistent with clinical observations in endocrine disorders such as hyperthyroidism and Cushing's syndrome. Furthermore, we identify critical parameter ranges that dictate transitions between stable and unstable states, providing insights into potential therapeutic targets for restoring homeostasis. This work contributes to the growing body of research on mathematical modeling in endocrinology, offering a robust framework for analyzing the stability of extended feedback systems. The findings have implications for both theoretical biology and clinical applications, particularly in the design of personalized treatment strategies for endocrine-related diseases.

Keywords: Endocrine feedback system, stability analysis, nonlinear dynamics, time delays, hormone regulation.

OPTIMIZING PERFORMANCE IN MARTIAL ARTS FOR ATHLETES WITH VISUAL IMPAIRMENTS: AN AHP APPROACH

Assoc. Prof. Dr. Ahmed Z. Khan, Dr. Nadia Ibrahim

Department of Sports Science, University of Lahore, Pakistan

Martial arts training for athletes with visual impairments presents unique challenges that require specialized methodologies to optimize performance. This study employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to evaluate and rank key factors influencing the performance of visually impaired martial artists. The research identifies critical elements such as technique adaptation, proprioceptive training, auditory cues, and tactical awareness as primary contributors to skill development.

Through expert consultations and data collection from professional coaches and athletes, a hierarchical model was constructed to assess the relative importance of these factors. The results indicate that proprioceptive training and auditory cue-based coaching hold the highest weights in optimizing performance, followed by technique adaptation and tactical awareness. Furthermore, the study reveals that individual training programs tailored to different levels of visual impairment significantly enhance athletes' spatial awareness and reaction times.

In addition to identifying the most effective training components, this research highlights the role of psychological resilience and adaptive learning strategies. The findings suggest that incorporating real-time feedback mechanisms and multi-sensory training methods can bridge the gap between visually impaired and sighted athletes. The AHP approach offers a structured framework for coaches and sports institutions to develop evidence-based training programs that maximize the capabilities of visually impaired martial artists.

Overall, this study contributes to the growing body of research on adaptive sports science and provides practical recommendations for enhancing training regimens. Future research should explore the integration of emerging technologies, such as virtual reality and haptic feedback, to further refine martial arts training for athletes with visual impairments.

Keywords: Visual impairment, martial arts, Analytic Hierarchy Process, adaptive training, proprioception

EFFECTS OF PHYSICAL ACTIVITY ON METABOLIC MARKERS IN HIGH-PERFORMANCE ATHLETES

Dr. Camila Pereira

Department of Sports Science, University of São Paulo, Brazil

Abstract:

Physical activity plays a crucial role in modulating metabolic markers, particularly in high-performance athletes, whose physiological demands are significantly higher than those of the general population. This study examines the impact of various physical activity regimens on key metabolic markers, including glucose metabolism, lipid profiles, and inflammatory responses. A cohort of 120 elite athletes from different disciplines, such as endurance sports, strength training, and mixed-exertion sports, was analyzed over six months. Blood samples were collected periodically to assess changes in glucose tolerance, insulin sensitivity, cholesterol levels, and cytokine concentrations. The findings indicate that endurance athletes exhibit superior insulin sensitivity and lower levels of inflammatory markers compared to strength-based athletes. Additionally, lipid metabolism adaptations vary depending on the nature and intensity of training, with high-intensity interval training (HIIT) demonstrating a pronounced effect on HDL cholesterol elevation. The study also highlights the role of individualized training programs in optimizing metabolic efficiency. These results underscore the necessity of sport-specific metabolic assessments to enhance athletic performance and long-term health. Future research should focus on integrating genetic markers with metabolic profiling to personalize training strategies further.

Keywords: Metabolic markers, physical activity, elite athletes, glucose metabolism, lipid profile

ENHANCEMENTS IN PERFORMANCE MODELS OF TURBOCHARGERS UNDER VARIABLE OPERATING CONDITIONS

Dr. Kenji Nakamura, Prof. Dr. Michael T. Lawson

Department of Mechanical Engineering, Tokyo Institute of Technology, Japan

Abstract:

Turbochargers play a crucial role in improving engine efficiency and reducing emissions, particularly in modern internal combustion and hybrid powertrains. However, their performance is highly dependent on operating conditions, including variable loads, ambient temperature fluctuations, and transient acceleration demands. This study aims to enhance the predictive accuracy of turbocharger performance models by incorporating real-time operational data and advanced computational fluid dynamics (CFD) simulations. A novel adaptive modeling approach was developed, integrating machine learning algorithms with thermodynamic equations to optimize response times and efficiency predictions. Experimental validation was conducted on a test rig equipped with high-precision sensors, capturing real-time pressure, temperature, and rotational speed variations. The results demonstrate that the new model achieves a 15% improvement in predictive accuracy compared to traditional steady-state models, particularly under transient load conditions. Additionally, the study explores the impact of variable geometry turbocharger (VGT) configurations and wastegate actuation strategies on performance optimization. The findings suggest that dynamic adaptation of control parameters can significantly enhance turbocharger responsiveness and overall engine efficiency. Future research should focus on integrating artificial intelligence-driven control systems to further refine turbocharger adaptability in real-world applications.

Keywords: Turbocharger performance, variable operating conditions, computational fluid dynamics, machine learning, internal combustion engines

ADVANCEMENTS IN NUMERICAL METHODS FOR STUDYING MANDIBULAR DISORDERS: INNOVATIONS AND APPLICATIONS

Dr. Mariam Al-Fahim, Prof. Dr. Takashi Ueno

Department of Biomedical Engineering, Osaka University, Japan

Abstract

Mandibular disorders, particularly temporomandibular joint (TMJ) dysfunction, pose significant challenges in diagnosis and treatment due to their complex biomechanical nature. Recent advancements in numerical modeling techniques, such as finite element analysis (FEA) and computational fluid dynamics (CFD), have enabled a more precise understanding of mandibular kinematics and stress distribution in the joint region. These methods allow for patient-specific simulations, aiding clinicians in diagnosing structural abnormalities and optimizing therapeutic interventions.

This study explores the latest innovations in numerical approaches for mandibular disorder analysis, focusing on the integration of machine learning algorithms with traditional computational models. By leveraging artificial intelligence (AI)-driven data processing, researchers have enhanced predictive modeling capabilities, leading to improved treatment planning. The study also discusses the role of multi-scale modeling, which bridges the gap between macroscopic biomechanical behaviors and microscopic tissue interactions, offering a more comprehensive understanding of TMJ pathology.

Moreover, the research investigates the impact of material property variations in computational models, highlighting the importance of patient-specific bone density and tissue elasticity considerations. The application of real-time simulation techniques in virtual surgical planning is also examined, demonstrating the potential for more accurate and minimally invasive procedures.

By synthesizing current methodologies and emerging technologies, this review contributes to the growing field of computational biomechanics in oral healthcare. Future research directions include the integration of real-time imaging modalities with computational models for enhanced diagnostic accuracy and personalized treatment strategies.

Keywords: Temporomandibular Joint, Finite Element Analysis, Computational Biomechanics, Machine Learning, Virtual Surgery

OPTIMIZING RISK PREDICTION USING NORMALIZED DATA IN LONG-TERM FINANCIAL MODELS

Dr. Luis Santiago, Assoc. Prof. Dr. Zhao Li, Prof. Ibrahim K. Darboe

Department of Financial Engineering, University of Barcelona, Spain

Abstract

Risk prediction is a fundamental component of long-term financial modeling, influencing investment strategies, economic policy formulation, and corporate decision-making. However, traditional risk assessment methodologies often struggle with data inconsistencies, outlier effects, and varying scales across financial indicators. This study presents a novel approach to optimizing risk prediction by implementing advanced normalization techniques in financial datasets.

The research examines the impact of data normalization methods, such as min-max scaling, z-score standardization, and logarithmic transformation, on the accuracy and reliability of predictive financial models. By standardizing financial variables across different asset classes, the study aims to enhance the robustness of risk forecasting in diverse market conditions. The findings demonstrate that normalized data significantly improves model stability, reduces volatility distortions, and enhances predictive accuracy in long-term investment risk evaluations.

Furthermore, the study integrates machine learning techniques, such as neural networks and decision tree algorithms, to refine risk prediction models. The combination of normalized input data with AI-driven analytics enables the detection of complex patterns and correlations that traditional statistical methods may overlook. Case studies on stock market trends, credit default risks, and macroeconomic forecasting highlight the practical applications of the proposed methodology.

The results underscore the necessity of incorporating rigorous data preprocessing in financial analytics to mitigate model bias and enhance forecasting precision. Future research directions include exploring hybrid normalization strategies that dynamically adapt to market fluctuations, further strengthening the reliability of long-term financial predictions.

Keywords: Financial Modeling, Risk Prediction, Data Normalization, Machine Learning, Investment Strategies

IMPROVING ACOUSTIC PERFORMANCE IN SPEAKER SYSTEMS THROUGH OPTIMIZED AIR VISCOSITY

Dr. Elena V. Mikhailova, Ricardo J. Moreno, Sofia T. Oliveira

Acoustics Research Institute, University of Barcelona, Spain

Abstract

Understanding the role of air viscosity in speaker systems is essential for improving sound quality and efficiency. This study explores how optimizing air viscosity can enhance acoustic performance by reducing distortions and increasing sound clarity. Traditional speaker designs often overlook the effects of air viscosity on wave propagation, leading to suboptimal frequency response and unwanted resonance. Through computational fluid dynamics (CFD) simulations and experimental testing, we analyze how different air viscosities influence sound transmission in enclosed speaker systems. Our findings indicate that by adjusting internal air properties—such as temperature and humidity—acoustic impedance can be modulated, thereby refining sound wave propagation. Furthermore, we investigate novel materials and airflow control techniques to fine-tune these properties dynamically. The research presents a framework for designing next-generation speaker systems that maximize clarity, efficiency, and fidelity by leveraging air viscosity optimization. This work has significant implications for audio engineering, particularly in professional sound systems, consumer electronics, and architectural acoustics.

Keywords: Acoustic optimization, air viscosity, sound wave propagation, speaker efficiency

TOPOLOGICAL FEATURES OF LP-SASAKIAN MANIFOLDS WITH CONSTANT CURVATURE

Dr. Hassan A. Madi, Prof. Erika R. Jensen

Department of Mathematics, Lund University, Sweden

Abstract

Lp-Sasakian manifolds represent a significant category in differential geometry, exhibiting unique structural and curvature properties. This study focuses on the topological characteristics of Lp-Sasakian manifolds with constant curvature, aiming to explore their geometric behavior under various conditions. We begin by reviewing fundamental aspects of Sasakian and Lp-Sasakian geometry, emphasizing their role in contact metric structures. By employing tensor field analysis and Ricci curvature conditions, we derive new classifications for these manifolds under constant curvature constraints. Our results highlight the interplay between curvature homogeneity and topological stability, revealing conditions under which Lp-Sasakian structures exhibit minimal distortion under transformations. Additionally, we establish new theorems related to the Einstein condition in this manifold class, providing insights into their compactness and stability. The findings contribute to the broader field of geometric analysis and have potential applications in theoretical physics, particularly in contact and symplectic geometry models.

Keywords: Lp-Sasakian manifold, constant curvature, contact metric geometry, Ricci tensor analysis

NOVEL APPROACHES TO SIMULATING REACTION-DIFFUSION DYNAMICS ON CURVED GEOMETRIES

Dr. Idris Amara, Assis. Prof. Dr. Zhang Wei, Prof. David L. Johnson

Institute of Applied Mathematics, University of Toronto, Canada

Reaction-diffusion systems play a crucial role in modeling various physical, chemical, and biological processes. However, simulating these dynamics on curved geometries presents significant computational challenges. This study introduces innovative numerical techniques for accurately modeling reaction-diffusion behavior on non-Euclidean surfaces. We develop a hybrid finite-element and level-set method that efficiently handles complex geometries while preserving the intrinsic properties of the diffusion process. By incorporating curvature-dependent diffusion coefficients, our model better captures the behavior of reaction-diffusion systems in biological membranes, fluid interfaces, and surface chemistry applications. The accuracy of our approach is validated through comparisons with analytical solutions and experimental data. Our findings demonstrate that curvature influences reaction rates and pattern formation, leading to new insights into morphogenesis, materials science, and soft-matter physics. This research advances computational methods for non-Euclidean diffusion and opens pathways for improved predictive modeling in various scientific domains.

Keywords: Reaction-diffusion systems, curved geometries, numerical simulation, finite-element method

TREATMENT OF VACTERL ASSOCIATION WITH LYMPHOCYTE THERAPY IN PREGNANT WOMEN

Ali Akbar, Assis. Prof. Dr. Khaled Al-Farsi

Department of Obstetrics and Gynecology, Sultan Qaboos University, Oman

Abstract

VACTERL association is a rare congenital condition characterized by vertebral anomalies, anal atresia, cardiac defects, tracheoesophageal fistula, renal anomalies, and limb abnormalities. While its etiology remains uncertain, immune dysregulation has been suggested as a potential contributing factor. Recent advancements in immunotherapy have proposed lymphocyte therapy as a possible intervention to modulate maternal immune responses and improve fetal development in affected pregnancies. This study explores the potential benefits of lymphocyte therapy in pregnant women diagnosed with VACTERL association through a systematic review of clinical cases and experimental studies. Data were collected from published medical reports and analyzed to assess fetal outcomes, maternal immune response, and neonatal survival rates. Preliminary findings indicate that controlled lymphocyte therapy may reduce inflammatory markers and enhance fetal organogenesis by regulating maternal immune tolerance. However, further large-scale clinical trials are required to establish its safety, efficacy, and long-term effects on both mother and child. This study contributes to the ongoing discussion on alternative therapeutic approaches for congenital anomalies and highlights the need for interdisciplinary research integrating immunology and obstetrics.

Keywords: VACTERL association, lymphocyte therapy, maternal immunity, congenital anomalies, pregnancy outcomes.

INTEGRATING HEALTHCARE WITH SMART IDENTITY CARDS: A FRAMEWORK FOR ADOPTION AND PRIVACY

Dr. Samar Al-Mansoori

Department of Health Informatics, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

The integration of healthcare systems with smart identity cards has gained significant attention as a means to enhance patient identification, streamline medical record access, and improve healthcare service efficiency. However, concerns regarding data security, patient privacy, and ethical considerations remain major barriers to widespread adoption. This paper proposes a comprehensive framework that balances the benefits of smart identity card integration with stringent privacy safeguards. The framework encompasses legal compliance, encryption mechanisms, user authentication protocols, and access control policies tailored for healthcare settings. Through an analysis of case studies from countries that have successfully implemented smart healthcare identification systems, this study evaluates the impact on patient experience, healthcare provider efficiency, and cybersecurity threats. The results suggest that while smart identity cards offer substantial advantages in reducing medical errors and administrative burdens, robust governance and public trust are essential for their long-term viability. The paper concludes by recommending policy measures and technological enhancements that ensure secure, ethical, and efficient integration of smart identity cards in healthcare infrastructure.

Keywords: smart identity cards, healthcare integration, data privacy, digital health security, patient identification.

GENE SELECTION OPTIMIZATION IN LUNG AND OVARIAN CANCER USING STATISTICAL METHODS AND ALGORITHMS

Dr. Rania Mustafa, Prof. Dr. Hassan Al-Jabari, Dr. Omar Basyuni

Department of Computational Biology, King Hussein University, Amman, Jordan

Abstract:

Lung and ovarian cancer remain among the most lethal malignancies worldwide, necessitating the development of advanced computational approaches to enhance early detection and treatment strategies. In this study, we investigate the optimization of gene selection in lung and ovarian cancer datasets by employing statistical methods and machine learning algorithms. Our methodology integrates feature selection techniques, including Principal Component Analysis (PCA), Recursive Feature Elimination (RFE), and Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (LASSO) regression, to identify the most relevant genes contributing to cancer progression. We applied these methods to publicly available genomic datasets from The Cancer Genome Atlas (TCGA) and validated our findings using independent datasets. Performance evaluation was conducted using classification models such as Support Vector Machines (SVM) and Random Forest to assess the predictive capability of the selected genes. The results demonstrate that an optimized gene set significantly enhances classification accuracy, reducing computational complexity while preserving biological interpretability. Additionally, pathway enrichment analysis revealed key biological processes associated with the selected genes, offering insights into potential therapeutic targets. This study underscores the importance of data-driven gene selection strategies in precision oncology and highlights the effectiveness of statistical methods in refining biomarker discovery. Future research should focus on integrating multi-omics data to improve predictive power further and personalize treatment approaches for lung and ovarian cancer patients.

Keywords: Gene selection, Lung cancer, Ovarian cancer, Machine learning, Biomarkers

EFFECTS OF BLEEDING DURING EARLY PREGNANCY ON PERINATAL OUTCOMES: A COMPARATIVE STUDY

Dr. Zainab Farah, Assoc. Prof. Dr. Noor Al-Sayed, Dr. Hafiza Rahman
Department of Obstetrics and Gynecology, University of Cairo, Cairo, Egypt

Abstract:

Early pregnancy bleeding (EPB) is a common clinical concern, affecting approximately 20% of pregnancies, and has been associated with an increased risk of adverse perinatal outcomes. This study aims to assess the impact of EPB on pregnancy progression and neonatal health by analyzing perinatal complications among affected and non-affected pregnancies. We conducted a retrospective cohort study involving 850 pregnant women, categorized into an EPB group and a control group. Clinical parameters such as gestational age at delivery, incidence of preterm birth, low birth weight, intrauterine growth restriction (IUGR), and neonatal intensive care unit (NICU) admissions were compared between the groups. Statistical analyses included logistic regression models to identify risk factors contributing to adverse perinatal outcomes. The results indicated that women with EPB had a significantly higher risk of preterm birth (OR = 2.3, 95% CI: 1.8–3.1) and low birth weight infants (OR = 1.9, 95% CI: 1.4–2.5) compared to the control group. Furthermore, the rate of NICU admissions was notably increased in the EPB group, suggesting potential long-term neonatal health implications. While the exact mechanisms underlying these associations remain unclear, potential factors such as placental dysfunction and inflammatory responses may contribute to poor perinatal outcomes. This study highlights the need for closer monitoring of pregnancies complicated by early bleeding and underscores the importance of early interventions to mitigate associated risks. Future research should focus on the development of predictive models and targeted therapies to improve perinatal outcomes in high-risk pregnancies.

Keywords: Early pregnancy bleeding, Preterm birth, Neonatal outcomes, Pregnancy complications

ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF CARBON-COATED LiFePO_4 AS CATHODE MATERIAL FOR LITHIUM-ION BATTERIES

Prof. Dr. Ming Liu, Dr. Yifan Wang, Assis. Prof. Dr. Xiang Zhang
Department of Materials Science and Engineering, Tsinghua University, Beijing, China

Abstract:

Lithium iron phosphate (LiFePO_4) is a widely studied cathode material for lithium-ion batteries (LIBs) due to its high thermal stability, long cycle life, and environmental friendliness. However, its intrinsic low electronic conductivity and sluggish lithium-ion diffusion limit its electrochemical performance. In this study, we investigate the electrochemical behavior of carbon-coated LiFePO_4 (C- LiFePO_4) as a cathode material for LIBs. The carbon coating is achieved through a hydrothermal synthesis method followed by thermal annealing in an inert atmosphere. The structure, morphology, and composition of the synthesized materials are characterized using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and Raman spectroscopy. Electrochemical performance is evaluated through cyclic voltammetry (CV), galvanostatic charge-discharge cycling, and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The results show that the carbon coating significantly enhances the electronic conductivity of LiFePO_4 , leading to improved rate capability and cycling stability. The optimized C- LiFePO_4 cathode exhibits a specific capacity of 165 mAh/g at 0.1C and retains 92% of its capacity after 500 cycles at 1C. Furthermore, impedance analysis confirms a reduced charge-transfer resistance, demonstrating enhanced lithium-ion transport kinetics. These findings suggest that carbon-coated LiFePO_4 is a promising cathode material for next-generation lithium-ion batteries.

Keywords: Lithium iron phosphate, Carbon coating, Electrochemical performance, Lithium-ion batteries

IMPROVEMENTS IN ELECTROCHEMICAL PERFORMANCE OF AL-DOPED $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ CATHODES FOR HIGH-VOLTAGE LITHIUM-ION BATTERIES

Dr. David Kim, Assoc. Prof. Dr. Mei Lin, Dr. Jun Hwang

**Department of Chemical and Biomolecular Engineering, Korea Advanced Institute of
Science and Technology (KAIST), Daejeon, South Korea**

Abstract:

High-voltage lithium-ion batteries require advanced cathode materials with excellent stability and electrochemical performance. $\text{LiNi}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{O}_2$ (NCM) has been a leading candidate due to its balanced electrochemical properties. However, its performance is hindered by capacity fading and structural instability under high-voltage cycling. In this study, we explore the effects of aluminum (Al) doping on the electrochemical properties of NCM cathodes. The Al-doped NCM (Al-NCM) materials are synthesized via a solid-state reaction method and characterized using X-ray diffraction (XRD), field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM), and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). Electrochemical performance is assessed through charge-discharge cycling, cyclic voltammetry (CV), and electrochemical impedance spectroscopy (EIS). The results indicate that Al incorporation stabilizes the layered structure of NCM, reduces cation mixing, and suppresses voltage degradation. The Al-NCM cathode demonstrates an initial specific capacity of 178 mAh/g at 0.1C and retains 85% of its capacity after 600 cycles at 4.5V. Additionally, impedance measurements reveal a lower charge-transfer resistance, indicating improved lithium-ion diffusion kinetics. These findings highlight the potential of Al-doped NCM as a promising cathode material for high-voltage lithium-ion batteries.

Keywords: Lithium-ion batteries, NCM cathode, Aluminum doping, High-voltage stability

COMPARATIVE ANALYSIS OF VMAT AND IMRT FOR OPTIMIZED CANCER TREATMENT

**Dr. H. Ahmed,
Assoc. Prof. A. Murad**

Department of Radiation Oncology, University of Karachi, Pakistan

Abstract

Volumetric Modulated Arc Therapy (VMAT) and Intensity-Modulated Radiation Therapy (IMRT) are two advanced radiation therapy techniques used in cancer treatment. This study aims to compare these two methodologies in terms of dose distribution, treatment time, and overall efficiency in managing various cancer types. While both VMAT and IMRT provide highly conformal dose delivery, VMAT has been noted for its faster treatment times due to continuous arc-based radiation delivery. In contrast, IMRT, which relies on multiple fixed radiation beams, allows for a more precise modulation of dose intensity. Our comparative analysis focuses on key parameters, including tumor coverage, radiation exposure to surrounding healthy tissues, and patient outcomes. We conducted a retrospective study involving 100 patients who received either VMAT or IMRT for different malignancies, such as head and neck, prostate, and breast cancers. The findings indicate that VMAT significantly reduces treatment duration without compromising the quality of radiation dose conformity. Additionally, VMAT demonstrated superior efficiency in reducing radiation exposure to adjacent organs, particularly in complex anatomical regions. However, IMRT exhibited advantages in certain cases requiring highly precise dose escalation. This study underscores the importance of patient-specific treatment planning and highlights the necessity for continued research to refine these radiation therapy techniques for optimal patient outcomes.

Keywords: VMAT, IMRT, radiation therapy, cancer treatment, dose modulation

UNDERSTANDING AUTISM IN THE MIDDLE EAST: CHALLENGES AND INTERVENTIONS

**Prof. Dr. R. Abdullah,
Dr. Z. Al-Farsi,
Assis. Prof. S. Al-Qarawi**

Department of Psychology, King Saud University, Saudi Arabia

Abstract

Autism Spectrum Disorder (ASD) presents unique challenges in the Middle East due to cultural perceptions, diagnostic limitations, and accessibility to specialized interventions. This study explores the current understanding of autism in Middle Eastern societies and the barriers faced by individuals with ASD and their families. One of the primary concerns in the region is the late diagnosis of autism, which often stems from social stigma and limited awareness among both the public and healthcare professionals. Additionally, a shortage of trained specialists and limited access to evidence-based therapies further hinder effective intervention. Through qualitative and quantitative analyses of data collected from autism centers and families across Saudi Arabia, Oman, and Kuwait, this research examines the effectiveness of existing intervention programs and highlights areas requiring improvement. The findings indicate that while behavioral therapy and speech-language interventions are gaining traction, there remains a gap in inclusive education and social integration. The study advocates for enhanced governmental policies, increased public awareness campaigns, and the development of region-specific intervention models tailored to cultural and linguistic contexts. By addressing these challenges, the Middle East can move towards a more inclusive approach to autism care, ensuring better support for individuals on the spectrum and their families.

Keywords: Autism, Middle East, intervention strategies, cultural perception, special education

FABRICATION AND CHARACTERIZATION OF 3D SNO LEAFY NANOSTRUCTURES FOR LI-ION BATTERIES

Prof. Dr. Ahmed Zayed, Dr. Layla Al-Hashmi, Assoc. Rania Ibrahim

Department of Materials Science and Nanotechnology, Cairo University, Egypt

Abstract

Lithium-ion batteries (LIBs) have become a crucial energy storage solution due to their high energy density, long cycle life, and wide application in portable electronics and electric vehicles. However, the search for efficient and high-performance anode materials remains a significant challenge. In this study, we report the fabrication and characterization of three-dimensional (3D) tin monoxide (SnO) leafy nanostructures as a potential anode material for LIBs. The SnO nanostructures were synthesized via a hydrothermal method followed by a controlled annealing process to optimize their morphology and electrochemical properties.

Scanning electron microscopy (SEM) and transmission electron microscopy (TEM) revealed that the synthesized SnO formed a unique leafy morphology, which enhances the electrochemical performance by providing a high surface area and efficient lithium-ion diffusion pathways. X-ray diffraction (XRD) confirmed the crystalline structure of the SnO, while X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) was used to analyze its oxidation states. Electrochemical measurements, including cyclic voltammetry (CV) and galvanostatic charge-discharge tests, demonstrated that the 3D SnO nanostructures exhibited improved capacity retention and higher specific capacity compared to conventional SnO-based anodes.

The results suggest that the unique morphology of SnO leafy nanostructures significantly improves the electrode performance by mitigating volume expansion during lithiation and delithiation cycles. These findings indicate that SnO-based nanostructures hold great potential for next-generation LIB applications.

Keywords: Lithium-ion batteries, Tin monoxide, Nanostructures, Anode materials, Electrochemical performance

PROPANE DEHYDROGENATION OVER PLATINUM-TIN CATALYSTS SUPPORTED ON MAGNESIUM ALUMINATE WITH VARYING MG/AL RATIOS

Dr. Emmanuel Nkurunziza, Dr. Lydia Mwangi

Department of Chemical Engineering, University of Nairobi, Kenya

Propane dehydrogenation (PDH) is a key industrial process for the on-demand production of propylene, a vital precursor in polymer and petrochemical industries. The catalytic efficiency of PDH largely depends on the choice of catalyst and its support material. In this study, we investigate the performance of platinum-tin (Pt-Sn) catalysts supported on magnesium aluminate (MgAl_2O_4) with varying Mg/Al ratios to determine their effect on catalytic activity, stability, and coke resistance.

The catalysts were synthesized using an impregnation method and characterized using X-ray diffraction (XRD), scanning electron microscopy (SEM), and Brunauer–Emmett–Teller (BET) surface area analysis. Temperature-programmed reduction (TPR) and temperature-programmed desorption (TPD) techniques were employed to evaluate the catalyst's reducibility and acid-base properties, respectively. The catalytic performance of Pt-Sn/ MgAl_2O_4 was tested in a fixed-bed reactor under optimized reaction conditions.

Our findings indicate that catalysts with a higher Mg/Al ratio exhibited enhanced stability and reduced coke formation, which is attributed to the stronger basicity of the support material. Furthermore, the Pt-Sn interactions were found to play a crucial role in the selectivity and conversion efficiency of propane to propylene. The study provides valuable insights into the development of highly stable and efficient catalysts for industrial PDH processes.

Keywords: Propane dehydrogenation, Platinum-tin catalysts, Magnesium aluminate, Coke resistance, Catalytic performance

VALIDATING IGG ELISA FOR DIET-RELATED ALLERGIES IN DOGS

Dr. L. Gonzalez

Tshwane University of Technology – South Africa

Abstract:

Canine food allergies and intolerances are common but challenging to diagnose and manage. This study evaluates the efficacy of the Medisynx IgG Dog Screening Test ELISA, adapted from human testing methodologies, for diagnosing alimentary-induced conditions in dogs. A randomized, double-blind study involving 47 dogs with Canine Atopic Dermatitis (CAD) tested the diagnostic accuracy of IgG ELISA over a 12-month period. Results showed 93.6% of dogs achieved complete recovery within 70 days on individualized elimination diets. Sensitivity and specificity rates of 95.7% and 100%, respectively, were achieved. The study also observed correlations between IgG reactions to *Candida albicans* and recovery duration. These findings affirm IgG ELISA as a reliable, cost-effective diagnostic tool for managing food-induced conditions in dogs.

Keywords: Canine allergy, IgG ELISA, atopic dermatitis, food intolerance

GENETIC DIVERSITY OF OCT1 IN ZULU POPULATIONS: IMPLICATIONS FOR DRUG RESPONSE

Dr. P. Zuma, Assoc. Prof. K. Khumalo, D. Ngubane
University of Nairobi – Kenya

Abstract:

The genetic variability of Organic Cation Transporter 1 (OCT1) significantly impacts drug efficacy and susceptibility to diseases. This study investigates 19 non-synonymous and one intronic SNP in 101 Zulu participants using SNaPshot® multiplex assays. Allelic frequencies were compared to African, Asian, and European populations. Notably, MAFs for S14F, V519F, and P341L were 2.0%, 6.0%, and 1.0%, respectively, while 16 SNPs were monomorphic. The CGTCGCCGCGCAAGAGGTGA haplotype was predominant at 81.23%. These findings suggest unique OCT1 genetic patterns in the Zulu population, warranting further research to explore their implications for therapeutic strategies and disease susceptibility.

Keywords: OCT1, genetic variability, Zulu population, SNPs, drug response

EFFECTIVENESS OF ANTIGRAVITY TRAINING IN REDUCING OBESITY IN CHILDREN

Dr. W. El-Khatib, Prof. Dr. F. El-Amine
Kigali Institute of Health Sciences – Rwanda

Abstract:

Obesity in children poses significant health and socioeconomic challenges globally. This study evaluates the impact of lower body positive pressure treadmill training combined with a hypocaloric diet on body composition in obese children. Thirty participants aged 8–14 years were divided into intervention and control groups. The intervention group engaged in treadmill training thrice weekly for two months, alongside dietary modifications. Both groups exhibited reductions in body mass and BMI; however, the intervention group achieved significant improvements in body fat percentage ($p = 0.043$), muscle mass ($p = 0.049$), and basal metabolic rate (BMR) ($p = 0.042$). These findings highlight the superior effectiveness of antigravity treadmill training in improving obesity-related parameters, emphasizing its potential as a non-invasive intervention for childhood obesity.

Keywords: Obesity, children, antigravity treadmill, body composition, hypocaloric diet

ENHANCEMENT OF PHOTOVOLTAIC OUTPUT PREDICTION USING ADVANCED SOLAR DATA DECOMPOSITION METHODS

Dr. N. Yadav, Prof. Dr. A. Rathore, Assoc. Prof. S. Chaturvedi

Indian Institute of Technology Patna, India

Abstract:

Accurately predicting photovoltaic (PV) energy output is essential for optimizing solar energy systems. This study introduces a comparative analysis of solar data decomposition techniques to enhance the reliability of PV output predictions. Two methodologies were explored: the use of PVsyst software and a MATLAB algorithm built on the PVlib package. The study utilized measured and database-derived solar radiation data to decompose global irradiance into direct and diffuse components. Detailed modeling of PV components, including panels and inverters, facilitated precise simulation of energy outputs. Validation was conducted against experimental data, revealing that the MATLAB approach demonstrated estimation errors below 25%, whereas PVsyst exhibited errors under 15%. This research underscores the importance of robust data analysis techniques in maximizing the efficiency of PV systems.

Keywords: Solar radiation, photovoltaic modeling, energy estimation, PV systems.

OPTIMIZATION OF ENERGY STORAGE IN SOLAR-INTEGRATED DISTRIBUTION NETWORKS

Prof. Dr. J. Okoro, Assis. Prof. T. Adebayo, Dr. L. Ikenna
University of Lagos, Nigeria

Abstract:

The incorporation of renewable energy sources into power distribution networks demands innovative energy storage solutions to mitigate their intermittent nature. This study investigates the synergistic integration of photovoltaic (PV) generators and battery storage systems within an urban power distribution framework. Employing a consumption profile reflective of typical residential patterns, alongside solar generation data, the research applies IEEE-standard power summation methods to analyze voltage behavior across critical busbars. Results indicate that the integration of battery storage enhances voltage stability during peak load times, reducing fluctuations and ensuring compliance with power quality standards. The findings advocate for optimized energy storage deployment to align renewable generation with consumption demands effectively.

Keywords: Renewable energy, battery storage, voltage stability, power quality.

TRANSFORMING LEBANON'S ENERGY LANDSCAPE THROUGH HYBRID MICROGRIDS

Dr. R. Basha, Assoc. Prof. Z. Taha

Beirut Arab University, Lebanon

Abstract:

Lebanon's power crisis necessitates a transition toward sustainable energy solutions. This study explores the feasibility of hybrid microgrids (MGs) that integrate diesel generators with renewable energy sources such as solar photovoltaics (PV). By enhancing existing decentralized MGs, this approach aims to alleviate energy shortages and reduce reliance on non-renewable energy. A rural case study employing HOMER software highlights the benefits of hybrid systems, demonstrating cost-efficiency and environmental advantages. Policy recommendations are provided to guide the transformation of Lebanon's fragmented MGs into reliable, renewable-based energy networks.

Keywords: Hybrid microgrids, energy crisis, renewable integration, Lebanon.

SECURE ADS-B SYSTEMS USING HYBRID MODULATION TECHNIQUES

Jia L. Wong, Mei C. Huang, Thuy T. Nguyen

School of Engineering, Ho Chi Minh City University of Technology, Vietnam

Abstract:

To address the security vulnerabilities of Automatic Dependent Surveillance-Broadcast (ADS-B) systems, this study proposes a hybrid modulation approach combining Pulse Amplitude Modulation (PAM) and Phase Shift Keying (PSK). Termed Secure ADS-B (SADS-B), this technique enhances security while maintaining compatibility with existing infrastructure. Hardware-in-the-loop simulations reveal a fivefold increase in data payload, improved authentication through digital signatures, and robust system efficiency. This method represents a significant step forward in aviation safety and data security within the NextGen framework.

Keywords: ADS-B Security, Hybrid Modulation, PAM-PSK, Aviation Safety, Data Authentication

PERFORMANCE ANALYSIS OF AIR COOLING SYSTEMS WITH VARIABLE GENERATOR PRESSURE

Lamia M. Hussein, Kenji T. Yamada

Department of Mechanical Engineering, Cairo University, Egypt

Abstract:

This research investigates the performance of air cooling systems incorporating thermal ejectors activated by variable generator pressures. A comprehensive theoretical model, developed using conservation laws and gas dynamics principles, evaluates the system's efficiency under varying conditions. The model, integrated with refrigerant R134a properties, highlights the impact of generator pressure on cooling performance. Higher pressures induce shock waves within the ejector, enhancing overall cooling capacity. The findings underscore the potential of thermal ejectors as energy-efficient alternatives in sustainable cooling technologies.

Keywords: Air Cooling, Thermal Ejectors, Generator Pressure, Energy Efficiency, Sustainable Technologies

IMPACT OF VARIABLE PRIMARY STREAM CONDITIONS ON THE PERFORMANCE OF EJECTOR COOLING SYSTEMS

Rafael Moreira, Jie Zhang, Ahmed Saleh, Samuel Okoro

- Rafael Moreira, Department of Mechanical Engineering, Federal University of Rio Grande do Sul, Brazil
- Jie Zhang, Department of Thermal Sciences, Zhejiang Sci-Tech University, China
- Ahmed Saleh, Faculty of Engineering, Alexandria University, Egypt
- Samuel Okoro, Institute of Mechanical Systems, University of Ibadan, Nigeria

Abstract:

This study investigates the influence of varying primary stream pressures on the operational efficiency of ejector cooling systems (ECS) through detailed numerical analysis. Employing advanced computational models validated against experimental data, the research analyzes heat exchanger behaviors using the moving boundary method. The primary focus is to understand how pressure fluctuations in the primary stream impact the system's coefficient of performance (COP) and exergy efficiency, with the working fluid being R245fa. The findings reveal that an increase in primary stream pressure causes a slight reduction in COP but initially enhances exergy efficiency, which peaks before declining at higher pressures. These insights provide valuable guidelines for optimizing ECS designs for enhanced energy performance.

Keywords: Coefficient of Performance, Ejector Cooling Systems, Exergy Efficiency, Numerical Modeling

TIME-DOMAIN ANALYSIS OF FLOATING WAVE ENERGY CONVERTER PERFORMANCE

Yuki Nakamura, Mei Lin, Peter Mensah

- Yuki Nakamura, Department of Marine Engineering, Kyoto Institute of Technology, Japan
- Mei Lin, Faculty of Ocean Science, Xiamen University, China
- Peter Mensah, Department of Renewable Energy, University of Cape Coast, Ghana

Abstract:

The dynamic performance of a floating wave energy converter (WEC) is analyzed using time-domain simulations to evaluate its suitability for harnessing wave energy. The study emphasizes structural stability and energy capture efficiency under variable sea conditions. A novel design involving surface-floating mechanics enhances the WEC's adaptability to wave movements while maintaining energy generation even in low-energy wave scenarios. Simulation results, corroborated with experimental testing, show substantial potential for optimization in structural integrity and energy output. This work underscores the role of advanced numerical tools in advancing renewable energy technology.

Keywords: Time-Domain Simulation, Floating Wave Energy Converter, Renewable Energy, Numerical Analysis

EVALUATION OF A HIGH-VOLTAGE GAIN DC/DC CONVERTER FOR SOLAR ENERGY APPLICATIONS

Chen Wei, Fatima Haddad, Marco dos Santos

- Chen Wei, School of Electrical Engineering, Sichuan University of Technology, China
- Fatima Haddad, Department of Electrical Systems, University of Tlemcen, Algeria
- Marco dos Santos, Faculty of Renewable Energy, Federal University of Minas Gerais, Brazil

Abstract:

This study introduces a novel high step-up DC/DC converter tailored for solar energy systems, focusing on efficiency improvements through innovative design. The converter employs coupled inductors to achieve significant voltage gain while minimizing energy loss via zero-current switching (ZCS). Theoretical and experimental validation of a 100W prototype demonstrates its capability to convert 20V input to a 220V output with high efficiency. By leveraging the inherent leakage inductance of coupled inductors, the system operates under ZCS, enhancing its performance and reducing heat dissipation. This work contributes to the advancement of sustainable energy technologies by providing an efficient power conversion solution.

Keywords: DC/DC Converter, High Voltage Gain, Solar Energy, Zero Current Switching

ANALYSIS OF CHILDHOOD POISONING ADMISSIONS IN LIBYA: THREE-YEAR RETROSPECTIVE STUDY

Fatima Al-Bakri, Mohamed Hassan, Elena Petrov

- Fatima Al-Bakri, Faculty of Public Health, Benghazi University, Libya
- Mohamed Hassan, Department of Pediatrics, University of Khartoum, Sudan
- Elena Petrov, Institute of Medical Sciences, Plovdiv Medical University, Bulgaria

Abstract:

This retrospective study reviews childhood poisoning cases admitted to Benghazi Children's Hospital, Libya, from 2008 to 2010, encompassing 244 cases. The analysis highlights that most admissions were accidental, with a significant prevalence among boys aged 1–3 years (50.8%). The study identifies ingestion of medications as the leading cause (53.69%), followed by household product exposure (26.64%) and food poisoning (19.67%). Seasonal trends show a peak in poisoning incidents during summer. Despite mild symptoms in most cases, the findings emphasize the need for preventive measures, including improved storage of toxic agents, to mitigate pediatric poisoning risks.

Keywords: Pediatric Poisoning, Retrospective Study, Libya, Public Health

EFFECTS OF PROLACTIN ALTERATIONS ON MALE REPRODUCTIVE FUNCTION IN WHITE RATS

Hassan Ali, Luka Novak, Samuel Kofi

- Hassan Ali, Department of Biomedical Sciences, Cairo University, Egypt
- Luka Novak, Faculty of Biological Sciences, University of Ljubljana, Slovenia
- Samuel Kofi, Department of Veterinary Medicine, University of Ghana, Ghana

Abstract:

This research examines the impact of prolactin variations on male reproductive function using 200 white rats in a controlled study. Rats were categorized into a control group and groups with induced hypo- and hyperprolactinemia via pharmacological methods. Serum prolactin levels and seminal fluid parameters were analyzed after 100 days. Findings show significant differences in prolactin concentrations and seminal fluid characteristics between the experimental and control groups, with more pronounced effects correlating with higher prolactin levels. This study underscores the role of prolactin in male fertility, providing a foundation for exploring therapeutic approaches for endocrine-related infertility.

Keywords: Prolactin, Male Fertility, Seminal Fluid Analysis, Endocrine Studies

IMPACT OF DEXAMETHASONE ON REPRODUCTIVE HEALTH IN JUVENILE RATS

A. Rahimi, M. Amara

Institute of Biological Sciences, Universitas Lampung – Indonesia

Abstract:

Dexamethasone (Dex), a widely used synthetic glucocorticoid, is known for its therapeutic benefits but poses significant risks to endocrine health, particularly when administered in high doses over extended periods. This study investigates the impact of Dex on the testicular function of prepubertal Wistar rats. Newborn rats received intraperitoneal injections of Dex (1 µg per 5 g body weight) for 20 days, followed by assessment at 40 days of age. The control group was administered saline (NaCl 0.9%). Key metrics, including body weight, testis weight, and plasma levels of testosterone, LH, and FSH, were analyzed alongside histological examinations of testicular tissue. Dex-treated rats exhibited significant reductions in body weight, testicular mass, and hormone levels, with notable disruptions in seminiferous tubule structure and spermatogenesis. These findings underscore the long-term adverse effects of neonatal Dex exposure on male reproductive health, raising concerns about its clinical use in pediatric populations.

Keywords: Dexamethasone, testosterone, LH, FSH, testis, Wistar rats

INTEGRATED APPROACHES TO SMART MANUFACTURING AND MECHATRONICS DESIGN

Dr. Taro Nakamura, Department of Mechanical Engineering, Kyushu Institute of Technology,
Japan

Dr. Sophia Akintola, Department of Mechatronics, Federal University of Technology, Nigeria

Abstract:

This paper investigates the interplay between smart manufacturing technologies and innovative mechatronic systems, highlighting advanced methodologies and applications. It comprehensively examines the role of intelligent control algorithms, sustainable materials, and the integration of AI-driven systems into traditional engineering frameworks. The study provides insights into the transformation of industries such as robotics, precision agriculture, and renewable energy by adopting cutting-edge technologies. Detailed case studies and experimental evaluations underscore the practical implications of these developments, offering a roadmap for future innovations in the field. The findings emphasize the pivotal role of smart systems in enhancing efficiency, reducing costs, and driving industrial sustainability.

Keywords : Smart manufacturing, mechatronics, AI-driven systems, industrial automation.

ADVANCED SIMULATION TECHNIQUES FOR ELECTRIC SKID-STEERING VEHICLES

Dr. Amara Diouf, Department of Mechanical Engineering, University of Dakar, Senegal
Dr. Pieter van der Meer, Department of Robotics, Eindhoven University of Technology,
Netherlands

Abstract:

This research presents a dynamic simulation framework for analyzing the behavior of 6×6 electric skid-steering vehicles using a synergy of Trucksim and Simulink platforms. By replacing traditional steering mechanisms with advanced electric skid-steering systems, the study validates control algorithms for vehicle speed and yaw rate through closed-loop modeling. Comparative analyses reveal strong alignment between theoretical predictions and simulation outcomes, verifying the model's robustness. Additionally, a novel feedforward control strategy is implemented, significantly improving maneuverability by achieving precise yaw rate targets. The findings provide valuable tools for optimizing control algorithms and expanding applications in autonomous vehicle technology.

Keywords : Skid-steering, dynamic simulation, control algorithms, autonomous vehicles.

ANALYSIS OF EXPANSION-INDUCED IRONING IN ADVANCED WELL CASING TECHNOLOGIES

Dr. Rodrigo Souza, Department of Petroleum Engineering, Federal University of Bahia,
Brazil

Dr. Aisha El-Sayed, Department of Mechanical Engineering, Ain Shams University, Egypt

Abstract:

This study delves into the mechanics of ironing in mono-diameter well casing expansions, offering a detailed exploration of the pressures and forces involved. The mono-diameter well design, with its consistent inner diameter, addresses critical industry needs for increased production capacity and environmental sustainability. Employing a physical model, the study calculates stresses, strains, and expansion dimensions under varying conditions, focusing on free casing and overlap expansion scenarios. Key parameters, including cement layer properties and casing material characteristics, are analyzed to predict axial strain and ironing onset. Validated by Finite Element simulations and experimental data, the model sheds light on the challenges and solutions in casing expansion technologies, paving the way for future advancements.

Keywords: Well casing, mono-diameter expansion, finite element analysis, petroleum engineering.

DEVELOPMENT OF INDOOR DRONE SYSTEMS FOR CREATIVE INDUSTRY INNOVATIONS

Dr. Musa Khan, Department of Robotics, National University of Technology, Pakistan

Dr. Laura Ricci, Department of Computer Vision, University of Florence, Italy

Abstract:

This paper explores the application of innovative drone technologies tailored to indoor use within the creative industries. Focusing on the AiRT system, the study addresses challenges such as stable flight and accurate positioning in confined spaces. A novel integration of ultra-wide band (UWB) positioning systems and RGB-D cameras enables advanced 3D environmental mapping and pre-programmed automated flights. User-friendly designs ensure accessibility for non-expert operators. Initial findings demonstrate the potential of these drones to revolutionize creative workflows, from cinematography to virtual production, highlighting their role in unlocking new economic opportunities within the sector.

Keyword: Indoor drones, UWB positioning, 3D mapping, automation in creative industries.

EMOTIONALLY INTELLIGENT ROBOTS FOR SOCIAL INTERACTION

Dr. Sarah Kim, Department of Robotics, Seoul National University of Science and
Technology, South Korea

Dr. João Silva, Department of Cognitive Science, University of Porto, Portugal

Abstract:

This study focuses on enhancing the emotional intelligence of humanoid robots to enable more intuitive human-robot interactions. By leveraging Affective Computing, the research integrates techniques from psychology and artificial intelligence to improve emotion recognition capabilities. The humanoid robot Pepper was evaluated for its ability to interpret basic emotional expressions through facial analysis, comparing its performance with state-of-the-art methods. Experiments using both controlled databases and real-world interactions reveal critical insights into detection accuracy and system limitations. These findings lay the groundwork for developing emotionally aware robots capable of adapting to human behaviors and fostering meaningful social engagement.

Key words: Humanoid robots, affective computing, emotion recognition, human-robot interaction.

ADVANCING EMOTION-SENSITIVE AI IN ROBOTIC SYSTEMS: A STUDY OF MULTIMODAL EMOTION RECOGNITION APPROACHES

Adebayo Okoro, Li Wei, Maria Nunes

University: Federal University of Technology Akure, Nigeria

Abstract:

The integration of emotional intelligence in humanoid robots has become a cornerstone in enhancing human-robot interaction. This study focuses on developing and evaluating multimodal emotion recognition techniques to improve the adaptability of robots in social contexts. By analyzing emotional cues from facial expressions, vocal tones, gestures, and textual content, the research bridges the interdisciplinary fields of affective computing, cognitive science, and robotics. The experiments involve assessing the humanoid robot Nao's ability to recognize basic emotions and comparing its performance with advanced emotion recognition algorithms across diverse datasets and real-world interactions. The findings reveal that techniques leveraging real emotional responses outperform those relying solely on theoretical datasets. The research further emphasizes the importance of incorporating genuine emotional data in model training to achieve accurate and empathetic robot responses.

Keywords: Emotional Intelligence, Multimodal Emotion Recognition, Affective Computing, Humanoid Robots, Human-Robot Interaction

IMPACT ASSESSMENT OF LEAN MANUFACTURING ON ORGANIZATIONAL SUCCESS: A STRUCTURAL ANALYSIS FRAMEWORK

Tariro Chikafu,

University: Midlands State University, Zimbabwe

Abstract:

This study presents a novel structural framework for evaluating the impacts of Lean manufacturing on organizational efficiency and performance. By reviewing existing literature and utilizing Pareto analysis, the research identifies critical Lean constructs integral to effective performance measurement. Employing Structural Equation Modeling (SEM), the framework elucidates latent variables associated with Lean practices, offering an adaptable tool for diverse industries. The proposed model facilitates the quantification of Lean benefits, addressing common challenges faced by organizations in adopting and evaluating Lean methodologies. The findings underscore the significance of tailored measurement systems aligned with specific industrial requirements, ensuring sustainable improvement in organizational practices.

Keywords: Lean Manufacturing, Structural Equation Modeling, Performance Measurement, Organizational Efficiency

DESIGN AND ANALYSIS OF A DUAL-ACTUATED MICROGRIPPER FOR BIOMEDICAL APPLICATIONS

Mariam Sow, Javier Rodríguez, Wei Zhang

University: Kwame Nkrumah University of Science and Technology, Ghana

Abstract:

This research details the design, simulation, and evaluation of a dual-actuated electro-thermal microgripper optimized for micro-assembly and biomedical cell manipulation. The design integrates advanced geometrical configurations and material properties to enhance precision and reliability. Using Finite Element Methods via COMSOL Multiphysics, the study analyzes temperature distribution, displacement control, and operational efficiency under various conditions. The results highlight the microgripper's suitability for industrial and biomedical applications, showcasing superior performance in handling delicate tasks with high precision. The incorporation of optical measurement tools further refines the microgripper's operational accuracy, ensuring its adaptability in diverse fields.

Keywords: Microgripper, Electro-Thermal Actuation, Finite Element Analysis, Biomedical Engineerin

ROBUST CONTROL STRATEGIES FOR 3-DOF HELICOPTER DYNAMICS USING LQR-PID TECHNIQUES

**Manuel Silva,
Sophia Kim**

Department of Aerospace Engineering, National University of Portugal, Lisbon, Portugal

Abstract

Helicopter control presents significant challenges due to its inherently unstable dynamics and strong coupling between degrees of freedom. This study explores the application of a hybrid Linear Quadratic Regulator (LQR) and Proportional-Integral-Derivative (PID) control strategy for a three-degree-of-freedom (3-DOF) helicopter system. The LQR approach ensures optimal state feedback control by minimizing a predefined quadratic cost function, while the PID component provides robust disturbance rejection and adaptability in uncertain environments. The integration of these methods is tested through both simulation and experimental setups to evaluate their effectiveness in maintaining stability and improving trajectory tracking under external perturbations. Results indicate that the combined LQR-PID controller significantly enhances dynamic performance compared to conventional PID and LQR-only strategies. The proposed approach demonstrates improved transient response, reduced steady-state error, and greater robustness against model uncertainties. These findings suggest that hybrid control methodologies can be effectively applied to advanced aerospace control systems, providing a foundation for future research in autonomous flight and aerial vehicle stabilization.

Keywords: Helicopter dynamics, LQR-PID control, robust control, trajectory tracking, aerospace systems

IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS

**Fatou Ndiaye,
Dr. Elias Moreno**

Department of Electrical Engineering, Dakar Institute of Technology, Dakar, Senegal

Abstract

Power quality is a critical concern in modern electrical networks, particularly with the increasing integration of renewable energy sources and nonlinear loads. This research presents an adaptive fuzzy logic-based PID control approach for enhancing power quality through active filtering. Traditional PID controllers, while widely used, often struggle with system parameter variations and dynamic disturbances. By integrating fuzzy logic, the proposed controller dynamically adjusts PID gains in real-time, improving response adaptability and robustness. Simulations and experimental validation confirm that the adaptive fuzzy PID controller outperforms conventional fixed-gain PID controllers in mitigating harmonic distortions, compensating reactive power, and stabilizing voltage fluctuations. The study also examines the impact of different membership functions and rule sets on control performance, ensuring optimal parameter tuning for various grid conditions. The results demonstrate that adaptive fuzzy logic-PID control significantly improves total harmonic distortion (THD) levels and enhances overall power system reliability. The findings provide a promising solution for smart grid applications and power quality management in industrial and commercial sectors.

Keywords: Power quality, adaptive fuzzy logic, PID control, active filters, harmonic mitigation

ADVANCED EYE-TRACKING SYSTEM FOR WHEELCHAIR NAVIGATION USING EOG SIGNALS

**Diana Oliveira,
Ahmed Khan**

Affiliation: Department of Biomedical Engineering, University of Porto, Portugal

Abstract:

The ability to navigate independently is a fundamental aspect of mobility, particularly for individuals with severe motor disabilities. Traditional wheelchair control systems often rely on hand movements, which are not feasible for users with limited or no limb function. In this study, we propose an advanced eye-tracking system based on electrooculography (EOG) signals to enable hands-free wheelchair navigation. The system consists of non-invasive electrodes placed around the eyes to capture EOG signals, which are processed using a machine learning algorithm to classify different eye movement patterns corresponding to directional commands. The proposed system was tested on a group of participants with varying levels of motor impairments, and the results demonstrated high accuracy in detecting eye movements and translating them into navigation commands. Compared to existing eye-tracking technologies, the EOG-based system offers a low-cost and reliable alternative, reducing dependency on complex camera-based systems. Additionally, the system was integrated with a real-time control interface for smooth and responsive wheelchair movement. The findings suggest that EOG-based eye-tracking technology can significantly improve the independence and quality of life of individuals with severe disabilities by providing an intuitive and efficient method of wheelchair control. Future research will focus on enhancing the adaptability of the system by incorporating artificial intelligence techniques to refine movement classification.

Keywords: Eye-tracking, Electrooculography, Assistive Technology, Wheelchair Navigation

DESIGN OF LOW-COST EMG SIGNAL AMPLIFIERS FOR WEARABLE TECHNOLOGIES

**Ahmed O. Ibrahim,
Chike N. Okeke,
Sophia Mensah**

Affiliation: Department of Electrical and Electronic Engineering, University of Lagos,
Nigeria

Abstract:

Electromyography (EMG) has emerged as a crucial tool in biomedical and wearable technologies, particularly in prosthetic control, rehabilitation, and human-computer interaction. However, the high cost of EMG acquisition and signal amplification systems remains a significant barrier to accessibility and widespread adoption. This study presents the design and development of a low-cost EMG signal amplifier optimized for wearable applications. The amplifier is based on a high-gain, low-noise instrumentation amplifier integrated with active filtering circuits to enhance signal quality while minimizing power consumption. The device was fabricated using affordable components and tested with various muscle activation scenarios to evaluate its performance in real-world conditions. Results showed that the proposed amplifier could reliably detect and amplify EMG signals with a high signal-to-noise ratio, making it suitable for applications such as prosthetics and gesture recognition. The cost analysis indicated that the developed system is significantly more affordable than commercially available alternatives, making it a viable option for use in resource-limited settings. Further improvements, including wireless data transmission and machine learning-based signal processing, will be explored to enhance the usability and effectiveness of the amplifier in real-world applications.

Keywords: Electromyography, Wearable Technology, Biomedical Signal Processing, Low-Cost Amplifier

PERFORMANCE ENHANCEMENT OF SINGLE-PHASE INVERTERS USING PWM CONTROL METHODS

Dr. João P. Silva, Maria C. Costa

University of Lisbon, Portugal

Single-phase inverters play a crucial role in various power electronic applications, including renewable energy systems and uninterruptible power supplies. The performance of these inverters significantly depends on the applied control techniques. Pulse Width Modulation (PWM) control methods have emerged as an effective approach to improve the efficiency and output quality of single-phase inverters. This study investigates the impact of different PWM control strategies, including sinusoidal PWM (SPWM), space vector PWM (SVPWM), and hysteresis current control, on the overall performance of single-phase inverters. A comparative analysis is conducted to evaluate key parameters such as total harmonic distortion (THD), voltage regulation, and dynamic response under various load conditions. The research findings indicate that advanced PWM techniques, particularly SVPWM, can substantially reduce harmonic distortion and enhance the power conversion efficiency. Moreover, the implementation of adaptive PWM schemes is explored to optimize inverter performance under varying load conditions. The experimental setup includes a hardware prototype developed to validate the theoretical analysis. The results confirm that employing optimized PWM control methods leads to improved inverter operation, making them more suitable for integration into modern power systems. This study contributes to the ongoing advancements in inverter technology by providing insights into the optimal selection and implementation of PWM control methods for enhanced performance and reliability.

Keywords: Single-phase inverter, PWM control, total harmonic distortion, space vector modulation, power electronics.

LOAD FREQUENCY CONTROL OPTIMIZATION VIA GENETIC ALGORITHM APPROACHES

Dr. Wanjiku N. Mwangi, Dr. Joseph A. Otieno

University of Nairobi, Kenya

Load Frequency Control (LFC) is a critical aspect of power system stability, ensuring that frequency deviations are minimized to maintain a reliable electrical grid. Traditional control strategies, such as proportional-integral-derivative (PID) controllers, have been widely employed; however, their performance is often limited under dynamic operating conditions. This study explores the application of Genetic Algorithm (GA)-based optimization techniques to enhance LFC performance in multi-area power systems. The proposed approach involves tuning the controller parameters using GA to minimize frequency deviations and improve transient response characteristics. A comparative analysis is conducted between conventional PID controllers and GA-optimized controllers under different load disturbance scenarios. Simulation results demonstrate that the GA-optimized controller exhibits superior performance in terms of settling time, overshoot reduction, and robustness against system uncertainties. Additionally, the study investigates the feasibility of integrating GA with other intelligent optimization techniques, such as particle swarm optimization (PSO) and fuzzy logic control, to further enhance system reliability. The findings indicate that AI-driven optimization techniques can significantly improve LFC performance, making them viable for real-world power system applications. The research provides valuable insights into the development of advanced control strategies for modern power networks, particularly in regions experiencing rapid grid expansion and renewable energy integration.

Keywords: Load frequency control, genetic algorithm, power system stability, intelligent optimization, PID controller.

AERODYNAMIC ANALYSIS OF MORPHING STABILIZERS FOR EXECUTIVE AIRCRAFT

Hassan M. Yusuf, Yoon S. Park, Fatima B. Sadiq

Department of Aerospace Engineering, Seoul National University, South Korea

Abstract

Morphing stabilizers have emerged as a promising technology for improving the aerodynamic efficiency of executive aircraft. These stabilizers adapt dynamically to varying flight conditions, optimizing lift, drag, and overall flight stability. This study presents a comprehensive aerodynamic analysis of morphing stabilizers using computational fluid dynamics (CFD) simulations and wind tunnel testing. The research focuses on shape optimization, structural integrity, and control mechanisms necessary for effective deployment in high-speed executive jets. The study employs a hybrid approach combining Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) simulations with experimental validations to assess performance under different flight regimes. The results indicate that morphing stabilizers can reduce drag by up to 12% and enhance lift-to-drag ratios significantly, leading to improved fuel efficiency and maneuverability. Additionally, the integration of adaptive control strategies ensures seamless operation across varying atmospheric conditions. The findings contribute to the growing field of smart aerodynamic structures, paving the way for their implementation in next-generation aircraft design.

Keywords: Morphing stabilizers, aerodynamic efficiency, computational fluid dynamics, executive aircraft

ROBUST CONTROL STRATEGIES FOR 3-DOF HELICOPTER DYNAMICS USING LQR-PID TECHNIQUES

Manuel Silva, Aisha Ahmed, Sophia Kim
Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Technical University of Lisbon, Portugal

Three-degree-of-freedom (3-DOF) helicopters are widely used in control systems research to test advanced flight control strategies. This study investigates the implementation of Linear Quadratic Regulator (LQR) and Proportional-Integral-Derivative (PID) control techniques for stabilizing and maneuvering a 3-DOF helicopter system. The research involves mathematical modeling of the helicopter dynamics, state-space representation, and control optimization using MATLAB/Simulink simulations. By employing a hybrid LQR-PID approach, the study demonstrates improved stability, reduced overshoot, and faster settling times compared to conventional PID controllers alone. Experimental validation is conducted using a physical 3-DOF helicopter test rig, confirming the effectiveness of the proposed control scheme. The findings highlight the potential of LQR-PID control for enhancing the precision and robustness of autonomous flight systems in both civilian and military applications.

Keywords: 3-DOF helicopter, LQR-PID control, flight dynamics, autonomous systems

IMPROVING POWER QUALITY WITH ADAPTIVE FUZZY LOGIC-BASED PID CONTROL IN ACTIVE FILTERS

Fatou Ndiaye, Dr. Elias Moreno

Department of Electrical and Computer Engineering, University of Dakar, Senegal

Abstract: Power quality is a crucial factor in modern electrical networks, directly impacting efficiency and reliability. This study explores the application of an adaptive fuzzy logic-based Proportional-Integral-Derivative (PID) controller for active power filters (APFs) to mitigate harmonic distortions and improve voltage stability. The proposed control scheme dynamically adjusts PID parameters using fuzzy logic inference, ensuring optimal performance under varying load conditions. MATLAB/Simulink simulations and real-time hardware implementation are carried out to evaluate the system's effectiveness in reducing Total Harmonic Distortion (THD). The results indicate a significant reduction in THD, improved power factor correction, and enhanced voltage regulation. Compared to traditional fixed-parameter PID controllers, the adaptive fuzzy logic approach demonstrates superior adaptability and robustness in fluctuating power demand environments. This research contributes to the development of intelligent power quality solutions for industrial and commercial electrical systems.

Keywords: Power quality, adaptive fuzzy logic, PID control, active filters