



ISPARTA
UYGULAMALI BİLİMLER
ÜNİVERSİTESİ

YALVAÇ AKADEMİ DERGİSİ (JOURNAL OF YALVAC ACADEMY)



<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yalvac>

e-ISSN: 2548-0820



Yıl
2024

Cilt
9

Sayı
2

YALVAÇ AKADEMİ DERGİSİ

(Journal of Yalvaç Academy)

Yıl: 2024

Cilt: 9

Sayı: 2

Sahibi

Prof. Dr. Yılmaz ÇATAL
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Sorumlu Müdür

Birgül HUBAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Baş Editör

Remzi GÜRFİDAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Editörler

Ömer ERDOĞAN
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

İsmail İlke KÖSE
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Editör Kurulu Sekreterleri

Arda ATMACA
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi

Yazışma Adresi

Yalvaç Akademi Dergisi
Sekretarya Ofisi
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Yalvaç Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu
Yalvaç / Isparta / Türkiye

İletişim

Tel: +9 0246 441 43 34- 0246 441 70 16

E-mail: yalvacakademi@gmail.com

YALVAÇ AKADEMİ DERGİSİ

(Journal of Yalvaç Academy)

Year: 2024

Volume: 9

Issue: 2

Editör Kurulu (Editorial Board)

Prof. Dr. Kamaruzzaman SEMAN Sains Islam Malaysia University, MALAYSIAN

Prof. Dr. Tahir TİLKİ Süleyman Demirel University, TURKEY

Assoc. Prof Dr. Azni Haslizan AB HALİM, Sains Islam Malaysia University, MALAYSIAN

Assoc. Prof Dr. Halil ŞENOL, Giresun University, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Chinmay Chakraborty, Birla Institute of Technology, INDIA

Asst. Prof. Dr. Ayhan ARISOY, Mehmet Akif Ersoy University, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Kemal ERTEN, Isparta University of Applied Sciences, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Ömer ERDOĞAN, Isparta University of Applied Sciences, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Seda TÖZÜM AKGÜL, Isparta University of Applied Sciences, TURKEY

Asst. Prof. Dr. Merve ARISOY, Mehmet Akif Ersoy University, TURKEY

JOURNAL OF YALVAÇ ACADEMY

(YALVAÇ AKADEMİ DERGİSİ)

Year: 2024

Volume: 9

Issue: 2

CONTENTS

PAGE

Araştırma Makaleleri

A STUDY ON THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BUILDING MATERIALS

Yusuf Tahir ALTUNCI.....56-60

COMPARISON OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR DETECTION OF DATA EXFILTRATION OVER DNS

Enes AÇIKGÖZOĞLU.....61-70

ORMAN ALANLARININ ORMANCILIK DIŞI KULLANILMASINA YÖNELİK UYGULAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

Erman KARAHAN, Türkay TÜRKOĞLU, Ahmet TOLUNAY.....71-80

AŞINMAYA KARŞI DİRENÇLİ MİİLUX450 ÇELİĞİ İLE S235JR YAPI ÇELİĞİNİN KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Ercan KAYA, Mehmet Cengiz KAYACAN.....81-96

HOW SOCIAL MEDIA MARKETINGS AFFECTS CONSUMER PURCHASING BEHAVIOUR ON FASHION

Melis Ece Ozkan... ..97-105

NATURAL LANGUAGE PROCESSING ALGORITHMS AND PERFORMANCE COMPARISON

Ayhan ARISOY.....106-121

ÖĞRENCİ BİLGİ SİSTEMİ İÇİN ROL TABANLI ERİŞİM KONTROLÜ YAKLAŞIMI

Ayhan GÜLTEKİN, Faruk ALTUNTAŞ, Zehra ALTUNTAŞ, Ömer Faruk GERZELİ.....122-128

UÇAK ELEKTRİK-ELEKTRONİĞİNDE GaAs YARIİLETKENLERİNDE AZOT-ARSENİK YER DEĞİŞİMİNİN ELEKTRONİK VE OPTİK ÖZELLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İsmail YÜCEL129-137

YAPAY ZEKÂ UYGULAMASI İLE GÜNEŞ PANELİ SİSTEMİ ENERJİ ÜRETİMİ TAHMİNİ

Deniz ÖZER, Bekir AKSOY.....138-151

UZAKTAN ÇALIŞMA YÖNTEMİ VE BİREYSEL SOSYALLEŞME: ÇALIŞANLARIN İŞ ORTAMINDA SOSYAL İLİŞKİLERİ ÜZERİNE BİR İNCELEME

Zeynep AKKUŞ.....152-164

COMPARISON OF SPATIAL RELATIONS IN MENZİL COMPLEXES ON THE HISTORIC ROUTES OF ANATOLIA

Funda GENÇER.....165-178



A STUDY ON THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BUILDING MATERIALS

Yusuf Tahir ALTUNCI

Isparta University of Applied Sciences, Vocational School of Technical Sciences, yusufaltunci@isparta.edu.tr, Turkey

DOI: 10.57120/yalvac.1551395

Özet: Yapı malzemesi sektörü büyük bir sektördür. Yapı maliyetleri kullanılan yapı malzemelerinin fiyatlarına bağlıdır. Yapı malzemelerinin üretim, kullanım ve bertaraf aşamalarında çevreye verilecek zararları en aza indirmek için ilgili standartlara göre üretilmiş, kalite kontrolden geçmiş yapı malzemelerini tercih etmek önemlidir. Ayrıca geri dönüşüm ve sürdürülebilirliğe de dikkat etmek gerekmektedir. Bu bağlamda; çalışmada bazı yapı malzemelerinin çevresel etkileri irdelenmiş ve alınması gereken bazı önlemlerden bahsedilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapı Malzemesi, Çevresel Etki, Sürdürülebilirlik, Geri Dönüşüm

Abstract: The construction materials sector is a major industry. The cost of construction is influenced by the prices of the materials used. It is crucial to select building materials that are produced according to relevant standards and have passed quality control to minimize the environmental damage during their production, use, and disposal phases. Additionally, attention should be given to recycling and sustainability. In this context, the environmental impacts of certain construction materials have been examined in the study, and some recommended measures have been discussed.

Keywords: Building Material, Environmental Impact, Sustainability, Recycling

1. INTRODUCTION

Any material used in the construction of underground, aboveground, and water facilities is referred to as a building material. Materials such as cement, aggregate, mortar, concrete, reinforced concrete, steel, wood, ceramic, laminate, paint, aluminium, glass, fiberglass, stone wool, etc., are examples of building materials. The choice of building materials varies from person to person depending on the purpose of use and personal preference. Since a significant portion of construction costs depends on the price of the materials used, the building materials sector is vast and highly competitive. For this reason, companies compete not only to produce high-quality products but also to manufacture sustainable and environmentally friendly building materials. There is a wide variety of building materials available in the market [1]. It is important to choose materials that are produced according to the relevant standards, have passed quality control, and are environmentally friendly and sustainable. A significant portion of global waste comes from construction debris, necessitating the development of strategies for reducing waste and managing non-recyclable materials [2]. Since the construction industry is one of the largest contributors to global carbon emissions, it is essential to analyse the carbon footprints of building materials and implement improvements accordingly [3]. Transitioning building materials to more sustainable practices helps prevent resource depletion and reduces environmental damage [4]. Given that many building materials, such as cement, steel, and glass, consume large amounts of energy and natural resources during production, optimizing resource use is of paramount importance [5]. In this context, the study discusses the major environmental impacts of building materials and the necessary measures to be taken.

2. MAJOR ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BUILDING MATERIALS

The negative environmental impacts of building materials encompass a process that begins with the production phase and extends through to their use, recycling, and disposal stages [6]. These adverse effects lead to:

- Increased energy consumption
- Increased water consumption
- The gradual depletion of natural resources

- The disruption of ecological balance
- The reduction of agricultural land
- Soil pollution
- Emissions from hazardous chemical sources
- An increase in CO₂ emissions
- Increased environmental pollution
- The generation of non-recyclable construction waste

and costs that are economically unsustainable due to recycling expenses [7].

The production of many building materials requires a large amount of energy [8]. Materials such as cement, steel, aluminium, brick, ceramics, asphalt, and glass require high energy during their production. Since clinker, the main raw material of cement, is produced at very high temperatures, the use of coal and other fossil fuels is necessary [9]. Steel, being a material that is melted and shaped at high temperatures, requires a process that uses both electrical energy and fossil fuels. The process of smelting and electrolyzing aluminium from bauxite ore consumes a significant amount of electrical energy [10]. The production of glass similarly involves one of the most energy-intensive processes. The production, heating, and laying processes of asphalt are completed using high energy. Since bricks, ceramics, and porcelain are produced at high temperatures, they undergo an energy-intensive production process.

The controlled cooling of clinker, steel, aluminium, and glass is achieved with water. Water is also required for the processing and shaping of materials such as ceramics, porcelain, bricks, and tiles. The preparation of mortar and concrete mixtures, the initiation of hydration, and the curing processes can only be performed with water. Additionally, factories producing powder-binding materials must use water to manage dust control for occupational health and safety reasons. Some factories also use water-based filters in their air filtration systems [11]. Examples of water use in relevant areas include machinery and equipment cleaning, chemical process additives, and raw material washing processes [12]. Natural resources are consumed during processes such as the extraction, processing, and transportation of raw materials required for the production of building materials [13]. For example, limestone is used for cement, iron-rich ores are used for steel, silica sand is used for glass, and natural sand and gravel are used for aggregates. The processing and transportation of these materials require direct or indirect fossil fuels. Water is also an additional resource to be considered for this group.

Quarries such as marble quarries, aggregate quarries, and clinker raw material quarries are areas created specifically for building material production from natural resources. Since these areas are used for production purposes, they directly harm the environment and the ecological balance [14]. They also cause damage to natural habitats and degrade the soil fertility of the region. The use of limited regional water resources in building material production facilities reduces the amount of water available for agricultural irrigation, leading to decreased productivity of agricultural land. Restoring quarries, such as marble and aggregate quarries, to their original state is both difficult and often results in an inability to return to their previous condition.

The dust and chemicals released during the production of materials such as cement, steel, lead, and glass accumulate on the soil in the area, leading to soil contamination and subsequent loss of fertility. Additionally, if the disposal of chemical waste generated during the production of building materials is not managed properly, it can seep into the soil surface, causing soil pollution [15]. The production of artificial wood materials such as MDF (Medium Density Fibreboard), HDF (High Density Fibreboard), OSB (Oriented Strand Board), Plywood (Magnetic Board), and composite wood (Wood Plastic Composite - WPC) releases highly hazardous chemical gases [16]. Additionally, during both the production and application phases of cement-based composite materials, hazardous chemicals are released into the atmosphere. During the industrial production of fundamental building materials such as cement, steel, aluminium, bricks, and ceramics, coal is commonly used as an energy source [17]. As a fossil fuel, coal releases a high amount of CO₂ into the atmosphere once it begins to burn, contributing to air pollution. Additionally, it is known that a significant portion of global CO₂ emissions is due to cement production [18].

In addition, sulphur dioxide, which is released during the combustion of fossil fuels such as petroleum, is a gas that is heavily emitted from cement, steel, and metal production facilities [19]. Nitrogen oxides, another harmful type of gas, are also released during the combustion of fossil fuels and contribute to the depletion of the ozone layer [20]. Volatile Organic Compounds (VOCs), which are released during the production of paints, adhesives, solvents, and engineered wood materials like MDF and OSB, are harmful organic gases [21]. These compounds belong to the group of gases that are most hazardous to human health [22]. Methane, a harmful greenhouse gas, is released during the decomposition of organic matter in construction and landfill sites [23]. All of these gases harm the ozone layer and negatively impact human health.

Demolishing a building and recycling all of its materials is very difficult [24]. For example, since reinforced concrete is a composite material, removing the reinforcement, converting the concrete into aggregate, and separately recycling the plaster, paint, and other materials such as plumbing fixtures from the concrete in a homogeneous manner is not cost-effective. In contrast, it is more feasible to recycle expensive materials like plastics, aluminium, and metals [25]. Other materials are typically discarded as debris due to the recycling costs, contributing to environmental pollution.

3. RESULTS AND DISCUSSIONS

Because water resources are limited, the use of sustainable and recyclable water in building material production is important from both environmental and economic perspectives. The use of recyclable and sustainable materials in areas such as marble quarries, aggregate quarries, and clinker quarries is necessary to protect natural resources and maintain ecological balance, as these areas harm natural resources. Regulations are needed to prevent building material production areas from negatively impacting agricultural land. Additionally, sustainable methods should be implemented to prevent soil pollution [26]. Especially during the production of artificial wood, hazardous chemical emissions are released, and significant amounts of CO₂ are emitted during cement production. Therefore, restriction plans should be developed for the establishment and expansion of cement production facilities, and strategies from similar countries should be reviewed. Relevant authorities should take necessary measures to prevent uncontrolled dumping of construction waste as debris.

4. CONCLUSIONS

In this study, which investigates the environmental impacts of certain building materials, the negative effects occurring throughout the process from production to use, recycling, and disposal have been examined. The results obtained from the study are summarized below.

- Using alternative energy sources such as wastewater treatment sludge as fuel in industrial production will provide both environmental and economic benefits.
- Utilizing water purified of oxygen and bacteria from wastewater treatment sludge in building material production will help prevent the depletion of water resources.
- Preferring recyclable and sustainable materials in building material production will help conserve natural resources and maintain ecological balance.
- Expanding and preparing environmental impact assessment reports will particularly contribute to the protection of agricultural lands.
- Proper disposal of waste generated in building material production will prevent soil pollution.
- Frequent and thorough maintenance and inspection of filters in cement factories and industrial facilities producing artificial wood materials will ensure the health and longevity of people living in the area.
- Encouraging the recycling of construction waste will provide both economic and environmental benefits.

Acknowledgement

ChatGPT 3.5 was utilized for translating the manuscript into English and for proofreading.

REFERENCES

1. Oğurlu İ (2024) Doğal-Ekolojik Üç Yapı Malzemesi Taş Kerpiç ve Ahşabın Sürdürülebilirlik Analizi. *Eur J Sci Technol* 150–167. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10646951>
2. Hossain R, Islam MT, Ghose A, Sahajwalla V (2022) Full circle: Challenges and prospects for plastic waste management in Australia to achieve circular economy. *J Clean Prod* 368:133127. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2022.133127>
3. Onat NC, Kucukvar M (2020) Carbon footprint of construction industry: A global review and supply chain analysis. *Renew Sustain Energy Rev* 124:109783. <https://doi.org/10.1016/J.RSER.2020.109783>
4. Gorman MR, Dzombak DA (2018) A review of sustainable mining and resource management: Transitioning from the life cycle of the mine to the life cycle of the mineral. *Resour Conserv Recycl* 137:281–291. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2018.06.001>
5. Nidheesh P V., Kumar MS (2019) An overview of environmental sustainability in cement and steel production. *J Clean Prod* 231:856–871. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.05.251>
6. Abdulwahab Mohammed Mohsen Al-Huthaifi A (2021) Yapi Sektöründe Uygulanan Yaşam Döngüsü

- Değerlendirmesinde Karşılaşılan Sorunlara Çözüm Önerileri. MAS J Appl Sci 7:194–210. <https://doi.org/10.52520/maşjaps.47>
7. Orlu KZ, Karadayı TT (2020) İç Mekan Hava Kalitesinde Yapı Malzemelerinin Rolü A Research About The Effect Of Building Materials On Indoor Air Quality. Sinop Üniversitesi Fen Bilim Derg 5:193–211
 8. Salgın B, Aydın İpekçi C, Coşgun N, Tıkansak Karadayı T (2021) Enerji ve Ham Madde Korunumu Açısından Yapısal Atıkların Yeniden Kullanımına/Geri Dönüşümüne Yönelik Bir Değerlendirme. Mimar Bilim ve Uygulamaları Derg 6:526–537. <https://doi.org/10.30785/mbud.927981>
 9. Didem Tunçez F (2021) Sürdürülebilir Çimento Üretiminde Çevre Yönetimi Yasal Bileşenleri. Ulus Çevre Bilim Araştırma Derg 4:41–56
 10. Ediz Ç (2011) Fen Bilimleri Enstitüsü Makine ve İmalat Mühendisliği Alüminyumun Geri Dönüşüm Süreci ve Süreçte Kullanılan Malzemelerin Alüminyum Bileşenlerine Etkileri
 11. Ozgen S (2024) Methods for particulate matter emission reduction from pellet boilers. Biomass Convers Biorefinery 14:8189–8213. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-03045-4>
 12. Başar HM, Güzel B, Özer-Erdoğan P, et al (2018) Deniz dibi tarama malzemesinin faydalı kullanımı için yıkama-eleme tesisi tasarımı ve yıkama-eleme prosesi atıksuyunun yönetimi. Sak Univ J Sci 22:735–747. <https://doi.org/10.16984/saufenbilder.336784>
 13. Güner A, Güner A. (2020) European Journal of Engineering and Applied Sciences Derleme Makalesi. Eur J Eng App Sci 3:18–26
 14. Aras AE (2022) Maden Sahalarının İşletme Sonrası Agropark Olarak Değerlendirilme Olanaklarının İrdelenmesi: Aydın İli Söke İlçesi Örneği
 15. Siddiqua A, Hahladakis JN, Al-Attia WAKA (2022) An overview of the environmental pollution and health effects associated with waste landfilling and open dumping. Environ Sci Pollut Res 29:58514–58536. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21578-z>
 16. Zhao JR, Zheng R, Tang J, et al (2022) A mini-review on building insulation materials from perspective of plastic pollution: Current issues and natural fibres as a possible solution. J Hazard Mater 438:129449. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129449>
 17. Rende K, Çakmak EG, Doğan T, Karahan Ş (2017) Türkiye İmalat Sanayinde Atıkların Alternatif Yakıt Ve Ham Madde Olarak Kullanımı : Diğer Metalik Olmayan Mineral Ürünlerin İmalatı Sektörü
 18. Zheng C, Zhang H, Cai X, et al (2021) Characteristics of CO₂ and atmospheric pollutant emissions from China's cement industry: A life-cycle perspective. J Clean Prod 282:124533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124533>
 19. Raj A, Ibrahim S, Jagannath A (2020) Combustion kinetics of H₂S and other sulfurous species with relevance to industrial processes. Prog Energy Combust Sci 80:100848. <https://doi.org/10.1016/J.PECS.2020.100848>
 20. Gaffney JS, Marley NA (2009) The impacts of combustion emissions on air quality and climate – From coal to biofuels and beyond. Atmos Environ 43:23–36. <https://doi.org/10.1016/J.ATMOSENV.2008.09.016>
 21. Adamová T, Hradecký J, Pánek M (2020) Volatile organic compounds (VOCs) from wood and wood-based panels: Methods for evaluation, potential health risks, and mitigation. Polymers (Basel) 12:1–21. <https://doi.org/10.3390/polym12102289>
 22. Huang B, Lei C, Wei C, Zeng G (2014) Chlorinated volatile organic compounds (Cl-VOCs) in environment — sources, potential human health impacts, and current remediation technologies. Environ Int 71:118–138. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.06.013>
 23. Yaashikaa PR, Kumar PS, Nhung TC, et al (2022) A review on landfill system for municipal solid wastes: Insight into leachate, gas emissions, environmental and economic analysis. Chemosphere 309:136627. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2022.136627>
 24. Çankal D, Şakar G (2021) Sürdürülebilir Yapılar İçin Ahşap ve Lamine Ahşabın Lifli Polimer (FRP) Malzemeler ile Güçlendirilmesinin Değerlendirilmesi Evaluation of Reinforcement of Timber and

Laminated Timber with Fibrous Polymer (FRP) Materials for Sustainable Structures. Chj 2:10–20

25. Akođlu M (2023) Modöler Kompozit Enerji Direklerinin Tasarım, Analiz Ve Üretimi. T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
26. Çam Y (2023) Okyanus Kirliliğine Karşı Yeni Bir Finansal Yöntem: Mavi Tahviller. Abant Sos Bilim Derg 23:421–436. <https://doi.org/10.11616/asbi.1216778>



COMPARISON OF MACHINE LEARNING ALGORITHMS FOR DETECTION OF DATA EXFILTRATION OVER DNS

Enes AÇIKGÖZOĞLU¹ 

¹ Computer Programming, Keçiborlu Vocational School, Isparta University of Applied Sciences, Isparta, TURKIYE

DOI: 10.57120/yalvac.1507402

ÖZET

Günümüzde bilgisayarlar, iş süreçlerinde ve ev kullanıcıları için vazgeçilmezdir. İnternetin yaygın kullanımı, eğitimden araştırmaya pek çok alanda kolaylık sağlamaktadır. Ancak, kullanıcıların çoğu teknik güvenlik önlemlerinden habersizdir ve interneti bilinçsizce kullanmaktadır. Bu durum, siber saldırılara karşı yetersiz güvenlik önlemlerine yol açmaktadır. Bilinçli ve güvenli internet kullanımı için çeşitli eğitimler düzenlenmekte, ancak bu çabalar yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, siber olayları tespit edebilecek ve güvenlik açıklarını kapatacak yapay zeka temelli çözümler gerekli hale gelmektedir. DNS tünelleme, zararlı yazılımların internet üzerinden veri sızdırmak için kullandığı bir yöntemdir. Zafiyetli bilgisayarlar, yanlış DNS sunucularından IP adresi öğrenerek kullanıcıları zor durumlara düşürebilmektedir. Bu tünellemeyi tespit etmek için yenilikçi yöntemler geliştirilmiştir. Bazı yöntemler DNS üzerinden düşük ve yavaş veri sızıntısını gerçek zamanlı tespit edebilmektedirler. Ayrıca, paket uzunluğu ve belirli özellikleri kullanarak yüksek doğruluk ve F-skoru elde eden hibrit DNS tünelleme tespit sistemleri bulunmaktadır. Önbellek özelliklerine duyarlı özelliklere dayalı yöntemler ise düşük yanlış tespit oranlarıyla DNS tünelleme trafiğini etkili bir şekilde karakterize eder. Bu yöntemler, internet güvenliği konusunda etkili stratejiler sunmaktadır. Yapılan bu çalışmada CIC-Bell-DNS-EXF-2021 veri seti üzerinde makine öğrenimi algoritmalarının DNS tünelleme ataklarını tespit etme durumları araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler- CIC-Bell-DNS-EXF-2021, Makine Öğrenmesi, DNS Tünelleme

ABSTRACT

Nowadays, computers are indispensable for business processes and home users. The widespread use of the Internet provides convenience in many areas from education to research. However, most of the users are unaware of technical security measures and use the Internet unconsciously. This situation leads to inadequate security measures against cyber-attacks. Various trainings are organised for conscious and safe internet use, but these efforts are not enough. Therefore, artificial intelligence-based solutions that can detect cyber incidents and close security gaps are becoming necessary. DNS tunnelling is a method used by malware to leak data over the internet. Vulnerable computers can put users in difficult situations by learning IP addresses from the wrong DNS servers. Innovative methods have been developed to detect this tunnelling. Some methods can detect low and slow data leakage through DNS in real time. There are also hybrid DNS tunnelling detection systems that achieve high accuracy and F-score using packet length and specific features. Feature-based methods sensitive to cache characteristics effectively characterise DNS tunnelling traffic with low false detection rates. These methods offer effective strategies for internet security. In this study, the detection of DNS tunnelling attacks by machine learning algorithms on the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset was investigated.

Keywords- CIC-Bell-DNS-EXF-2021, Machine Learning, DNS Tunnelling

1. INTRODUCTION

Cyber attacks have become increasingly sophisticated with the widespread use of the Internet today. In this context, DNS (Domain Name System) tunnelling is one of the methods that pose a major threat to cyber security. DNS tunnelling is a technique used by malicious software for data exfiltration and command and control operations. The fact that DNS is one of the cornerstones of the Internet makes such attacks even more dangerous. Therefore, detecting and preventing DNS tunnelling attacks has become an important part of cyber security strategies.

Detecting DNS tunnelling attacks can be quite challenging with traditional security methods. Since such attacks are usually carried out with low and slow data transfer, they are difficult to detect with ordinary network traffic analyses. In addition, because DNS tunnelling is very similar to standard DNS traffic, firewalls and other security measures often miss these attacks. This suggests the need for more innovative and advanced techniques for early detection and prevention of DNS tunnelling attacks.

Users who do not use the Internet consciously and safely can often encounter bad situations and are negatively affected mentally and socially. Users who surf the internet unconsciously infect their computers with viruses, trojans, etc. They become vulnerable by infecting them with bad software. Vulnerable computers can perform many operations in the background without the user's knowledge. In order to surf the Internet and access a web page, it is necessary to know the IP address of the relevant server. DNS service allows users to navigate on the web using domain names instead of memorising IP addresses. Vulnerable user computers can put users in difficult situations by learning the required IP address from the wrong DNS servers when they want to browse the internet or access a file.

Several research papers propose innovative methods to detect low and slow data leakage and tunnelling through DNS. One approach is the Information Based Heavy Hitters method, which offers real-time detection based on live estimates of the information transmitted to registered domains. This method can detect infiltration rates as slow as 0.7B/s with minimal false positives [1]. Furthermore, a hybrid DNS tunnelling detection system has been developed that uses packet length and selected features for network traffic analysis, achieving high accuracy and F-score in detecting DNS tunnelling attacks [2]. Furthermore, a cache feature-aware feature-based DNS tunnelling detection method is introduced, which demonstrates effective characterisation of DNS tunnelling traffic and offers rule-based and LSTM-based filters for detection with low false detection rates [3]. Collectively, these methods provide effective strategies to combat low and slow data leakage and tunnelling through DNS.

DNS tunnelling can be effectively detected through various methodologies, including the use of cloud-based resources for monitoring and anomaly identification [4] [5]. One approach is to leverage unsupervised machine learning models to detect anomalies in DNS traffic, enabling detection of malicious activities such as data leakage and command and control channels [5]. Furthermore, monitoring the current lengths of DNS subdomains can serve as an effective countermeasure against DNS tunnelling, especially for general Internet users. This can be achieved by analysing the distribution patterns of subdomain lengths to distinguish normal traffic from tunnelling activities [3]. By combining these detection techniques, organisations can build robust monitoring systems to effectively detect and prevent DNS tunnelling and improve their overall cybersecurity posture.

Indicators of DNS tunnelling activities include data exfiltration, misuse of DNS protocols for command and control operations, and bypassing security measures such as captive portals [6]. Detection techniques usually involve monitoring network flows, analysing flow-derived variables and using statistical methods for anomaly detection [7]. With tools such as Elasticsearch facilitating the detection of DNS tunnelling, the use of unique hostnames can be used as a compromise indicator. These indicators then enable blacklists to be applied by administrators who are made aware of the incident [8]. Machine learning frameworks such as neural networks have been proposed for the construction of DNS tunnelling detectors that can effectively distinguish tunnelling DNS packets from normal packets with high accuracy without generating false positives. Furthermore, scoring DNS nameservers based on query data over time can help identify potential DNS tunnelling activities for further investigation and mitigation [9].

In order to detect DNS tunnelling attacks and to test different machine learning algorithms in this area, the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset was created by academics at the University of New Brunswick, Canada. The dataset consists of 641642 benign samples, 53978 mild attack samples and 323698 severe attack samples. Random Forest (RF), Gaussian Naive Bayes (GNB), Multilayer Perceptron (MLP), Logistic Regression (LR) and Support Vector Machine (SVM) machine learning algorithms were experimentally analysed on the dataset [10].

In a study running on devices with Android operating system and proposing an isolated forest-based DNS tunnel detection method, DNS tunnel traffic was collected and analysed. Depending on the DNS request and DNS response, features were extracted and a feature set was created. In this study, KRTunnel, a DNS tunnel detector for mobile devices with android operating system, is proposed. With the proposed KRTunnel, DNS tunnel traffic can be identified with %98.1 accuracy [11].

Mitsubishi et al. developed a malicious DNS tunnelling tool recognition system by analysing DNS traffic over HTTPS. The developed system is based on hierarchical machine learning classification and XGBoost, LightGBM and CatBoost machine learning models with gradient boosting decision tree (GBDT) algorithm, which are known for their high accuracy and short training time, are used for classification. According to the evaluation results, the DNS tunnelling tool system identified malicious DNS traffic with a classification accuracy of %98.02 [12].

In order to intelligently detect DNS tunnel attacks, a proposed system analyses domain features as load-based features, traffic-based features and resolution-based features and extracts representative features from DNS

servers. To classify the DNS tunnel, the Random Forest algorithm is mainly used and a fusion RF-LR model is proposed by taking logistic regression process for each decision tree nodes. The proposed RF-LR model is said to have high detection accuracy and the classification accuracy is given as %98.81 [13].

In a study conducted in 2023, a hybrid DNS tunnelling detection system was proposed with features selected for network traffic and packet length. Test bed and Tabu-PIO feature selection algorithms are used in the system. The proposed approach was shown to achieve %98.3 accuracy and %97.6 F-score on DNS tunnelling datasets [14].

A two-step system using machine learning algorithms and basic features to detect hidden DNS tunnelling traffic over HTTPS was proposed by Wang et al. In the first step, the characteristics of DOH traffic are identified and machine learning methods are used. In the second step, self-collected data and public datasets are used to validate the system. They showed that the proposed system achieved up to %99 accuracy and recall rate [15].

Lal et al. proposed a new DNS tunnel detection technique using the integration of Convolutional Neural Networks (CNN) and Support Vector Machines (SVM) unlike the standard Deep Learning approach. With the proposed technique, they utilised both the precise classification feature of SVM and the automatic feature extraction feature of CNN. The experimental results show that the technique outperforms ensemble-based models with an F1 score of %99.98 and an accuracy of approximately %99.98 [16].

In a study conducted to protect banks from domain name system attacks, a model is proposed in which a system trained with machine learning methods can decide whether to enter the banking network by analysing network packets. Random Forest classifier, Logistic Regression, Support Vector Machine and Gaussian Native Bayes machine learning algorithms were used to train the proposed system. It is stated that the Support Vector Machine method performs better than other methods for detecting domain name server attacks [17].

In another study in the literature, a DNS tunnelling detection method based on cache features was proposed. The proposed method was able to efficiently characterise DNS tunnelling traffic with the given features. In addition, a rule-based filter and a long short-term memory (LSTM) based filter are presented using the proposed features. It is shown that LSTM detects attacks faster, but the rule-based filter detects more DNS tunnelling attacks [18].

DNS tunnelling detection was performed in a study using simple supervised learning schemes applying statistical properties of DNS queries and responses. The emphasis was on detecting small portions of malicious data hidden by DNS communication. Despite the simplicity of the system, it has been shown that good results are achieved by replicating individual detections on successive instances over time and making a global decision through a majority voting scheme [19].

In a study utilising Software Defined Network (SDN) architecture, the problem of DNS-based data leakage detection and mitigation is addressed. Popular DNS data leakage attacks and existing data leakage detection mechanisms are analysed to create a feature set for DNS data leakage detection. In this study, DNSxD implementation is presented and its performance is evaluated by comparing it with existing intrusion detection mechanisms [20].

This study investigates the effectiveness of machine learning algorithms in detecting DNS tunnelling attacks. Various machine learning algorithms (Random Forest, K-Nearest Neighbour, Decision Trees, Extra Trees) are tested on the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset. This study addresses the challenges of detecting DNS tunnelling attacks and proposes an approach that offers higher accuracy and efficiency in this area. Our study aims to contribute to the development of more effective security measures against DNS tunnelling.

2. MATERIAL AND METHOD

2.1. Dataset

The CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset, available from the UNB website, was used to test the classification algorithms. CIC-Bell-DNS-EXF-2021 is a large dataset created by leaking various file types from small to large. The dataset consists of 323,698 severe attacks, 53,978 mild attacks and 949,711 different benign samples and 30 features extracted from these samples. The dataset was analysed on five consecutive days in two categories, light file attack and heavy file attack, and situational and non-situational categorical features were coded. There are six file types in each category: audio, .exe, compressed, text, image and video. The dataset is considered a valuable resource due to the wide scope of the Domain Name System (DNS), its large volume, controlled environment, diverse range of data, annotated labels, and the fact that the dataset can be used for various purposes such as

training, testing, development, and experimental studies [10]. The statistical distribution of the data in the data set is shown in Figure 1.

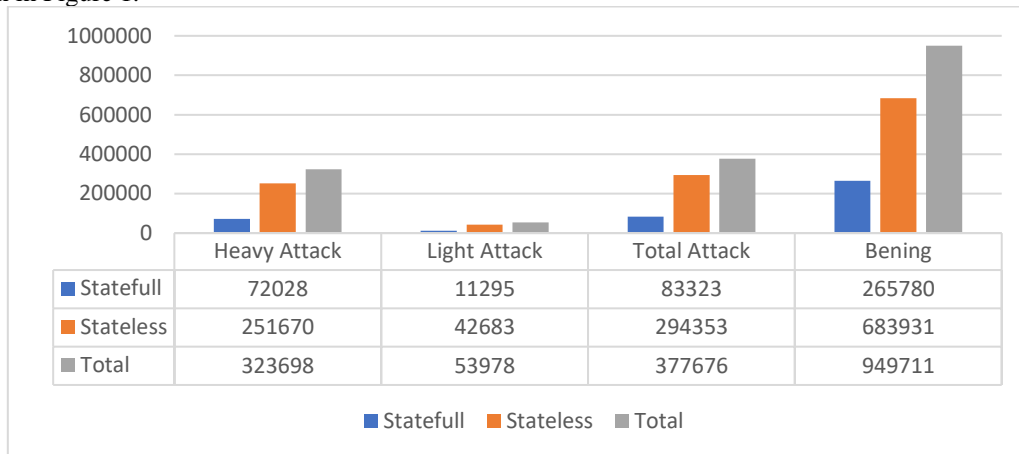


Figure 1. Statistics of the dataset

The 30 attributes in the dataset are given in Table 1 according to their state and non-state characteristics.

Table 1. Data Set Attributes [10]

Feature name	Description	State
rr_type	The type of resource record, e.g., A, MX, TXT ...	stateful
rr_count	The number of entries in each section is as follows: question, answer, authority, and additional.	stateful
rr_name_length	The length of the resource record name.	stateful
rr_name_entropy	The entropy of the resource record name	stateful
rr_type_frequency	The number of packets of a given resource record type for a given domain in relation to the total number of packets for that domain.	stateful
rr	The distribution of A and AAAA resource records, that is to say the rate of A and AAAA records per domain in window τ , is a key metric in this analysis.	stateful
distinct_ns	The number of distinct Name Server (NS) records represents the total number of NSs resolved in the Domain Name System (DNS) Database (DNSDB).	stateful
a_records	The number of distinct A records is defined as the total number of IP addresses resolved in DNSDB.	stateful
unique_country	The domain name of a given country is represented by a distinct country name in the Windows Tau operating system.	stateful
unique_asn	The presence of distinct autonomous system numbers (ASNs) within the specified temporal window (τ) is evident.	stateful
unique_ttl	It is observed that distinct time-to-live (TTL) values are present within the window τ .	stateful
distinct_ip	It is necessary to identify distinct IP values for a given domain at a specific point in time, designated as τ .	stateful
distinct_domains	A domain may be distinguished from other domains that share the same IP address and that resolve to a given domain in window τ .	stateful
reverse_dns	The results of a reverse DNS query for a specific domain at a given point in time are presented in the following section.	stateful
ttl_mean	The mean of the TTL in the window τ .	stateful
ttl_variance	The variability of the time-to-live (TTL) parameter within the specified window.	stateful
FQDN_count	The total number of characters in the Fully Qualified Domain Name (FQDN) is to be determined.	stateless
subdomain_length	The number of characters in the subdomain is to be determined.	stateless
upper	The number of uppercase characters.	stateless
lower	The number of lowercase characters	stateless
numeric	The number of numerical characters	stateless
entropy	Entropy of query name	stateless

special	The number of special characters is defined as the number of characters that do not conform to the standard alphanumeric set. These include the following: Dashes, Underscores, Equals signs, Spaces, Tabs	stateless
labels	The number of labels present in a given query can be determined by examining the query name, which in the case of "www.scholar.google.com" comprises four labels separated by dots	stateless
labels_max	The maximum length of a label	stateless
labels_average	The mean length of a label	stateless
longest_word	The longest meaningful word in a given domain, averaged over the domain length	stateless
sld	The second level domain	stateless
len	The length of the domain and subdomain	stateless
subdomain	It is irrelevant whether the domain in question has a subdomain or not	stateless

The features used in this study were chosen to reflect the specific behaviour of DNS tunnelling attacks. For example, features such as `rr_name_entropy` and `rr_type_frequency` were used to understand the distribution and complexity of DNS requests. These features are critical for the detection of anomalies in DNS traffic. Random Forest, K-Nearest Neighbour, Decision Trees and Extra Trees were chosen as classification algorithms because these algorithms are known to give effective results in high dimensional datasets. In particular, Random Forest and Extra Trees are preferred because they provide diversification and stability by using a tree structure in large data sets.

2.2. Machine Learning Techniques and Classification Algorithms

2.2.1. Random Forest

Random forest (RF) classifiers are frequently used in the context of domain name system (DNS) security to identify cyber threats [21]–[23]. These classifiers use data-driven techniques such as information gain and genetic algorithms to analyse DNS queries and identify botnet attacks [21]. When combined with random sampling, RF classifiers can be used to identify malicious actors based on their impact on passive traffic. Significant progress has been made in terms of accurate identification, reducing training time and improving accuracy [22]. Furthermore, RF classifiers have been shown to be effective in distinguishing between legitimate and botnet traffic in distributed denial of service (DDoS) attacks. In terms of its capacity to discriminate on the basis of quality and its own processing time compared to other algorithms, this algorithm has shown superior performance [23]. Overall, RF classifiers play an important role in effectively identifying and mitigating various cyber threats, thereby enhancing DNS security.

2.2.2. K-Nearest Neighbour

K-Nearest Neighbours (KNN) classification is a widely used method in various applications, including intrusion detection systems. The Distance Sum-based K-Nearest Neighbours (DS-kNN) approach, as discussed in [24], improves the original KNN algorithm by computing the distance sum of k-nearest neighbours for improved classification accuracy, detection rate and intrusion classification. Furthermore, a parameter-free KNN classifier proposed in [25] adapts the value of k according to the data distribution, thus eliminating the need for manual parameter tuning. Furthermore, K-nearest neighbour imputation methods such as Fast-K-nearest neighbour imputation (FKNNI) in [26] demonstrate the effectiveness of KNN in rapid disease diagnosis by efficiently handling missing data. Collectively, these studies demonstrate the versatility and effectiveness of KNN techniques in various domains and demonstrate their potential for applications such as DNS tunnel detection.

2.2.3. Decision Trees

Decision tree classifiers have been used in a number of studies to classify DNS tunnels. For example, one study proposed a fusion RF-LR model that combines random forest with logistic regression as the base learner using leaf nodes of decision trees to effectively classify DNS tunnels [13]. Another research project focused on feature reduction using genetic algorithm and decision tree classifier to accurately classify denial of service attacks in the NSL-KDD dataset, thus demonstrating the importance of feature selection in classification tasks [27]. Furthermore, one study highlighted the effectiveness of integrating a decision tree with support vector machines and logistic regression to achieve an impressive %99.96 detection accuracy in identifying DNS tunnels based on key features such as time interval, request packet size, record type and subdomain entropy [28]. These findings collectively demonstrate the important role of decision tree classifiers in effectively detecting and classifying DNS tunnels for cyber security purposes.

2.2.4. Extra Trees

Extra Trees Classification, a variant of Random Forest, is a highly effective technique for detecting DNS tunnels in network traffic. By extracting features from DNS data and training random forest classifiers, the researchers were able to successfully distinguish normal DNS activity from tunnelling activity and detect both trained and untrained tunnels with high accuracy [9]. Another study proposed a fusion RF-LR model combining random forest and logistic regression to classify DNS tunnels based on domain characteristics [13]. This approach showed superior accuracy, recall and stability compared to other algorithms. Furthermore, an effective DNS tunnel detection mechanism was developed using features such as time intervals, packet sizes, record types and subdomain entropy, and an impressive detection accuracy of %99.96 was achieved with Support Vector Machine, Decision Tree and Logistic Regression models [28]. These studies collectively demonstrate the effectiveness of machine learning algorithms, including Extra Tree Classification, in identifying DNS tunnels and improving network security [29].

2.3. Performance Metrics

A confusion matrix is a table used in machine learning to visualise the performance of a classification model. It compares actual and predicted values for different classes and consists of four main components: true positives, true negatives, false positives and false negatives. The matrix is crucial for evaluating the effectiveness of classification models as it provides information about model accuracy, precision, recall and F1 score. To address the complexity of hierarchical classification problems, a hierarchical confusion matrix is introduced. This confusion matrix allows traditional evaluation criteria to be adapted to hierarchical scenarios [30]. Furthermore, alternative approaches such as the Prayatul Matrix have been proposed to compare supervised machine learning models based on individual instances in datasets. The Prayatul Matrix offers a more detailed and insightful analysis compared to traditional confusion matrix-based scores such as accuracy, precision and recall [31].

3. DISCUSSION AND RESULTS

In this study, Random forest, K-nearest neighbour, Decision trees and extra trees classification algorithms were used on the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset. GridSearchCV was used to maximise the performance of the classification algorithms. GridSearchCV aims to identify the best combinations through cross-validation over a given grid of hyperparameters. The final hyperparameters were selected by evaluating the model on metrics such as accuracy, F1 score and error rate. For example, for Random Forest, the `max_depth` parameter was limited (`max_depth=5`) to prevent the model from overlearning. Other parameters such as `min_samples_split` and `min_samples_leaf` were also optimised to increase the accuracy of the model while avoiding overfitting. As a result, these selected parameters are suitable for optimally modelling both stateful and stateless traffic in the dataset. CIC-Bell-DNS-EXF-2021 contains 323,698 heavy attacks, 53,978 light attacks, and 949,711 different benign samples generated by leaking various file types from small to large, and 30 different attributes. The dataset was trained on classification algorithms separately for stateful and stateless traffic. The performance of the algorithms was measured in terms of accuracy.

Pre-processing steps were meticulously performed on the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset. Firstly, certain columns in the dataset (e.g. timestamp) were removed to prevent the model from overlearning. These columns may cause the model to overfit to specific instances in the dataset instead of improving its overall performance. Also, NaN values have been replaced with 0, as these cases often imply missing data, and zeroing allows the model to treat these cases in a neutral way. Repetitive rows were also removed from the dataset because such data can be misleading in the learning process of the model. The training and test data were split into 80% training and 20% testing to maximise the diversity and generalisability of the dataset. Table 2 shows the numerical attributes of the traffic with and without state before training.

Table 2. Attributes Used

Stateful Attributes	rr, A_frequency, NS_frequency, CNAME_frequency, SOA_frequency, NULL_frequency, PTR_frequency, HINFO_frequency, MX_frequency, TXT_frequency, AAAA_frequency, SRV_frequency, OPT_frequency, rr_count, rr_name_entropy, rr_name_length, distinct_ns, a_records, ttl_mean, ttl_variance, label
Stateless Attributes	FQDN_count, subdomain_length, upper, lower, numeric, entropy, special, labels, labels_max, labels_average, len, subdomain, label

As a result of hyperparameter optimisation with GridSearchCV for stateful and stateless DNS traffic, the parameters in Table 3 were found.

Table 3. Hyperparameters for Stateful and Stateless DNS Traffic

Machine Learning Algorithm	Parameters (Stateful)
Random Forest	{'max_depth':5, 'max_features':'log2', 'min_samples_leaf':4, 'min_samples_split': 10, 'n_estimators': 50}
K-Nearest Neighbour	{'metric': 'manhattan', 'n_neighbors': 4, 'weights': 'uniform'}
Decision Trees	{'criterion':'gini', 'max_depth':2, 'min_samples_leaf':1, 'min_samples_split':2}
Extra Trees	{'max_depth' : 'None', 'min_samples_leaf' : 4, 'min_samples_split' : 10, 'n_estimators' : 50}
Machine Learning Algorithm	Parameters (Stateless)
Random Forest	{'max_depth': None, 'max_features': 'sqrt', 'min_samples_leaf': 1, 'min_samples_split': 2, 'n_estimators': 50}
K-Nearest Neighbour	{'metric': 'euclidean', 'n_neighbors': 10, 'weights': 'distance'}
Decision Trees	{'criterion':'gini', 'max_depth':2, 'min_samples_leaf':1, 'min_samples_split':2}
Extra Trees	{'max_depth': None, 'min_samples_leaf': 1, 'min_samples_split': 5, 'n_estimators': 50}

As a result of the classification with the hyperparameters found for the algorithms, K-nearest neighbour, Decision trees, Random forest and Extra trees achieved %99.68, %99.74, %99.71 and %99.74 accuracy rates for DNS traffic with state. For stateless DNS traffic, K-nearest neighbour %93.94, Decision trees %93.95, Random forest %93.95 and Extra trees %93.95. The complexity matrices of the classification algorithms are given in Figure 2 and Figure 3.

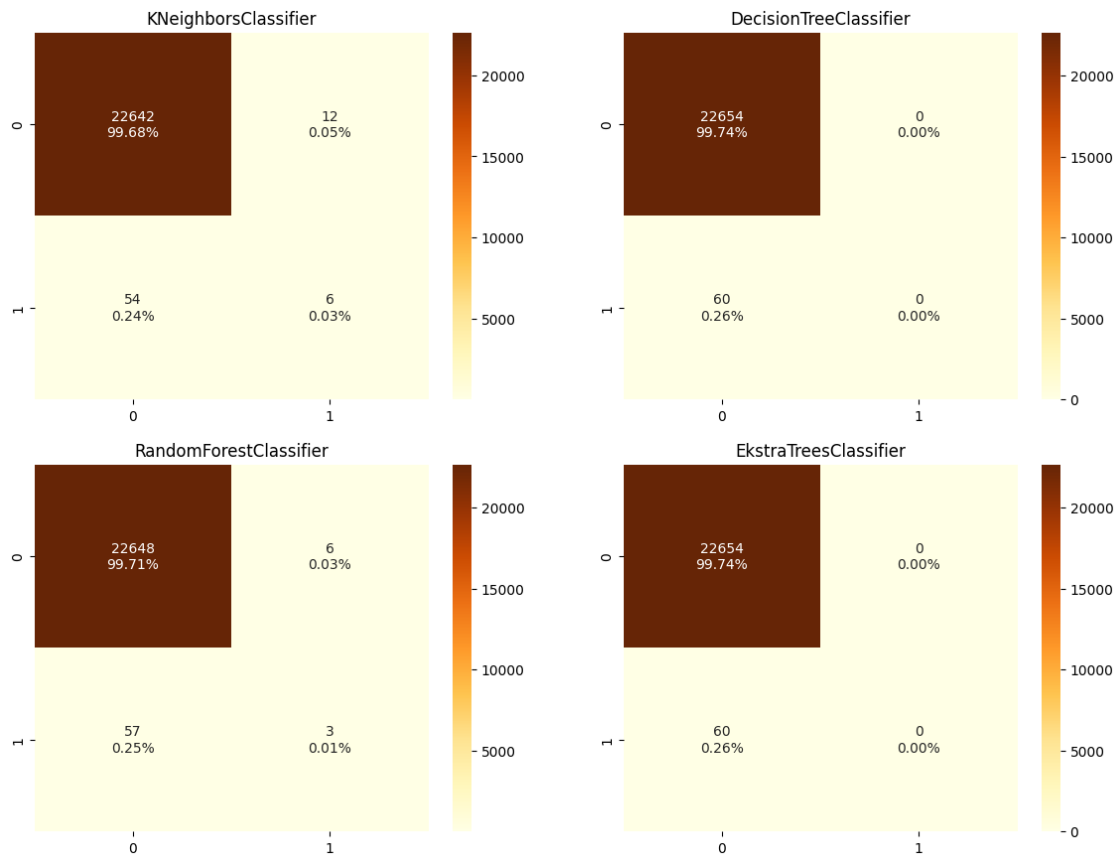


Figure 2. Confusion matrices of classification algorithms with stateful traffic

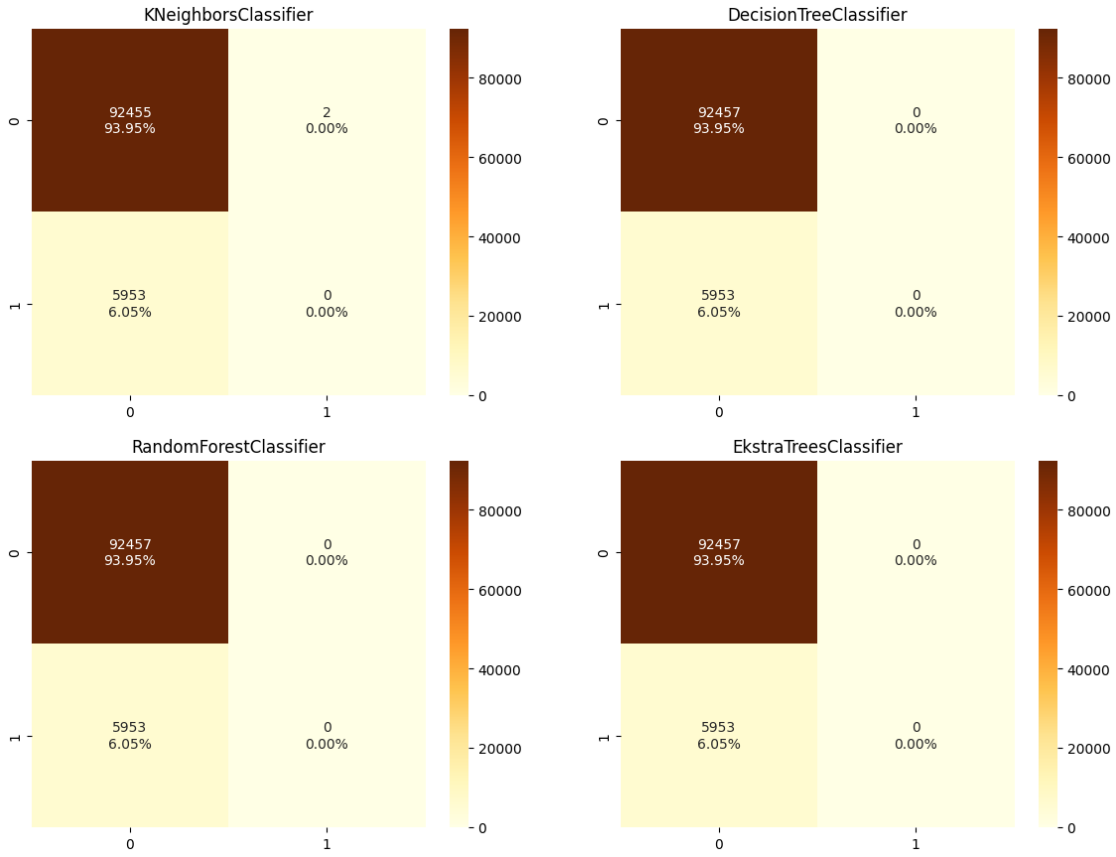


Figure 3. Confusion matrices of classification algorithms with stateless traffic

Table 4 shows the accuracy values obtained for stateful and stateless traffic.

Table 4. Accuracy Rates of Algorithms

Algoritma	Statefull	Stateless
Random Forest	%99.71	%93.95
K-Nearest Neighbour	%99.68	%93.95
Decision Trees	%99.74	%93.95
Extra Trees	%99.74	%93.95

4. CONCLUSION

The research presented in this paper presents an evaluation of machine learning algorithms for the detection of DNS tunnelling attacks using the CIC-Bell-DNS-EXF-2021 dataset. Experimental results show that machine learning algorithms, in particular Random Forest, K-Nearest Neighbour, Decision Trees and Extra Tree classifiers, exhibit high accuracy in identifying both stateful and stateless DNS traffic anomalies. Hyperparameter optimisation via GridSearchCV further improves the performance of these models.

For stateful traffic, the accuracy of the classifiers is very high, with Decision Trees and Extra Trees achieving the best results with 99.74%. Stationary traffic also showed respectable, albeit slightly lower, accuracy rates, with all tested algorithms converging at around 93.95%. This difference highlights the inherent complexity of detecting DNS tunnelling in stateless traffic compared to stateful traffic.

The findings underline the critical role of feature selection and hyperparameter tuning in optimising machine learning models for cyber security applications. The use of comprehensive datasets such as CIC-Bell-DNS-EXF-2021 allows for robust evaluation of detection techniques, ensuring that models are both effective and reliable.

In conclusion, this study highlights the potential of machine learning algorithms to improve DNS security by effectively detecting DNS tunnelling attacks. The high accuracy rates obtained demonstrate the applicability of these models in real-world scenarios, thus contributing to stronger cybersecurity defences against sophisticated

data exfiltration methods. Future research could focus on integrating these models into broader security frameworks and exploring their performance in different network environments.

REFERENCES

- [1] O. Abualghanam, H. Alazzam, B. Elshqeir, M. Qatawneh, ve M. A. Almaiah, “Real-Time Detection System for Data Exfiltration over DNS Tunneling Using Machine Learning”, *Electron. 2023, Vol. 12, Page 1467*, c. 12, sayı 6, s. 1467, Mar. 2023, doi: 10.3390/ELECTRONICS12061467.
- [2] Y. Ozery, A. Nadler, ve A. Shabtai, “Information-Based Heavy Hitters for Real-Time DNS Data Exfiltration Detection and Prevention”, Tem. 2023, Erişim: 14 Haziran 2024. [Çevrimiçi]. Available at: <https://arxiv.org/abs/2307.02614v1>
- [3] S. Sugawara, Y. Shibahashi, H. Kunimune, H. Goromaru, ve S. Tanimoto, “DNS-tunneling-detection Method by Monitoring DNS Subdomain Length for General Usage”, ss. 121–122, Oca. 2023, doi: 10.1109/GCCE56475.2022.10014255.
- [4] L. Salat, M. Davis, ve N. Khan, “DNS Tunnelling, Exfiltration and Detection over Cloud Environments”, *Sensors 2023, Vol. 23, Page 2760*, c. 23, sayı 5, s. 2760, Mar. 2023, doi: 10.3390/S23052760.
- [5] L. De Souza Bezerra Borges, R. De Oliveira Albuquerque, ve R. T. De Sousa Junior, “A security model for DNS tunnel detection on cloud platform”, *2022 Work. Commun. Networks Power Syst. WCNPS 2022*, 2022, doi: 10.1109/WCNPS56355.2022.9969715.
- [6] W. Ellens, P. Zuraniewski, A. Sperotto, H. Schotanus, M. Mandjes, ve E. Meeuwissen, “Flow-Based Detection of DNS Tunnels”, *Lect. Notes Comput. Sci. (including Subser. Lect. Notes Artif. Intell. Lect. Notes Bioinformatics)*, c. 7943 LNCS, ss. 124–135, 2013, doi: 10.1007/978-3-642-38998-6_16.
- [7] C. M. Lai, B. C. Huang, S. Y. Huang, C. H. Mao, ve H. M. Lee, “Detection of DNS Tunneling by Feature-Free Mechanism”, *DSC 2018 - 2018 IEEE Conf. Dependable Secur. Comput.*, Oca. 2019, doi: 10.1109/DESEC.2018.8625166.
- [8] Y. Shao, X.-D. Li, A. F. Sani, ve M. A. Setiawan, “DNS tunneling Detection Using Elasticsearch”, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, c. 722, sayı 1, s. 012064, Oca. 2020, doi: 10.1088/1757-899X/722/1/012064.
- [9] A. L. Buczak, P. A. Hanke, G. J. Cancro, M. K. Toma, L. A. Watkins, ve J. S. Chavis, “Detection of tunnels in PCAP data by random forests”, *Proc. 11th Annu. Cyber Inf. Secur. Res. Conf. CISRC 2016*, Nis. 2016, doi: 10.1145/2897795.2897804.
- [10] S. Mahdavifar vd., “Lightweight Hybrid Detection of Data Exfiltration using DNS based on Machine Learning”, *ACM Int. Conf. Proceeding Ser.*, ss. 80–86, Ara. 2021, doi: 10.1145/3507509.3507520/SUPPL_FILE/P80-MAHDAVIFAR-SUPPLEMENT.PPTX.
- [11] S. Wang, L. Sun, S. Qin, W. M. Li, ve W. Liu, “KRTunnel: DNS channel detector for mobile devices”, *Comput. Secur.*, c. 120, s. 102818, Eyl. 2022, doi: 10.1016/J.COSE.2022.102818.
- [12] R. Mitsuhashi, Y. Jin, K. Iida, T. Shinagawa, ve Y. Takai, “Malicious DNS Tunnel Tool Recognition Using Persistent DoH Traffic Analysis”, *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, c. 20, sayı 2, ss. 2086–2095, Haz. 2023, doi: 10.1109/TNSM.2022.3215681.
- [13] X. D. Li, Y. F. Song, ve Y. Q. Li, “DNS Tunnel Detection Scheme Based on Machine Learning in Campus Network”, *Proc. - 2022 4th Int. Conf. Mach. Learn. Big Data Bus. Intell. MLBDBI 2022*, ss. 253–257, 2022, doi: 10.1109/MLBDBI58171.2022.00056.
- [14] O. Abualghanam, H. Alazzam, B. Elshqeir, M. Qatawneh, ve M. A. Almaiah, “Real-Time Detection System for Data Exfiltration over DNS Tunneling Using Machine Learning”, *Electron. 2023, Vol. 12, Page 1467*, c. 12, sayı 6, s. 1467, Mar. 2023, doi: 10.3390/ELECTRONICS12061467.
- [15] B. Wang, G. Xiong, G. Gou, J. Song, Z. Li, ve Q. Yang, “Identifying DoH Tunnel Traffic Using Core Feathers and Machine Learning Method”, *Proc. 2023 26th Int. Conf. Comput. Support. Coop. Work Des. CSCWD 2023*, ss. 814–819, 2023, doi: 10.1109/CSCWD57460.2023.10152678.
- [16] A. Lal, A. Prasad, A. Kumar, ve S. Kumar, “DNS-Tunnet: A Hybrid Approach for DNS Tunneling Detection”, *CTISC 2022 - 2022 4th Int. Conf. Adv. Comput. Technol. Inf. Sci. Commun.*, 2022, doi: 10.1109/CTISC54888.2022.9849774.
- [17] A. Khan ve I. Sharma, “AI-Enabled Approach for Preventing DNS Attacks on Banking Institutions”, *2023 IEEE Int. Conf. Res. Methodol. Knowl. Manag. Artif. Intell. Telecommun. Eng. RMKMATE 2023*, 2023, doi: 10.1109/RMKMATE59243.2023.10369196.
- [18] N. Ishikura, D. Kondo, V. Vassiliades, I. Iordanov, ve H. Tode, “DNS Tunneling Detection by Cache-Property-Aware Features”, *IEEE Trans. Netw. Serv. Manag.*, c. 18, sayı 2, ss. 1203–1217, Haz. 2021, doi: 10.1109/TNSM.2021.3078428.
- [19] M. Aiello, M. Mongelli, ve G. Papaleo, “Basic classifiers for DNS tunneling detection”, *Proc. - IEEE Symp. Comput. Commun.*, ss. 880–885, 2013, doi: 10.1109/ISCC.2013.6755060.
- [20] J. Steadman ve S. Scott-Hayward, “DNSxD: Detecting Data Exfiltration over DNS”, *2018 IEEE Conf. Netw. Funct. Virtualization Softw. Defn. Networks, NFV-SDN 2018*, Kas. 2018, doi: 10.1109/NFV-

- SDN.2018.8725640.
- [21] A. Moubayed, M. N. Injadat, ve A. Shami, “Optimized Random Forest Model for Botnet Detection Based on DNS Queries”, *Proc. Int. Conf. Microelectron. ICM*, c. 2020-December, Ara. 2020, doi: 10.1109/ICM50269.2020.9331819.
- [22] A. Dickson ve C. Thomas, “ATTACK DETECTION AVAILING FEATURE DISCRETION USING RANDOM FOREST CLASSIFIER”, *Comput. Sci. Eng. An Int. J.*, c. 12, sayı 6, 2022, doi: 10.5121/csej.2022.12611.
- [23] Z. F. Faruq, T. Mantoro, M. A. Catur Bhakti, ve Wandy, “Random Forest Classifier Evaluation in DDoS Detection System for Cyber Defence Preparation”, *2022 IEEE 8th Int. Conf. Comput. Eng. Des. ICCED 2022*, 2022, doi: 10.1109/ICCED56140.2022.10010341.
- [24] R. Taguelmimt ve R. Beghdad, “DS-kNN: An Intrusion Detection System Based on a Distance Sum-Based K-Nearest Neighbors”, <https://services.igi-global.com/resolvedoi/resolve.aspx?doi=10.4018/IJISP.2021040107>, c. 15, sayı 2, ss. 131–144, Oca. 1M.S., doi: 10.4018/IJISP.2021040107.
- [25] D. S. Jodas, L. A. Passos, A. Adeel, ve J. P. Papa, “PL-k NN: A Parameterless Nearest Neighbors Classifier”, *Int. Conf. Syst. Signals, Image Process.*, c. 2022-June, 2022, doi: 10.1109/TWSSIP55020.2022.9854445.
- [26] D. Chen, R. Ma, ve H. Du, “A fast incomplete data classification method based on representative points and K-nearest neighbors”, *2022 IEEE Conf. Telecommun. Opt. Comput. Sci. TOCS 2022*, ss. 423–428, 2022, doi: 10.1109/TOCS56154.2022.10016185.
- [27] D. Wilborne, “Application of Decision Tree Classifier in Detection of Specific Denial of Service Attacks with Genetic Algorithm Based Feature Selection on NSL-KDD”, *Eki. 2022*, Erişim: 27 Haziran 2024. [Çevrimiçi]. Available at: <https://arxiv.org/abs/2210.10232v1>
- [28] J. Liu, S. Li, Y. Zhang, J. Xiao, P. Chang, ve C. Peng, “Detecting DNS Tunnel through Binary-Classification Based on Behavior Features”, içinde *2017 IEEE Trustcom/BigDataSE/ICSS*, 2017, ss. 339–346. doi: 10.1109/Trustcom/BigDataSE/ICSS.2017.256.
- [29] S.-Y. Zhang, F.-T. Zou, L.-H. Wang, ve M. Chen, “Detecting DNS-based covert channel on live traffic”, *J. China Inst. Commun.*, c. 34, sayı 5, ss. 143–151, 2013.
- [30] K. Riehl, M. Neunteufel, ve M. Hemberg, “Hierarchical confusion matrix for classification performance evaluation”, *J. R. Stat. Soc. Ser. C Appl. Stat.*, c. 72, sayı 5, ss. 1394–1412, Ara. 2023, doi: 10.1093/JRSSC/QLAD057.
- [31] A. Biswas, “Prayatul Matrix: A Direct Comparison Approach to Evaluate Performance of Supervised Machine Learning Models”, *Eyl. 2022*, Erişim: 27 Haziran 2024. [Çevrimiçi]. Available at: <https://arxiv.org/abs/2209.12728v1>



ORMAN ALANLARININ ORMANCILIK DIŞI KULLANILMASINA YÖNELİK UYGULAMALARIN DEĞERLENDİRİLMESİ: MALATYA İLİ ÖRNEĞİ

Erman KARAHAN¹, Türkey TÜRKÖĐLU², Ahmet TOLUNAY^{3*}

¹ Elâzığ Orman Bölge Müdürlüğü, 71 No'lu Orman Kadastro Başmühendisliği, Malatya

² Muđla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Köyceğiz Meslek Yüksekokulu, Ormanlık Bölümü, Muđla

³ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, 32260, Isparta

*Sorumlu Yazar: ahmettolunay@isparta.edu.tr

DOI: 10.57120/yalvac.1529835

Özet: Orman kaynaklarının topluma sağladığı faydalar ekonomik, sosyal ve ekolojik açıdan oldukça fazladır. Ormanlıkta temel amaç topluma en yüksek faydayı sağlamaktır. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası'nda ve Orman Kanunu'nda orman alanlarının kamu yararı ve zaruret durumunda ormancılık dışı amaçlarla kullanılmasına izin verilmektedir. Bu çalışmada, orman alanlarının ormancılık dışı kullanılmasına yönelik uygulamaların ormancılık ve kamu yararı açısından olumlu ve olumsuz yanları değerlendirilmiştir. Araştırma materyal olarak Malatya Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde orman mühendisi, orman teknikeri ve daimî orman işçisi kadrosunda çalışan 25 kişi ile yapılan anketlerden elde edilen veri ile konuyla ilgili literatürden yararlanılmıştır. Anket formunda yer alan 25 önermeyi katılımcıların yaş, cinsiyet ve öğrenim durumunun istatistiki olarak etkileyip etkilemediği Mann-Whitney U ve Kruskal Wallis H testleri ile analiz edilmiştir. Ayrıca araştırma değişkenleri frekans ve yüzde tabloları ile betimlenmiştir. Sonuç olarak katılımcılara göre ormanların ormancılık dışı faaliyetlere sağladığı kamu yararının sadece ekonomik yarar olarak değerlendirilmemesi ve orman ekosistemlerinin ormancılık dışı kullanımının yarattığı sonuçların tüm boyutlarıyla değerlendirilmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Orman Ekosistemleri, Orman Alanları, Ormancılık Dışı Kullanım, İzin, İrtifak Hakkı.

EVALUATION OF PRACTICES FOR NON-FORESTRY USE OF FOREST AREAS: A CASE STUDY ON MALATYA PROVINCE

Abstract: The benefits of forest resources to society are quite high in economic, social and ecological terms. The main purpose of forestry is to provide the highest benefit to society. In the Constitution of the Republic of Turkey and the Forest Law, the use of forest areas for public benefit and non-forestry purposes in case of necessity is permitted. In this study, the positive and negative aspects of the practices regarding the non-forestry use of forest areas were evaluated in terms of forestry and public benefit. As research material, the data obtained from the surveys conducted with 25 forest engineers, forest technicians and permanent forest workers within the Malatya Forest Management Directorate and the related literature were used. The statistical effect of the age, gender and education status of the participants on the 25 propositions in the survey form was analyzed with Mann-Whitney U and Kruskal Wallis H tests. In addition, the research variables were described with frequency and percentage tables. As a result, it was revealed that according to the participants, the public benefit provided by forests for non-forestry activities should not be evaluated only as economic benefit and that the results created by the non-forestry use of forest ecosystems should be evaluated in all dimensions.

Keywords: Forest Ecosystems, Forest Areas, Non-Forestry Use, Permits, Easements.

1. GİRİŞ

Orman insanoğlu için önemli bir yenilenebilir doğal kaynaktır. Geçmişten günümüze orman farklı şekillerde tanımlanmıştır. Örneğin orman "içinde barındırdığı varlıklarla bir yaşam birliği olarak" tanımlanmıştır [1, 2].

Ormanlar, Osmanlı İmparatorluğu'nun özellikle Tanzimat Döneminde askeri ve kamusal ihtiyaçların karşılanması için önemli bir kaynak olarak görülmüştür. Ayrıca, o zamanki devlet anlayışının gereği olarak ormanlardan halkın ihtiyaçlarını ücretsiz olarak karşılayabileceği kabul edilmiştir [3].

Her ne kadar ormanlar geçmişte toplumun sadece odun ihtiyacını karşılamaya yarayan alanlar olarak değerlendirilse de günümüzde ormanların birçok fonksiyona sahip olduğu ve bu fonksiyonların insan hayatında önemli bir yeri

olduğu görülmüştür. Ormanların ülkemizde önemli fonksiyonlarından biri de kırsal kalkınmaya sağladığı hizmetlerdir. Sayısız ekolojik ve ekonomik katkılarının yanında, her yıl binlerce orman köylüsüne iş ve istihdam yaratmakta, ülke ekonomisine katma değer sağlamakta, ormancılık dışı kullanımlara ilişkin yasal düzenlemelerle de kamu yararına imkân tanıyan hizmetler sunmaktadır [4]. Ormancılıkta temel amaç topluma maksimum fayda sağlamaktır. Bu fayda fonksiyonları arasında kamu yararı açısından geçmişten günümüze çeşitli anlayışlar ortaya çıkmış, çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Dünya tarihinin her döneminde toplumların ihtiyaçlarını karşılayan ormanlar, 1970 yılına gelindiğinde “Sosyal Ormancılık” kavramıyla yeniden kendine dünya gündeminde yer bulmuş, 1978 yılında “İnsanlar İçin Ormancılık” sloganıyla Dünya Bankası ve Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Teşkilatı yok olma tehlikesi içinde bulunan tropik ormanların önemini tüm dünyaya duyurmuştur [5]. Türkiye Cumhuriyeti Anayasası’nın 169. maddesi, ormanların kamu yararına kullanılmasını emretmektedir. 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 17 maddesinin 3. fıkrasında, kamu yararı ve zaruret durumunda ormanlık alanların kullanılmasına izin verilebileceği ifade edilmektedir [6].

Orman alanlarının ormancılık dışı amaçlarla kullanılabilmesini belirten çok sayıda kanun bulunmaktadır: 6831 Sayılı Orman Kanunu, 2634 Sayılı Turizmi Teşvik Kanunu ve 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun. 6831 Sayılı Orman Kanunu’nun 16., 17., 18. ve 115. maddelerinde orman alanlarının ormancılık dışı amaçlarla kullanılabilmesi ifade edilmektedir. Adı geçen kanunun belirtilen maddelerinde bu amaçlar; 16. Maddesinde “madenlerle ilgili arama ve işletme izinlerine dair iş ve işlemler”, 17. Maddesinin 3. Fıkrasında “savunma, ulaşım, haberleşme, su, atık su, altyapı, katı atık bertaraf ve düzenli depolama tesisleri ile sokak hayvanları bakımevi ve mezarlıklar gibi devlet sağlık, eğitim ve spor tesisleri için izinler, yine bu kapsamda enerji üretimi ve iletimi için gerekli olan sahalar ve baraj göletleri, rüzgar ve güneş enerji santralleri, hidroelektrik santralleri, termik santraller, petrol ve doğalgaz tesisleri ve nükleer güç santralleri gibi yatırımlar” 18. Maddede “odun kömürü ocaklarına verilecek izinler”, 115. Maddesinde “Maliye ile Tarım ve Orman Bakanlıklarının iznine tabi olan devlet ormanları üzerinde kamu yararına yapılacak her türlü yapı ve tesisler için irtifak hakları, Turizmi Teşvik Kanunu’nun 8. maddesi gereğince verilen izinler” şeklinde belirtilmiştir.

Ayrıca 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanunun 10. maddesi ve 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 17. maddesinin 3’üncü fıkrası hükümlerine göre, “Devlet ormanları, kamu yararı gözetilerek afet bölgesinde bulunan kamu kurum ve kuruluşları ile doğal afete maruz kalan afetzedelerin iskânının temini için Bayındırlık ve İskân Bakanlığına 49 yıl süre ile bedelsiz olarak tahsis edilebilir” ibaresi göre verilen izinler de bulunmaktadır.

Kamu yararı kavramı, topluma fayda sağlayacak uygulamaların ortaya çıkmasını ifade eder. Bu anlamda, toplumun huzur ve refahını artırmayı amaçlayan faaliyetler kamu yararına girer. Dolayısıyla, eğer bir faaliyet toplumun çoğunluğuna katkı sağlıyorsa, bu faaliyet kamu yararına olarak değerlendirilebilir [7]. Orman kaynaklarından topluma sağlanan faydaların tamamında "kamu yararı" bulunmaktadır. Ancak günümüzde orman ekosistemlerinin kullanımında, çeşitli diğer faaliyetlere izin verilmekte ve bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde de "kamu yararı" olduğu öne sürülmektedir. Gençay (2010), ormanların ve orman kaynaklarının kullanımında ihtiyaç önceliğinin bazen ormanların lehine, bazen de aleyhine sonuçlanabileceğini belirtmiştir [8]. Yine, Tolunay ve Korkmaz (2004), günümüzde, orman ekosistemlerinin kullanımında çeşitli faaliyetlere izin verilmekte ve bu faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde de "kamu yararı" iddia edildiğini belirtmiştir [9]. Olgun ve Tolunay (2018), gün geçtikçe gelişen ve değişen şartlarda, altyapı tesisleri ve sektörel yatırımlar için yeni yatırım alanlarına ihtiyaç duyulduğunu ve bunun paralel olarak da ormanlık alanlardan izin taleplerinin artmasına neden olduğunu açıklamıştır [10].

Orman içerisinde yerleşim yeri tahsisi ve irtifak hakkı gibi konular birçok makale, tez, doktrin, mevzuat çalışmalarına konu olmuş, pek çok tartışmanın içinde kendini bulmuştur. Bu konuda farklı görüşlerin olması da yaşamın dinamizmine ayak uydurma konusunda ormanların sağladığı yararların değişkenlik göstermesine sebep olmaktadır. Bu çalışmada da bu konunun uygulama sürecinde yer alan bir grubun görüşleri doğrultusunda ormancılık ve orman ekosistemi açısından etkileri araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Araştırmanın en önemli materyali yapılan anketlerden elde edilen verilerdir. Ayrıca konuyla ilgili literatürden de yararlanılmıştır. Anket formunda katılımcıların demografik özellikleri ile ilgili (yaş, cinsiyet ve eğitim durumları) 3 adet soru ve 25 adet önerme mevcuttur. Önermelere verilecek cevaplar 5’li likert ölçeğine göre düzenlenmiş olup; “Tamamen Katılmıyorum”; “Katılmıyorum”, “Fikrim Yok”, “Katılıyorum”, “Tamamen Katılıyorum”

şeklinde..

Anket formundaki önermeler ile Malatya Orman İşletme Müdürlüğü'nde orman mühendisi, orman teknikeri ve daimî orman işçisi olarak çalışan personelin ormancılık dışı uygulamalara yönelik görüşleri elde edilmiştir.

Çalışmanın ana kütlesi söz konusu Orman İşletme Müdürlüğü bünyesinde çalışan 25 kişi olup, anketler yüz yüze görüşme tekniği ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında ana kütleinin %100'üne ulaşılmıştır.

Tablo 1: Araştırma Değişkenleri

Önerme No	Önermeler	Tamamen Katılmıyorum	Katılmıyorum	Fikrim yok	Katılıyorum	Tamamen katılıyorum
1	Ülkemiz de hukuksal olarak “Orman” sayılan yerlerin ormancılık dışı amaçlarla kullanılmasına yönelik düzenleme ve uygulamaların orman ekosistemlerine herhangi bir biçimde zarar vermemesi tümüyle rastlantısaldır.					
2	Orman ekosistemlerini etkileyebilecek etkinliklerin yalnızca gerçekleştirildiği yerlerle sınırlı olarak, değerlendirilmesi, çoğu durumda doğru sonuçlar vermez.					
3	Hukuksal düzlemlerdeki karşı duruş, engelleme çabalarının yalnızca hukuka uygunluk temeline indirgenmesi, kesinlikle aşılması gereken bir olumsuzluktur.					
4	Orman ekosistemlerinin varlığı ve yokluğu, niteliği ve niceliği tüm canlıları doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilir; her türlü dışsal oluşumdan etkilenebilir, Bu nedenle, orman ekosistemlerinin etkisine ve etkilenmesine ekolojik sınırlar getirmek anlamsızdır; dahası, olanaksızdır.					
5	Orman ekosistemlerini etkileyen nedenlerin, etkilerin niteliğinin ve boyutlarının, etkilerin olası sonuçlarının tüm boyutlarıyla belirlenebilmesi, birbirinden ayrıştırılabilmesi her durumda olanaklı değildir; ayrıca, söz konusu etkilerin sonuçları kısa zamanda ortaya çıkmaz.					
6	Orman ekosistemlerinin yönetilmesine yönelik her türlü etkinliğin hem zaman hem de yersel olarak çok boyutlu, bütünsel ve dinamik bir yaklaşımla planlanması; tüm çalışmaların kesinlikle bu planlara göre yürütülmesi; hazırlanan planların keyfi gerekçelerle değiştirilmemesi yaşamsal, hiçbir gerekçeyle göz ardı edilemeyecek bir zorunluluktur.					
7	Ülkemizde “Orman” sayılan yerlerin yönetimine ilişkin planlama çalışmaları yerel düzeyde yürütülmektedir, Uygulamaları, bu kapsamda yerel düzeydeki planlama çalışmalarını da yönlendirebilecek, arazi temelli ülkesel ekolojik, ekonomik ve toplumsal temelli planlama çalışmalarıyla işlevsel olarak tümleşik sektörel planlar ise, hazırlanmamaktadır.					
8	Ülkemizdeki orman ekosistemlerinin tümüne yakın bir kesimi doğal, dolayısıyla kamusal varlıklar; yine tümüne yakın bir kesimi devlet mülkiyetindedir; 1982 Anayasasının bile 169, maddesine göre “Devlet Ormanı” sayılan yerler ve orman ekosistemleri devlet tarafından işletilir; ek olarak, kimin mülkiyetinde olursa olsun “orman” sayılan yerler devletin gözetimi altında kalmalıdır.					
9	“Orman” sayılan yerlerde yalnızca “Devlet ormanları üzerinde bulunması veya yapılmasında kamu yararı ve zaruret olması” koşuluyla ormancılık dışı yatırımlara verilebilecek izinlerde, ekonomik yarar ön planda olmalıdır.					
10	“Orman” sayılan yerlerde verilebilecek izinlerle ilgili işlemler					

	sırasında “kamu yararı ve zaruret olup olmadığı hususu; faaliyetin orman sınırları dışında gerçekleştirilmesi imkânının bulunup bulunmadığının kimler tarafından hangi ölçütler/tanımlar temel alınarak nasıl irdelenip belirlenebileceği hakkında bir açıklama getirilmelidir.					
11	Orman sınırları içinde kuluçkahane, havuz gibi balık üretimine yönelik tesislerle birlikte kurulması zorunlu bekçi kulübesi, yatakhane, depo, idari büro gibi geçici tesislere de izin verilebilir					
12	Baraj, gölet, göl ve deniz yüzeyinde yapılan balık üretimi ile ilgili olarak ormanlık alanda bekçi kulübesi, depo, ağ serme yeri ve kuluçkahane yapımına izin verilebilir					
13	“Ormancılık Büroları” kapsamında şirketler de sayılarak “orman” sayılan yerlerde ormancılık dışı etkinlikler için izin verilmesi uygulaması hedef kitleyi genişletmiştir.					
14	“İzin sahalarının kontrolü” ile ilgili iş ve işlemleri düzenleyen maddeye göre;“ Bölge müdürlüğü izin sahalarının kontrolünü bütçe ödenekleriyle sınırlı olmak kaydıyla serbest yeminli ormancılık bürolarına da yaptırabilir.					
15	“İzne konu tesislerin kiraya verilmesi” doğrudur.					
16	“Bedelsiz izinlerin özelleştirme uygulamaları kapsamında işletme hakkının devri” uygundur.					
17	“Bedelli izinlerin özelleştirme uygulamaları kapsamında işletme hakkının devri” uygundur.					
18	“Bedelsiz izinlerin yap-işlet-devret modeli ile yaptırılması” uygundur.					
19	“Bedelli izinlerin yap-işlet-devret modeli ile yaptırılması” uygundur.					
20	“Kiralama, işletme hakkı devri, yap-işlet-devret modeli ile yaptırılan mevcut izinler” uygundur.					
21	“Kamu özel iş birliği modeli çerçevesinde sağlık ve eğitim tesislerine verilen izinler ve üst hakkı kurulması” uygundur.					
22	“Kamu kurum ve kuruluşlarına verilen bedelli izinlere konu tesislerin yap-işlet-devret modeli esas alınarak yaptırılması ve işlettirilmesi” uygundur.					
23	“Ağaçlandırma bedeli”, madencilik etkinlikleriyle orman ekosistemi kaldırılan yerlerin “Ağaçlandırılması için yapılacak giderlerin karşılığı” iken “İzin verilen alan üzerinden” hesaplanacak ve “bir defaya mahsus alınacak” bedele dönüştürülmüştür; böylece, yatırımcının ağaçlandırma yükümlülüğü hafifletilmesi amaçlanmıştır.					
24	Orman ekosistemlerinde de “aramada işletme izni” getirilmesi doğrudur.					
25	“Rehabilitasyon projesi” tanımlanırken temel alınacak işlemler “rehabilitasyon” işlemlerinin kapsamında sayılmamış; yapılacak işlemler ağaçlandırma ve silvikültür teknikleri kullanılarak çevreye uyumlu hale getirilmesi işlemine” indirgenmiş; böylece bu çalışmaların içeriği iyiden iyiye belirsizleştirilmiştir.					

2.2. Yöntem

Öncelikle 28 araştırma değişkeni frekans ve yüzde tabloları ile betimlenmiştir. Ardından katılımcıların yaş, cinsiyet ve öğrenim durumunun 25 önermenin onaylanması bakımından fark yaratıp yaratmadığını belirlemek için güvenilirlik analizi uygulanmıştır. Yapılan bu testlerde Cronbach’s Alpha katsayısı 0,728 bulunmuş olup ölçeğin güvenilir olduğunu göstermektedir [11].

Anket formundaki 25 önerme normallik koşulu sağlamadığından istatistiksel değerlendirme parametrik olmayan testlerden Mann-Whitney U testi ve Kruskal Wallis H testi ile veriler analiz edilmiştir.

Mann-Whitney U testi normal dağılım göstermeyen iki grubun ortalamalarını karşılaştırmak amacıyla kullanılan

non-parametrik bir yöntemdir. Kruskal Wallis H testi ise normal dağılım üç veya daha fazla sayıda grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığını test edilmektedir [11]. Bu testlerde katılımcıların cinsiyetlerine göre Mann-Whitney U testi, yaş grupları ve eğitim durumlarına göre de Kruskal Wallis H Testi ile görüş farklılıklarının araştırılması istatistiksel olarak irdelenmiştir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Katılımcıların Demografik Özellikleri

Görüş bildiren katılımcıların cinsiyet, yaş ve eğitim durumları Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 2. Katılımcıların cinsiyet bileşimi

Cinsiyet	Frekans	Yüzde
Kadın	6	24.0
Erkek	19	76.0

Tablo 1'e göre katılımcıların %76'sı erkek iken %24'ü kadındır. Tüm ormancılık sektöründe olduğu gibi Malatya Orman İşletme Müdürlüğü'nde erkek çalışanların oranı kadınlara göre oldukça fazladır.

Tablo 3. Katılımcıların yaş bileşimlerine ilişkin bulgular

Yaş Aralığı	Frekans	Yüzde
20-29	4	16.0
30-39	8	32.0
40-49	7	28.0
50-59	5	20.0
60 ve üstü	1	4.0
Toplam	25	100.0

Tablo 2'e göre katılımcıların yaş bileşimi incelendiğinde, %16'sının 20-29 yaş arası, %32'sinin 30-39 arası, %28'inin 40-49 yaş arası, %20'sinin 50-59 yaş arası, %4'ünün 60 yaş ve üstü olduğu görülmektedir. Bu durumda araştırmada yer alan katılımcıların %80'i 30-60 yaş aralığında bulunmaktadır.

Tablo 4. Katılımcıların eğitim durumu bileşimi

Eğitim	Frekans	Yüzde
Ortaokul	1	4.0
Lise	2	8.0
Lisans	20	80.0
Yüksek Lisans	2	8.0
Toplam	25	100.0

Tablo 3 incelendiğinde, %4'ünün ortaokul, %8'inin lise, %80'inin lisans, %8'inin yüksek lisans düzeyinde eğitime sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuçlara göre araştırmada yer alan katılımcıların %88'i lisans ve lisansüstü eğitim derecesine sahiptir.

3.2. Araştırma Kapsamında Oluşturulan Önermelere İlişkin Görüşler

Katılımcıların anket formundaki 25 önermeye onaylama düzeyleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Araştırma kapsamında oluşturulan önermelere ilişkin görüşler

Önermeler	Tamamen Katılmıyorum (%)	Katılmıyorum (%)	Fikrim Yok (%)	Katılıyorum (%)	Tamamen Katılıyorum (%)
Önerme 1	24	48	4	16	8

Önerme 2	8	28	8	40	16
Önerme 3	0	28	16	32	24
Önerme 4	12	12	8	36	32
Önerme 5	0	12	12	52	24
Önerme 6	12	16	4	36	32
Önerme 7	4	16	32	36	12
Önerme 8	0	4	4	48	44
Önerme 9	0	32	32	32	4
Önerme 10	0	4	8	48	40
Önerme 11	12	20	12	44	12
Önerme 12	0	4	32	56	8
Önerme 13	16	28	24	20	12
Önerme 14	0	28	12	36	24
Önerme 15	8	32	4	48	8
Önerme 16	24	48	16	8	4
Önerme 17	24	28	16	24	8
Önerme 18	28	36	16	20	0
Önerme 19	20	44	20	36	8
Önerme 20	12	24	20	36	8
Önerme 21	8	20	16	40	16
Önerme 22	12	20	12	40	16
Önerme 23	4	20	12	56	8
Önerme 24	12	28	20	32	8
Önerme 25	8	20	12	32	28

Tablo 5 incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmaktadır:

Önerme 1: Araştırmaya katılanların %72'si “Ülkemiz de hukuksal olarak ‘Orman’ sayılan yerlerin ormancılık dışı amaçlarla kullanılmasına yönelik düzenleme ve uygulamaların orman ekosistemlerine herhangi bir biçimde zarar vermemesi tümüyle rastlantısaldır” önermesine katılmazken, %24’ü katılmış ve %4’ü fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 2: “Orman ekosistemlerini etkileyebilecek etkinliklerin yalnızca gerçekleştirildiği yerlerle sınırlı olarak, değerlendirilmesi, çoğu durumda doğru sonuçlar vermez” önermesine %56’ü katılırken, araştırmaya katılanların %36’sı bu önermeye katılmamıştır.

Önerme 3: “Hukuksal düzlemlerdeki karşı duruş, engelleme çabalarının yalnızca hukuka uygunluk temeline indirgenmesi, kesinlikle aşılması gereken bir olumsuzluktur” önermesine %56’sı katılırken, %28’i katılmamıştır.

Önerme 4: “Orman ekosistemlerinin varlığı ve yokluğu, niteliği ve niceliği tüm canlıları doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilir; her türlü dışsal oluşumdan etkilenebilir, bu nedenle, orman ekosistemlerinin etkisine ve etkilenmesine ekolojik sınırlar getirmek anlamsızdır” önermesine %68’i katılırken, %24’ü bu önermeye katılmamıştır.

Önerme 5: “Orman ekosistemlerini etkileyen nedenlerin, etkilerin niteliğinin ve boyutlarının, etkilerin olası sonuçlarının tüm boyutlarıyla belirlenebilmesi, birbirinden ayrıştırılabilmesi her durumda olanaklı değildir; ayrıca, söz konusu etkilerin sonuçları kısa zamanda ortaya çıkmaz” önermesine araştırmaya katılanların %76’sı katılmış, %12’si katılmamıştır.

Önerme 6: “Orman ekosistemlerinin yönetilmesine yönelik her türlü etkinliğin hem zaman hem de yersel olarak çok boyutlu, bütünsel ve dinamik bir yaklaşımla planlanması; tüm çalışmaların kesinlikle bu planlara göre yürütülmesi; hazırlanan planların keyfi gerekçelerle değiştirilmemesi yaşamsal, hiçbir gerekçeyle göz ardı edilemeyecek bir zorunluluk olması” önermesine %68’i katılmış, %28’i katılmamış ve %4’ü fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 7: “Ülkemizde ‘Orman’ sayılan yerlerin yönetimine ilişkin planlama çalışmaları yerel düzeyde yürütülmektedir, uygulamaları, bu kapsamda yerel düzeydeki planlama çalışmalarını da yönlendirebilecek, arazi temelli ülkesel ekolojik, ekonomik ve toplumsal temelli planlama çalışmalarıyla işlevsel olarak tümleşik sektörel planlar ise, hazırlanmamaktadır” önermesine %48’i katılırken, %32’si fikri olmadığını ve %20’si katılmadığını belirtmiştir.

Önerme 8: “Ülkemizdeki orman ekosistemlerinin tümüne yakın bir kesimi doğal, dolayısıyla kamusal varlıklar; yine tümüne yakın bir kesimi devlet mülkiyetindedir; 1982 Anayasasının bile 169, maddesine göre ‘Devlet Ormanı’ sayılan yerler ve orman ekosistemleri devlet tarafından işletilir; ek olarak, kimin mülkiyetinde olursa olsun ‘Orman’ sayılan yerler devletin gözetimi altında kalmalıdır” önermesine araştırmaya katılanların % 92’si katılmıştır.

Önerme 9: “Orman sayılan yerlerde yalnızca ‘Devlet ormanları üzerinde bulunması veya yapılmasında kamu yararı ve zaruret olması’ koşuluyla ormancılık dışı yatırımlara verilebilecek izinlerde, ekonomik yarar ön planda olmalıdır” önermesine %32’i katılmamış, %32’si bu önermeye katılırken, %’ü fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 10: “Orman sayılan yerlerde verilebilecek izinlerle ilgili işlemler sırasında ‘kamu yararı ve zaruret olup olmadığı hususu; faaliyetin orman sınırları dışında gerçekleştirilmesi imkânının bulunup bulunmadığının’ kimler tarafından hangi ölçütler/tanımlar temel alınarak nasıl irdelenip belirlenebileceği hakkında bir açıklama getirilmelidir” önermesine araştırmaya katılanların %88’i katılmıştır.

Önerme 11: “Orman sınırları içinde kuluçkahane, havuz gibi balık üretimine yönelik tesislerle birlikte kurulması zorunlu bekçi kulübesi, yatakhane, depo, idari büro gibi geçici tesislere de izin verilebilmesinin uygun olacağı” görüşüne %66’sı katıldığını, %32’si ise katılmadığını belirtmiştir.

Önerme 12: “Baraj, gölet, göl ve deniz yüzeyinde yapılan balık üretimi ile ilgili olarak ormanlık alanda bekçi kulübesi, depo, ağ serme yeri ve kuluçkahane yapımına izin verilebilir” önermesine %64’ü katılırken, %32’i fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 13: “Ormancılık Büroları kapsamında şirketler de sayılarak ‘orman’ sayılan yerlerde ormancılık dışı etkinlikler için izin verilmesi uygulaması hedef kitleyi genişletmiştir” önermesine %44’ü katılmazken, %32’si katılmış ve %24’ü fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 14: “İzin sahalarının kontrolü ile ilgili iş ve işlemleri düzenleyen maddeye göre; Bölge müdürlüğü izin sahalarının kontrolünü bütçe ödenekleriyle sınırlı olmak kaydıyla serbest yeminli ormancılık bürolarına da yaptırabilir” önermesine araştırmaya katılanların %28’i bu önermeye katılmazken, %60’ı katılmış ve %12’si fikrinin olmadığını belirtmiştir.

Önerme 15: “İzne konu tesislerin kiraya verilmesi doğrudur” önermesine %56’sı katılırken, %40’ı katılmamıştır.

Önerme 16: “Bedelsiz izinlerin özelleştirme uygulamaları kapsamında işletme hakkının devri uygundur” görüşüne araştırmaya katılanların %72’si katılmazken, %12’si katılmış ve %16’sı fikrinin olmadığını belirtmiştir.

Önerme 17: “Bedelli izinlerin özelleştirme uygulamaları kapsamında işletme hakkının devri uygundur” görüşüne %52’si katılmazken, %32’si katılmıştır.

Önerme 18: “Bedelsiz izinlerin yap-işlet-devret modeli ile yaptırılması uygundur” önermesine %64’ü katılmazken, %20’i katılmış ve %16’sı fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 19: “Bedelli izinlerin yap-işlet-devret modeli ile yaptırılması uygundur” önermesine %64’ü katılmazken, %28’si katılmış ve %8’i fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 20: “Kiralama, işletme hakkı devri, yap-işlet-devret modeli ile yaptırılan mevcut izinler uygundur” görüşüne araştırmaya katılanların %36’sı bu önermeye katılmazken, %44’ü katılmış ve %20’si fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 21: “Kamu özel iş birliği modeli çerçevesinde sağlık ve eğitim tesislerine verilen izinler ve üst hakkı kurulması uygundur” görüşüne %28’i katılmazken, %56’sı katılmış ve %16’si fikrinin olmadığını belirtmiştir.

Önerme 22: “Kamu kurum ve kuruluşlarına verilen bedelli izinlere konu tesislerin yap-işlet-devret modeli esas

alınarak yaptırılması ve işlettirilmesi uygundur” görüşüne araştırmaya katılanların %56’sı katılmış, %32’i bu önermeye katılmazken, %12’si fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 23: “Ağaçlandırma bedeli, madencilik etkinlikleriyle orman ekosistemi kaldırılan yerlerin ‘Ağaçlandırılması için yapılacak giderlerin karşılığı’ iken ‘İzin verilen alan üzerinden’ hesaplanacak ve ‘bir defaya mahsus alınacak’ bedele dönüştürülmüştür; böylece, yatırımcının ağaçlandırma yükümlülüğü hafifletilmesi amaçlanmıştır” önermesine %64’ü katılmış, %24’ü de katılmamış, %12’si fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 24: “Orman ekosistemlerinde de ‘aramada işletme izni’ getirilmesi doğrudur” görüşüne %40’ü katılırken, %40’ü katılmamış ve %20’si fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

Önerme 25: Araştırmaya katılanların %60’ı “Rehabilitasyon projesi tanımlanırken temel alınacak işlemler ‘rehabilitasyon’ işlemlerinin kapsamında sayılmamış; yapılacak işlemler ağaçlandırma ve silvikültür teknikleri kullanılarak çevreye uyumlu hale getirilmesi işlemine indirgenmiş; böylece bu çalışmaların içeriği iyiden iyiye belirsizleştirilmiştir” görüşüne %60’ı katılırken, %28’i katılmamış ve %12’si fikrinin olmadığını beyan etmiştir.

3.3. Katılımcıların Yaş, Cinsiyet ve Öğrenim Durumlarına Göre Görüş Farklılıkları

Araştırmaya katılanların cinsiyetlerine göre Mann-Whitney U testi, yaş grupları ve eğitim durumlarına göre de Kruskal Wallis H Testi ile görüş farklılıklarının araştırılması istatistiksel olarak irdelenmiştir.

Yaş grupları ve eğitim durumlarına göre 0,05 anlamlılık düzeyinde (p) yapılan Kruskal Wallis H Testi sonuçlarına göre herhangi bir görüş farklılığı tespit edilememiştir. Fakat, araştırmaya katılanların cinsiyetlerine göre ise 0,05 anlamlılık düzeyinde iki önermede görüş farklılıkları istatistiksel olarak tespit edilmiştir. Araştırmaya katılanların cinsiyetlerine göre görüş farklılıklarının tespiti için yapılan Mann-Whitney U testi sonucu Tablo 6’da verilmiştir.

Cinsiyete göre görüş farklılıklarının tespiti için yapılan analiz sonuçlarına göre, “Baraj, gölet, göl ve deniz yüzeyinde yapılan balık üretimi ile ilgili olarak ormanlık alanda bekçi kulübesi, depo, ağ serme yeri ve kuluçkahane yapımına izin verilebilir” önermesi (ÖNERME 12) ile “Kamu özel iş birliği modeli çerçevesinde sağlık ve eğitim tesislerine verilen izinler ve üst hakkı kurulması uygundur” önermesine (ÖNERME 21) araştırmaya katılan kadın ve erkekler arasında görüş farklılıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. Bu görüş farklılığının, kadın katılımcıların, erkek katılımcılara göre bu tür orman alanlarının ormancılık dışı kullanımlarda daha hassas düşünmesinden kaynaklandığı tespit edilmiştir (Önerme 12 Kadınlar Ortalama: 2,51; Erkekler Ortalama: 3,32; Önerme 21 Kadınlar Ortalama: 2,48; Erkekler Ortalama: 3,36).

Tablo 6. Mann-Whitney U testine göre katılımcıların cinsiyetlerine göre görüş farklılıkları

Önermeler	Mann-Whitney U	Wilcoxon W	Z	Anlamlılık Düzeyi (p)
Önerme 12	29.500	50.500	-1.966	.049*
Önerme 21	26.000	47.000	-2.056	.040*

Ülkemizde kamunun ihtiyaçlarının karşılanması için taşınır ya da taşınmaz mallara ihtiyaç vardır. Bu mallar bazen nitelikleri gereği, bazen kamu hizmetlerine tahsis şekilleri ve bazen de tabi oldukları hukuk kuralları açısından birbirlerinden farklıdır. Ormancılık tarihine baktığımızda ormanların hangi mal sınıfında kabul gördüğü, “kamu malı” sayılıp sayılmadığı, konusunda fikir ayrılıkları olsa da genel kanı “mülkiyetinin kamuya ait” olduğudur [1], [12]. Ormanların sağladığı çok yönlü fonksiyonların tüm canlılar üzerindeki etkisi aşikardır. Geçmişten günümüze kamu ihtiyaçlarını karşılama konusunda üzerine düşen görevi fazlasıyla yerine getirdiği konusunda hiç kuşku yoktur [9]. Ormancılıkta temel amaç topluma maksimum fayda sağlamaktır [5]. Ormanların ormancılık dışı faaliyetlerden sağladığı “kamu yararı” ön plana çıksa da insanoğlu için sağladığı ekosistem hizmetleri açısından faydaları da göz ardı edilmemelidir. İklim krizinin hem nedeni hem de sonucu olarak önemli rol oynayan orman alanlarının korunması ve geliştirilmesi konusunda korumaya ağırlık veren bir koruma-kullanım dengesi çerçevesinde değerlendirilmesi gerektiği her geçen gün önem kazanmaktadır [13]. Ormanlar, hem karmaşık toplumsal ve ekolojik sistemler hem de Türkiye’de milli servet olarak ekonomik kalkınmada çelişkili bir rol oynar. Bu çelişki, ormanların kamu yararları ile tahsis edilme biçimleri arasındaki çatışmadan kaynaklanır. Ormanlar yenilenebilir olmakla birlikte, tüketilebilir doğal kaynaklardır; bu nedenle, ormanlardan yararlanma, tahribata yol açabilir. Oysa ormanlar halkın ve gelecek nesilleri düşünülerek korunmaları ve geliştirilmeleri önemlidir [14].

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman içerisinde yerleşim yeri tahsisi ve irtifak hakkı gibi konuların ormancılık ve orman ekosistemi açısından etkilerinin araştırıldığı bu çalışma, Malatya Orman İşletme Müdürlüğünde çalışan 19 erkek ve 6 kadından oluşan 25 kişilik tüm personel ile yürütülmüştür. Araştırmaya katılanların yaşları incelendiğinde, %16'sının 20-29 arası, %32'sinin 30-39 arası, %28'inin 40-49 arası, %20'sinin 50-59 arası, %4'ünün 60 ve üstü olduğu görülmektedir. Eğitim durumları incelendiğinde, %4'ünün ortaokul, %8'inin lise, %80'inin lisans, %8'inin yüksek lisans düzeyinde eğitime sahip olduğu görülmektedir. Araştırma neticesinde cinsiyete göre: “Baraj, gölet, göl ve deniz yüzeyinde yapılan balık üretimi ile ilgili olarak ormanlık alanda bekçi kulübesi, depo, ağ serme yeri ve kuluçkaane yapımına izin verilebilir” önermesi ile “Kamu özel iş birliği modeli çerçevesinde sağlık ve eğitim tesislerine verilen izinler ve üst hakkı kurulması uygundur” önermesine kadın ve erkek katılımcılar arasında görüş farklılıklarının bulunduğu tespit edilmiştir. Bu konuda kadınların, erkek katılımcılara göre ekosistem bütünlüğünün korunması açısından daha bir yaklaşım sergilemelerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Araştırma neticesinde yaş dağılımlarına ve eğitim durumlarına göre görüş farklılıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir sonuç tespit edilememiştir.

Orman ekosistemlerinin varlığı ve yokluğu, niteliği ve niceliği tüm canlıları doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilir. Orman ekosistemlerini etkileyen nedenlerin, etkilerin niteliğinin ve boyutlarının ve etkilerin olası sonuçlarının tüm boyutlarıyla belirlenebilmesi her durumda olanaklı değildir. Ayrıca, söz konusu etkilerin sonuçları kısa zamanda ortaya çıkmamaktadır. Orman ekosistemlerinin yönetilmesine yönelik her türlü etkinliğin hem zaman hem de yersel olarak çok boyutlu, bütünsel ve dinamik bir yaklaşımla planlanması gerekmektedir. Ülkemizde “Orman” sayılan yerlerin yönetimine ilişkin planlama çalışmaları yerel düzeyde yürütülmektedir. Yerel düzeydeki planlama çalışmalarını da yönlendirebilecek, arazi temelli ülkesel ekolojik, ekonomik ve toplumsal temelli planlama çalışmalarıyla işlevsel olarak tümleşik sektörel planlar yapılması uygun olacaktır. “Orman” sayılan yerlerde verilebilecek izinlerle ilgili işlemler sırasında “kamu yararı ve zaruret olup olmadığı hususu; faaliyetin orman sınırları dışında gerçekleştirilmesi imkânının bulunup bulunmadığının kimler tarafından hangi ölçütler/tanımlar temel alınarak nasıl irdelenip belirlenebileceği hakkında bir açıklama getirilmesi bu konu üzerindeki tartışmalara son verebilir. Devlet ormanlarında ormancılık dışı yatırımlara kamu yararı ve zaruret olması koşuluyla verilebilecek izinlerde sadece ekonomik yararın ön plana çıkması doğru bir karar olmadığı açıktır. Kiralama, işletme hakkı devri, yap-işlet-devret modeli ile yaptırılan mevcut izinler ile bedelli ve bedelli izinlerin yap-işlet-devret modeli ile yaptırılmasında daha hassas davranılmasında fayda olacaktır. Rehabilitasyon projesi tanımlanırken temel alınacak işlemler rehabilite işlemlerinin kapsamında sayılmamış; yapılacak işlemler ağaçlandırma ve silvikültür teknikleri kullanılarak çevreye uyumlu hale getirilmesi işlemine indirgenmiştir. Böylece bu çalışmaların içeriği iyiden iyiye belirsizleştirilmiş gibi gözükmektedir. “Ağaçlandırma bedeli”, madencilik etkinlikleriyle orman ekosistemi kaldırılan yerlerin ağaçlandırılması için yapılacak giderlerin karşılığı iken izin verilen alan üzerinden hesaplanacak ve bir defaya mahsus alınacak bedele dönüştürülmüştür durumdadır. Böylece, yatırımcının ağaçlandırma yükümlülüğü hafifletilmiş olmaktadır.

Orman sayılan yerlerde izin ve irtifak işleri, orman alanları üzerinde çeşitli faaliyetlerin yapılabilmesi için gerekli izinlerin verilmesi ve bu faaliyetlerin düzenlenmesini içerir. Orman alanlarında faaliyet izinleri, orman alanlarında çeşitli faaliyetlerin (inşaat, madencilik, enerji projeleri gibi) yapılabilmesi için yetkili kurumlar tarafından verilen izinlerdir. Bu izinler, çevresel etkileri ve kamu yararı göz önünde bulundurularak verilmesi gerekmektedir. Turistik ve rekreasyon alanları için verilen izinler, orman alanlarında turistik tesisler, kamp alanları veya diğer rekreasyonel faaliyetler için verilen izinleri kapsamaktadır. Altyapı ve kamu hizmetleri izinleri ise, su, enerji, ulaşım gibi kamu hizmetlerinin yürütülmesi amacıyla yapılan izin işlemleridir.

İrtifak hakları ise orman alanlarında belirli bir süre ve şartlarla bir kişinin veya kuruluşun orman alanında kullanım hakkı tanınmasıdır. Bu hak, genellikle kamu yararı gözetilerek ve belirli sınırlamalar çerçevesinde verilmektedir. Bunlar, kamu yararına irtifak hakları, kamu hizmetlerinin veya altyapı projelerinin gerçekleştirilmesi için orman alanlarında verilen, genellikle uzun vadeli ve özel kullanım haklarıdır. Enerji santrali, su rezervuarı veya ulaşım yolları gibi projeler için orman alanlarında verilen hakları içerir. Bu işlemler genellikle Orman Kanunu ve ilgili mevzuat çerçevesinde yürütülmekte ve kamu yararı, çevresel etki ve orman ekosisteminin korunması gibi faktörlerin dikkate alınması büyük önem taşımaktadır. İzin ve irtifak süreçlerinin hem kamu yararını sağlamak, hem de doğal kaynakları korumak amacıyla titizlikle yürütülmesi ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesi gerekmektedir.

TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yapılmasına olanak sağlayan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

KAYNAKLAR

- [1] Ayanoğlu, S. (1996). Türk orman rejimine eleştirisel bir yaklaşım. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, 46(2), 99-114.
- [2] Aytuğ , B., (1976): Orman Tanımlaması ve Bu Tanımlamada Yer Alan Ağaç, Ağaççık ve Çalı Kavramları, 1. Orman Kadastro Semineri, O.G.M . Yayın No. 607/13, Ankara.
- [3] Kılıç, E. (2021). Tanzimat'ın başarısız girişimi: ilk Orman Müdürlüğünün kuruluşu ve kapatılma süreci. *Ağaç ve Orman*, 2(2), 52-61.
- [4] Olgun, H. (2017). Orman Alanlarının Ormancılık Dışı Kullanımlara Tahsisinde Yasal Düzenlemeler ve Verilen İzinler. (Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- [5] Paksoy, H.M. (1994). Türkiye’de Ormancılık Sektörünün Kalkınmadaki Yeri ve Özel Orman İşletmeciliği. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
- [6] OGM (2024) Orman Genel Müdürlüğü, Mevzuatlar. <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane-sitesi/mevzuat-sitesi/Talimatlar/> (Son erişim tarihi: 06 Mart 2024)
- [7] Şimşek S (2011). Orman Sayılan Alanlarda Orman Dışı Amaçlarla İrtifak Hakkı Tesisinin Kamu Yararı Açısından Değerlendirilmesi. *Sayıştay Dergisi*, 81, 63-90.
- [8] Gençay, G. (2010). Ormancılıkta kamu yararı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 60(1), 38-49.
- [9] Tolunay, A., Korkmaz, M., (2004). Ormancılıkta Kamu Yararı ve Üstün Kamu Yararı Üzerine Analizler. *SDÜ Fen Bil. Enst Dergisi*, 8-1, 47-58.
- [10] Olgun, H., Tolunay, A. (2018). Orman Alanlarının Ormancılık Dışı Kullanımlara Tahsisinde Yasal Düzenlemelere ve Verilen İzinlere İlişkin Görüşlerin Değerlendirilmesi, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20 (2): 287-295
- [11] Akgül A, Çevik O (2005). İstatistiksel Analiz Teknikleri SPSS’te İşletme Yönetimi Uygulamaları, Emek Ofset, 456s, Ankara.
- [12] Ayanoğlu, S. (1985). Hukuksal Açından Orman Emlaki ve Orman Mülkiyetinin Temelleri. (Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Hukuku Kürsüsü).
- [13] Sümer, N., Üstün, G. (2021). Orman Alanlarının Turizm Yatırımlarına Tahsisi Konusunda Turizmi Teşvik Kanunu’nda Öngörülen Değişiklikler, *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi*, 27 (2): 1232-1259.
- [14] Sümer, N. (2022). İdare Hukuku Açısından Orman Alanlarından Yararlanmanın Hukuki Rejimi. (Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kamu Hukuku Anabilim Dalı).



AŞINMAYA KARŞI DİRENÇLİ MİILUX450 ÇELİĞİ İLE S235JR YAPI ÇELİĞİNİN KAYNAKLANABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

Ercan KAYA^{1*}, Mehmet Cengiz KAYACAN²

^{1,2}Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği, Isparta,
TÜRKİYE

Sorumlu Yazar: ercankaya16@hotmail.com

DOI: 10.57120/yalvac.1554214

ÖZET

Üretimde hem maliyetleri düşürmek hem de yüksek performanslı ürünler üretmek için farklı birleştirme yöntemleri kullanılır. Farklı metallerin bir arada kullanılmasında en çok tercih edilen yöntemlerin başında kaynaklı birleştirme yöntemi gelir. Bu çalışmada, fiber lazer kaynak yöntemi ve robotik metal aktif gaz kaynak yöntemi kullanılarak 6 mm kalınlığında S235JR ve Miilux450 çeliği Taguchi yöntemi kullanılarak belirlenen uygun parametrelerle kaynatılmıştır. Kaynak sonrası numunelere çekme testi, 3 nokta eğme testi, mikro sertlik testi yapılmıştır. Son olarak numunelerin optik mikroskopla mikro yapı incelemesi yapılmıştır. Çekme testi sonuçlarının minitab programı ile istatistiksel analizi yapılmıştır. Sertlik testinde; ana malzeme, kaynak bölgesi ve ısı tesiri altındaki bölgelerin vickers sertlikleri incelenerek optik mikroskop ile mikro yapıları incelenmiştir. Çekme deneyine ait parametreler varyans analizi ile incelendiğinde metal aktif gaz kaynağında en etkili parametrenin kaynak hızı, lazer kaynağında frekans olduğu görülmüştür. Lazer kaynağında ergimenin dar bir bölgede olması ve düşük ısı girdisi sayesinde sertlik değerinin metal aktif gaz sertlik değerinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Ortalama sertlik değerlerinde lazer kaynak dikiş sertliği 511,9 HV iken gazaltı kaynak dikiş sertliği 255,3 HV'dir. Eğme testinde Miilux450 aşınmaya karşı dirençli çeliğin sert bir malzeme olması nedeniyle Miilux450 çelik numunelerinin hiçbirinde eğilme gerçekleşmezken eğilme 235JR üzerinde gerçekleşmiştir.

Anahtar kelimeler: S235JR, Miilux450, Lazer Kaynağı, Metal Aktif Gaz Kaynağı, Taguchi, Minitab.

ABSTRACT

Different joining methods are used in production to both reduce costs and produce high-performance products. Welded joining method is one of the most preferred methods for using different metals together. In this study, using the fiber laser welding method and the robotic metal active gas welding method, the appropriate parameters of 6 mm thick 235JR and Miilux450 steel were welded using Taguchi method. Tensile test of samples after welding, 3 point bending test, hardness test and micro struction were performed. Statistical analysis of tensile test results with minitab program was performed. In the hardness test; the vickers hardness of the main material the welding zone and the heat effected zones were examined and the microstructures were examined with the optical microscope. When the parameters of the tensile test were examined with analysis of variance, it was seen that the most effective parameter in metal active gas welding was the welding speed and in laser welding the frequency. In laser welding, it was observed that the hardness value was higher than the gas hardness value due to the fact that the melting was in a narrow region and the low heat in put. In average hardness values, laser welding seam hardness is 511,9 HV and gas welding seam hardness is 255,3 HV. In the bending test, bending occurred on 235JR, while bending did not occur on any of the Miilux450 steel samples, since Miilux450 wear resistant steel is a hard material.

Keywords: S235JR, Miilux450, Laser Welding, Metal Active Gas Welding, Taguchi, Minitab.

1. GİRİŞ

Endüstride kullanılan malzemelerin elde edilmesi kolay olmayıp; üretim aşamasında yüksek maliyetli enerji gereksinimi, bakımı, kullanım ömrü, işçilik gibi faktörler malzemeleri daha kıymetli kılmaktadır. Endüstriyel alanda kullanılan makine parçaları çevresel faktörler ve birbirleri ile olan temasları sonucu aşınmakta, güç kaybı ve yedek parça ihtiyacı doğmaktadır. Malzeme ve metalürji alanında yapılan çalışmalar aşınma sorununun

endüstride yıllık 2 milyar euro zarara yol açtığını ortaya koymuştur [1,2]. Aşınma; farklı malzemelerin (katı, sıvı, gaz) kullanılan malzemeler ile teması neticesinde, mekanik etkenlerle yüzeyden küçük parçacıkların ayrılması sonucu meydana gelen ve sürekli ilerleyerek malzeme yüzeyinde istenmeyen yüzey hasarıdır [3]. Aşınmayı engelleyip kayıpları en aza indirmek için çelik malzeme üreticileri Miilux, Hardox, Dillidur, Xar, Fora vb. aşınmaya karşı dirençli çelikler üretmişlerdir. Üreticiler aşınmaya dirençli çeliklerin pahalı ürünler olmasından maliyeti azaltmak için farklı birleştirme yöntemleri kullanmışlardır. Birleştirme yöntemleri içinde kaynaklı birleştirme yöntemleri %20 tasarruf sağlamaktadır [4].

Yapı çelikleri (S235JR, ST52) ise geniş bir kullanım alanına sahip maliyeti düşük çeliklerdir. Aşınmaya dirençli çelikler ile yapı çelikleri kaynak kabiliyeti açısından kaynaklı birleştirmeye uygun olduklarından oluşturulacak yeni konstrüksiyon ve ekipmanlar hem üretimde enerji tasarrufu hem de üretim maliyetlerinin aşağı çekilmesini sağlayacaktır. Başta madencilik sektöründe sürtünen ve aşınan parçaların bir arada kullanıldığı daha düşük aşınma ve gerilmelere maruz bölgelerde farklı metaller kaynak yöntemleri ile bir arada kullanılabilir. Kullanılacak kaynak yöntemlerinin başında gazaltı kaynağı ve lazer kaynağı gelmektedir.

Endüstriyel uygulamalarda kullanılan lazer kaynak makineleri Nd: YAG lazeri, CO₂ lazeri, Disk lazerleri ve Fiber lazerlerdir. Yüksek güç, düşük ışın sapması, kompakt tasarım, esnek ışın iletimi, fiber-optik kablo sayesinde basit ışın iletimi, temiz kaynak yüzeyi, yüksek hassasiyet fiber lazerleri diğer lazerlerden ayıran üstün özelliklerdir [5]. Gazaltı kaynağı üç çeşit olup; Metal İnert Gaz (MIG) kaynağı, Metal Aktif Gaz (MAG) kaynağı ve Tungsten İnert Gaz (TIG) kaynağıdır [6]. Endüstriyel alanda mükemmel kaynak kalitesini elde edebilmek için robotik kaynak tekniği tercih edilmektedir.

Bu çalışma ile lazer kaynak ve gazaltı kaynak uygulamalarının uygun parametrelerle farklı çeliklerin kaynaklanabilirliği gösterilerek Miilux450 gibi pahalı bir çelik yerine aşınmanın daha az olduğu yerlerde, daha hesaplı bir malzeme olan düşük karbonlu S235JR çeliğinin kullanılabilirliği ile ekonomik kazanım amaçlanmıştır.

Endüstriyel uygulamalarda kullanılmak üzere aşınmaya dirençli çelikler ile düşük karbonlu çelikler farklı kaynak yöntemleri ile birleştirilerek bir arada kullanılmasına yönelik uygulamalar yapılmış ve yeni uygulamalar da yapılmaya devam etmektedir. Ekonomiklik, maliyetleri düşürme, düşük enerji kullanımı, uzun ömürlü malzeme vb. özellikler çalışmada devamlılığı sağlamaktadır. Daha önceki yıllarda başarılı bir şekilde yapılmış kaynak uygulamalarından bazıları: Aşınmaya dirençli RAEX AR 400 çeliği ile ST37 yapı çeliği elektrik ark, MAG ve TIG kaynak yöntemiyle kaynatılmıştır. Karışım gazlı MAG kaynaklı numunenin çekme mukavemeti 436,61 MPa ile en yüksek çıkmıştır. Yüksek çıkma nedeni mikro yapıdaki dayanımı ve tokluğu arttıran asiküler ferrit miktarının fazlalığı ile açıklanmıştır [7]. Hardox 450 ile MAG kaynağında çekme deneyinde kopmaların kritik bölge olan ITAB'da gerçekleştiği, kaynak bölgesinde ısının ilerleme yönüne paralel tane yöneliminin gerçekleştiği belirtilmiştir [8]. Hardox 500 ile St-52 çeliğinin robotik gazaltı kaynağında gerilim ve akım değerleri arttığında kaynak kısımlarının çekme eğrilerinin daha kararlı olup sertlik deney sonuçlarının çekme sonuçları ile uyusuklarını belirtmiştir [9]. Hardox 450 robotik MAG kaynağında; CO₂ gazı kullanımında ısı girdisi arttığı için ITAB'da sertlik değerlerinde azalmaların gerçekleştiği, ITAB'da iri taneli östenit yapılar yoğun olarak görüldüğü belirtilmiştir [10]. Ramor600 çeliğini Taguchi L₉ deney dizaynına göre fiber lazer kaynağında en etkili parametrenin %34,26 ile lazer atış hızı olduğu belirtilmiştir [11]. Hardox 450- S355J2 robotik MAG kaynağında; 110SG ilave tel ile yapılan kaynaklı numunelerin sertlik değerleri diğer ilave teller ile yapılan kaynaklara göre daha yüksek bulunmuş, kaynak bölgesi sertlik değerlerinin S355J2 ana malzemeden yüksek, Hardox 450 ana malzemeden daha düşük olduğu belirtilmiştir. Kullanılan farklı ilave kaynak metalleri sonucu farklı kaynak bölgesi mikro yapıları elde edildiği belirtilmiştir. SG3 ilave metalinin kullanıldığı kaynak bölgesinde ferritik ve martenzitik fazları, 110SG ilave metalinde aseküler ferrit ve temperlenmiş martenzit fazları, 307LSi ilave metalinde delta ferrit fazının oluştuğu belirtilmiştir. Her iki malzemenin ITAB'ında tane irileşmesi gerçekleştiği belirtilmiştir [12]. S355J2 yapı çeliğinin SG2 ilave teli kullanılarak farklı akım değerleri ile tek ve çift taraflı MIG gazaltı kaynağında; en iyi kaynak, akım değeri 260 A olan çift taraflı numunede elde edilmiştir. Akımın artması ile kaynak bölgesi ve ITAB sertlik değerinin arttığı, akım değeri 260 A olan tek taraflı numunenin sertlik değerinin 219.9 HV ile en yüksek olduğu belirtilmiştir [13].

Miilux çelikleri ülkemizde Miilux Yüksek Mukavemetli Çelik Üretim A.Ş. tarafından Manisa Organize Sanayi Bölgesinde ısıl işlem çelikleri olarak üretilmektedir. Miilux çelikleri aşınmaya dayanıklı çelikler ve zırh çelikleri olarak üretilmektedir. Literatürde yer alan Miilux çelikleri üzerine yapılmış çalışmaların tamamı zırh çelikleri üzerinedir. Miilux aşınmaya dayanıklı çelikler üzerine yapılmış çalışma ülkemizde yoktur. Bu nedenle ülkemizde üretilen aşınmaya dirençli çelikler üzerine yapılan bu ve benzeri tüm çalışmalar literatür açısından sonraki yapılacak tüm çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Aşınmaya dirençli çeliklerin üretiminde işçilik, yüksek enerji ihtiyacı ve rekabetçi ortam gibi faktörler malzemeleri

daha kıymetli yapmaktadır. Aşınmaya dirençli çeliklerin pahalı olmasından maliyeti azaltmak için farklı birleştirme yöntemleri kullanılmıştır. Tek bir malzeme ile istenilen her özellik karşılanamazken farklı özelliklere sahip malzemelerin beraber kullanılması ile istenilen özellikte bir malzeme üretilebilir. Böyle bir malzemeyi üretmenin en iyi yollarından biri kaynaklı birleştirmedir.

Bu çalışma ile lazer ve gazaltı kaynak uygulamalarının uygun parametrelerle farklı çeliklerin kaynaklanabilirliği gösterilerek Miilux450 gibi pahalı bir çelik yerine aşınmanın daha az olduğu yerlerde, daha hesaplı bir malzeme olan düşük karbonlu S235JR çeliğinin kullanılabilirliği ile ekonomik kazanım amaçlanmıştır. Bu çalışma ile elde edilen verilerin dikkate alınarak yapıldığı kaynak çalışmalarında kaynak kalitesi daha yüksek olacaktır.

Yapılan çalışmada Miilux450-S235JR çeliklerinin kaynaklanabilirliği araştırılmış olup; kaynak sonrası numunelere çekme testi, 3 nokta eğme testi, mikro sertlik testi yapılmıştır. Çekme testi sonuçlarının minitab programı ile istatistiksel analizi yapılmıştır. Sertlik testinde; ana malzeme, kaynak bölgesi ve ısı tesiri altındaki bölgelerin (ITAB) Vickers sertlik durumu incelenerek optik mikroskop ile mikro yapıları incelenmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Deneyel çalışmada 6 mm'lik Miilux450 ile S235JR çelikleri kullanılmıştır. SG2 kaynak teli ve çeliklere ait kimyasal (Tablo 1) ve mekanik özellikler (Tablo 2)'de verilmiştir.

Tablo 1. Malzemelerin kimyasal özellikleri [14,15]

Numune	C	Si	Mn	P	S	N	Cr	Ni	Mo	B	Fe
S235JR	0,17		1,4	0,04	0,04	0,012	-	-	-	-	Kalan
Miilux450	0,26	0,7	1,7	0,025	0,01	-	1,3	0,8	0,5	0,005	Kalan
SG2	0,08	0,85	1,45	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 2. Malzemelerin mekanik özellikleri [14,15]

Numune	Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Uzama (%)	Sertlik Değeri (HB)
S235JR	235	360-510	26	100-154
Miilux450	1100	1350	8	400-480
SG 2	min 420	500-640	22	-

2.2. Yöntem

Robotik Gazaltı (MAG) kaynağı ve fiber lazer kaynağı çift taraflı, kaynak ağızı açılmadan küt alın şeklinde, yatay pozisyonda (Tablo 3), (Tablo 4), (Tablo 5) ve (Tablo 6)'da verilen Taguchi L₉ yöntemine uygun 9'ar adet yapılmıştır. Çalışmada her bir kaynak türü için (Tablo 3)'te yer alan 3'er kaynak parametresi belirlenmiştir.

Tablo 3. Gazaltı ve lazer kaynağı Taguchi parametre girdileri

Taguchi L ₉ Parametre no	Gazaltı kaynak parametreleri			Lazer kaynak parametreleri		
	Gaz debisi (l/dk)	Kaynak hızı (mm/s)	Akım (A)	Güç (W)	Frekans (Hz)	Işın Genişliği (mm)
1	12	30	190	75	10	2,8
2	10	20	170	80	8	3
3	8	40	150	85	6	3,2

Optimum kaynak parametrelerinin belirlenebilmesi için (Tablo 4)'te yer alan Taguchi L₉ deney dizaynı seçilmiştir. Taguchi L₉ deney dizaynı sayesinde 3³=27 deney çalışması yerine 9 deneyle sonuca ulaşılabilmektedir. Ayrıca (Tablo 5)'te yer alan Taguchi L₉ dizaynı ile maliyet ve zamandan kazanmak amaçlanmıştır. Taguchi kalite karakteristiğinde Sinyal (Signal)-Gürültü (Noise) (S/N) oranı kullanılır. Taguchi çalışmasıyla bulunan sonuçlar

(S/N) oranına dönüştürülerek değerlendirilir. (S/N) oranı değerleri nominal değer iyi, küçük değer iyi ve büyük değer iyi şeklinde kalite değeri hedeflenen değere göre farklı şekillerde hesaplanıp analizleri yapılır. (S/N) oranı değerlerinden nominal, küçük ve büyük değer iyi kullanılması fark etmeksizin sonuç değerlerinden daha büyük olan (S/N) oranı daha iyi deney sonucu demektir. Deneysel çalışmalarda seçilen faktör seviyeleri arasında en yüksek (S/N) oranını gösteren değerler en iyi performansa sahiptir. Varyans analizi (ANalysis Of VAriance–ANOVA) hangi prosesin üzerinde hangi faktörlerin ne kadar etkili olduğunun istatistiki açıklanmasıdır. (S/N) oranı ve ANOVA procesteki optimum performansı bulmaya yardımcı olur [16].

Tablo 4. Deneyde kullanılan Taguchi yöntemi

Deney No	Malzeme	Kaynak Parametreleri		
		1	2	3
1	235jr-Miilux450	1	1	1
2	235jr-Miilux450	1	2	2
3	235jr-Miilux450	1	3	3
4	235jr-Miilux450	2	1	2
5	235jr-Miilux450	2	2	3
6	235jr-Miilux450	2	3	1
7	235jr-Miilux450	3	1	3
8	235jr-Miilux450	3	2	1
9	235jr-Miilux450	3	3	2

Tablo 5. Taguchi yöntemi ile belirlenen kaynak parametreleri

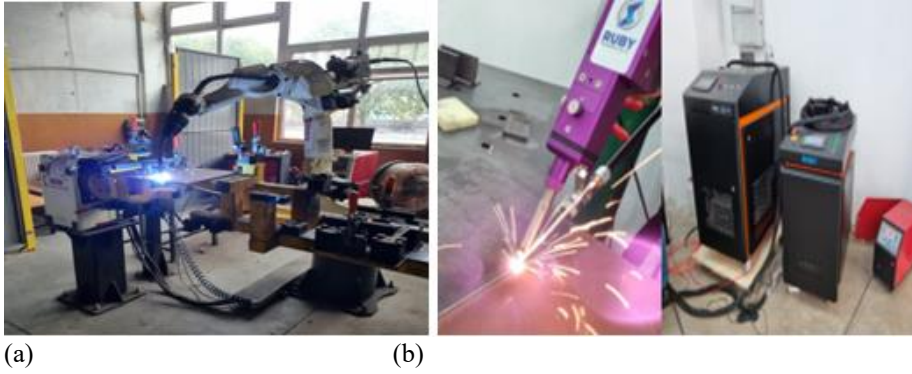
Deney No	Malzeme	Gazaltı Kaynak Parametreleri			Lazer Kaynak Parametreleri		
		Gaz debisi (l/dk)	Kaynak hızı (mm/s)	Akım (A)	Güç (W)	Frekans (Hz)	Işın Genişliği (mm)
1	235jr-Miilux450	12	30	190	75	10	2,8
2	235jr-Miilux450	12	20	170	75	8	3
3	235jr-Miilux450	12	40	150	75	6	3,2
4	235jr-Miilux450	10	30	170	80	10	3
5	235jr-Miilux450	10	20	150	80	8	3,2
6	235jr-Miilux450	10	40	190	80	6	2,8
7	235jr-Miilux450	8	30	150	85	10	3,2
8	235jr-Miilux450	8	20	190	85	8	2,8
9	235jr-Miilux450	8	40	170	85	6	3

Tablo 6. Gazaltı ve lazer kaynak parametreleri

	Gazaltı Kaynak Tekniği	Lazer Kaynak Tekniği
Parametrelerin Adı	Değeri	Değeri
Kullanılan Yöntem	Gazaltı (MAG)	Fiber Lazer Kaynak
Kaynak Makinesinin Marka Modeli	Gekamac / Webee P500L	RT-HW 1500
Robot Kaynak Kolunun Marka/Modeli	Otcfd-b6	-
İmalat Türü	Robotik Kaynak	Lazer Kaynak
Ana Malzemeler	235JR - Miilux450	235JR - Miilux450
Kaynak Akım Türü	DC	DC
Kutuplama (-/+)	Parça + / Torç -	-
Koruyucu Gaz	Habaş 212 Karışım Gazı (%2 Oksijen + %12 CO2 + Balans Argon Gazı İhtiva eder.)	Argon
Kaynak Pozisyonu	PA – Çift taraflı	PA – Çift taraflı

Dikiş Türü	Alın Dikiş (I-Dikiş)	Alın Dikiş (I-Dikiş)
Ek Tel / Dolgu Metalinin (Marka/Model)	SG 2 (TS EN ISO 14341-A)	SG 2 (TS EN ISO 14341-A)
Ek Tel Kimyasal Bileşimi	C:0,08/Mn:1,5/ Si0,85/ Bakır kaplı	C:0,08/Mn:1,5/ Si0,85/ Bakır kaplı
Ek Tel / Dolgu Metalinin (Çapı, mm)	1	1
Kaynak Aralık (mm)	1	2

Kaynak numunelerine (Şekil 1)'de robotik gazaltı ve fiber lazer kaynak işlemi yapılmıştır. Deney numuneleri kaynak ağızı açılmaksızın gerekli ön hazırlıklar yapılarak küt alın kaynağı olacak şekilde kaynatılmıştır.



Şekil 1. (a) Robotik gazaltı ve (b) fiber lazer kaynak işlemi

2.3. Test Numunelerinin Tahribatlı Muayeneye Hazırlanması

Çekme testi için kaynaklı numuneler TS EN ISO 6892, kaynaklı numuneler TS EN ISO 4136 standardına ve 3 nokta eğme numuneleri TS EN ISO 5173'e göre hazırlanarak su jeti kesimi ile çıkartılmıştır.

3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Deney numuneleri çekme, üç nokta eğme, mikro yapı ve mikro sertlik deneylerine tabi tutulmuştur.

3.1. Çekme Testi Bulguları

Çekme testleri çekme hızı 1 mm/dk ve +20 °C'de yapılmıştır. Çekme testi sonucu elde edilen gazaltı ve lazer kaynaklı numunelere ait ortalama çekme mukavemeti değerleri (Tablo 7)'de verilmiştir.

Tablo 7. Gazaltı ve lazer kaynak parametreleri ve çekme testi sonuçları

Deney No	Gazaltı Kaynağı				Lazer Kaynağı			
	Gaz debisi (l/dk)	Kaynak hızı (mm/s)	Akım (A)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Güç (W)	Frekans (Hz)	Işın Genişliği (mm)	Çekme Mukavemeti (MPa)
235JR	-	-	-	506,4	-	-	-	506,4
Miilux450	-	-	-	1310	-	-	-	1310
1 235JR-Miilux	12	30	190	498,4	75	10	2,8	482,1
2 235JR-Miilux	12	20	170	501,57	75	8	3	462,23
3 235JR-Miilux	12	40	150	390,87	75	6	3,2	473,77
4 235JR-Miilux	10	30	170	508	80	10	3	469,5
5 235JR-Miilux	10	20	150	498,73	80	8	3,2	452,33
6 235JR-Miilux	10	40	190	506,63	80	6	2,8	511,3
7 235JR-Miilux	8	30	150	495,07	85	10	3,2	486,5
8 235JR-Miilux	8	20	190	495,23	85	8	2,8	493,13
9 235JR-Miilux	8	40	170	452,27	85	6	3	510,07

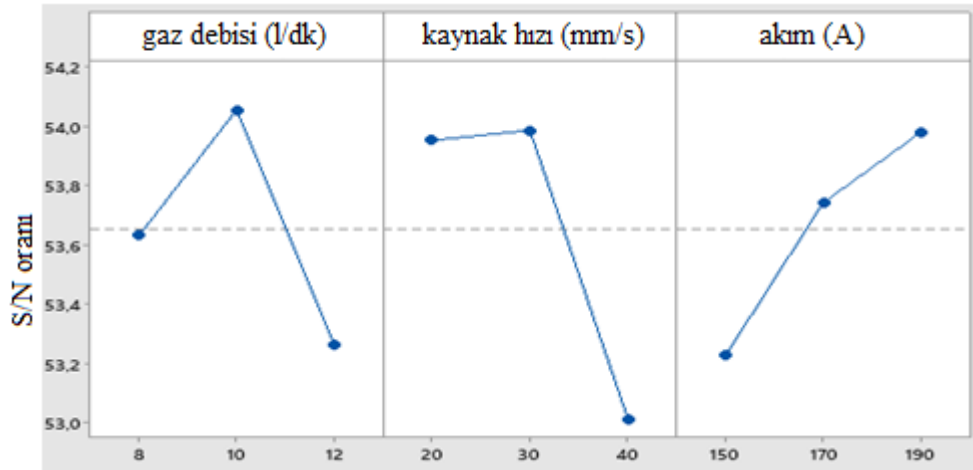
3.1.1. Gazaltı ve Lazer Kaynağına Ait Sinyal / Gürültü (S/ N) Oranları

Taguchi yönteminde (S/N) oranı ile en uygun yani optimum kaynak parametresinin bulunmasına yardımcı olur. Taguchi metodu ile “larger is better” en yüksek en iyi şartı aranmıştır. Deneysel çalışmada seçilen faktör seviyeleri arasında en yüksek (S/N) oranını gösteren değerler en iyi performansa sahiptir. ANOVA hangi prosesin üzerinde hangi faktörlerin ne kadar etkili olduğunun istatistiki açıklamasıdır. (S/N) oranı ve ANOVA procesteki optimum performansı bulmaya yardımcı olur. (Tablo 7)’deki gazaltı ve lazer kaynak parametreleri ve çekme testi sonuçları Minitab programına girildiğinde (Tablo 8)’deki gazaltı ve lazer kaynağına ait (S/N) oranları elde edilmiştir.

Tablo 8. Gazaltı ve lazer kaynağına ait (S/N) oranları

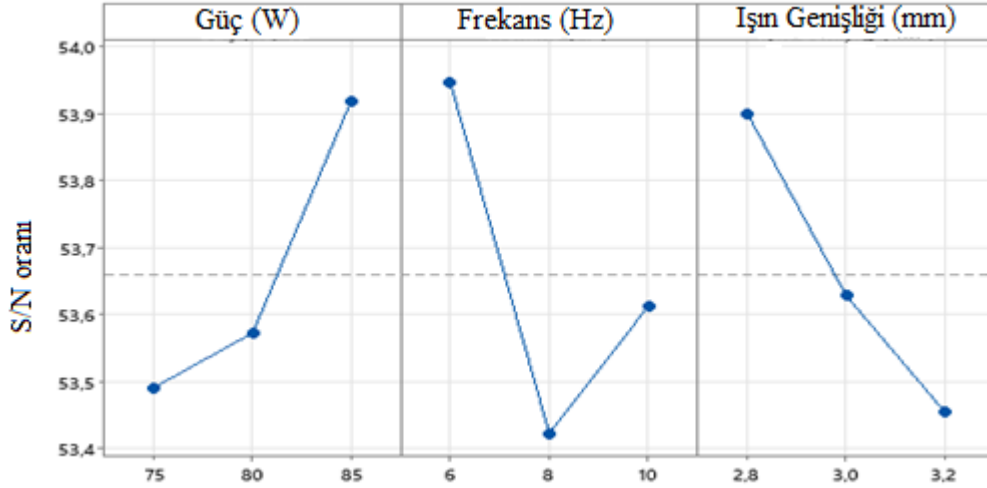
Gazaltı kaynağı	Seviye	Gaz debisi (l/dk)	Gaz debisi SN oranı	Kaynak hızı (mm/s)	Kaynak hızı SN oranı	Akım (A)	Akım SN oranı
	1	8	53,63	20	53,95	150	53,23
	2	10	54,06	30	53,99	170	53,74
	3	12	53,27	40	53,01	190	53,98
Lazer kaynağı	Seviye	Güç (W)	Güç SN oranı	Frekans (Hz)	Frekans SN oranı	Işın Genişliği (mm)	Işın Genişliği SN oranı
	1	75	53,49	6	53,95	2,8	53,9
	2	80	53,57	8	53,42	3	53,63
	3	85	53,92	10	53,61	3,2	53,45

Gazaltı kaynağı (Tablo 8) (S/N) en uygun oranları; gaz debisi için 54,06 iken, kaynak hızı için 53,99 ve akım içinse 53,98 değeridir. Gazaltı çekme mukavemetinin (Şekil 2) Taguchi (S/N) performans grafik değerlerine göre en iyi gazaltı kaynak parametreleri Gaz debisi 10 l/dk, kaynak hızı 30 mm/s ve akım 190 A değerleridir. Uygulanan Taguchiye göre bu değerlere en yakın parametreler 4 nolu deney numunesindedir. Gazaltı kaynak parametreleri ve çekme testi sonuçlarının yer aldığı (Tablo 7)’de 4 nolu deney numunesinin çekme mukavemeti 508 MPa olarak en yüksek çekme mukavemetidir.



Şekil 2. Gazaltı çekme mukavemetinin Taguchi (S/N) performans grafiği

Lazer kaynağı (Tablo 8) (S/N) en uygun oranları; güç için 53,92 iken, frekans için 53,95 ve ışın genişliği içinse 53,90 değeridir. Lazer kaynağı çekme mukavemetinin (Şekil 3) Taguchi (S/N) performans grafiği değerlerine göre en iyi lazer kaynak parametreleri güç 85 W, frekans 6 Hz ve ışın genişliği 2,8 mm değerleridir. Uygulanan Taguchiye göre (Tablo 7)’de bu değerlere en yakın 511,3 MPa ile 6 nolu lazer kaynak deney numunesidir.



Şekil 3. Lazer kaynağı çekme mukavemetinin Taguchi (S/N) performans grafiği

Farklı fiber lazer kaynağı çalışmasında; minitab programı, Taguchi L_9 deney dizaynına göre; 1401,25 MPa en iyi çekme mukavemetine sahip lazer gücü 1400 W, lazer atış hızı 3 mm/sn ve odaklama mesafesi 5 mm olan 8 nolu deney numunesinin en iyi lazer kaynak parametrelerine sahip olduğu belirtilmiştir [11]. Bu çalışmada lazer kaynağının kaliteli olması için belirlenecek uygun kaynak parametre değerlerinin güç 85 W, frekans 6 Hz ve ışın genişliği 2,8 mm değerlerine yakın olması gerektiği görülmüştür.

3.1.2. Gazaltı ve Lazer Kaynağına Ait ANOVA Çalışması

ANOVA ile deneysel çalışmadaki en etkili parametre belirlenmektedir. Yüzde etki oranına göre en etkili parametre (Tablo 9)'da gazaltı kaynağında %41,92 ile kaynak hızı, lazer kaynağında %40,00 ile frekanstır.

Tablo 9. Gazaltı ve lazer kaynağı çekme mukavemetine ait ANOVA sonucu

	Parametreler	Serbestlik derecesi (DF)	Kareler toplamı (Adj SS)	Ortalama kareler toplamı (Adj MS)	% Etki oranı (Contribution)	P değeri
Gazaltı kaynağı	Gaz debisi (l/dk)	2	2522	1261,0	%21,48	0,441
	Kaynak hızı (mm/s)	2	4922	2460,8	%41,92	0,288
	Akım (A)	2	2310	1155,1	%19,68	0,462
	Hata	2	1986	993,2	%16,92	
	Toplam	8	11740		%100	
	$R^2 = R\text{-sq} = \%83,08$		Düzeltilmiş $R^2 = R\text{-sq(adj)} = \%32,32$			
Lazer kaynağı	Güç (W)	2	950,29	475,15	%28,93	0,092
	Frekans (Hz)	2	1313,98	656,99	%40,00	0,068
	Işın Genişliği (mm)	2	924,34	462,17	%28,14	0,094
	Hata	2	96,13	48,06	%2,93	
	Toplam	8			%100,00	
	$R^2 = R\text{-sq} = \%97,07$		Düzeltilmiş $R^2 = R\text{-sq(adj)} = \%88,29$			

R^2 ($R\text{-sq} = R\text{-squared}$); bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki toplam varyansı açıklama oranını gösteren istatistiksel ölçüdür. Bağımsız değişken sayısı arttıkça R^2 'nin tek başına kullanımı yanıltıcı olabilir. Burada devreye düzeltilmiş $R^2 = R\text{-sq(adj)}$ (Adjusted R Squared) girer. Düzeltilmiş R^2 hem R^2 'nin bir düzeltmesini sunar hem de modelin bağımsız değişken sayısını dikkate alır. R^2 değeri daima düzeltilmiş R^2 değerinden büyüktür.

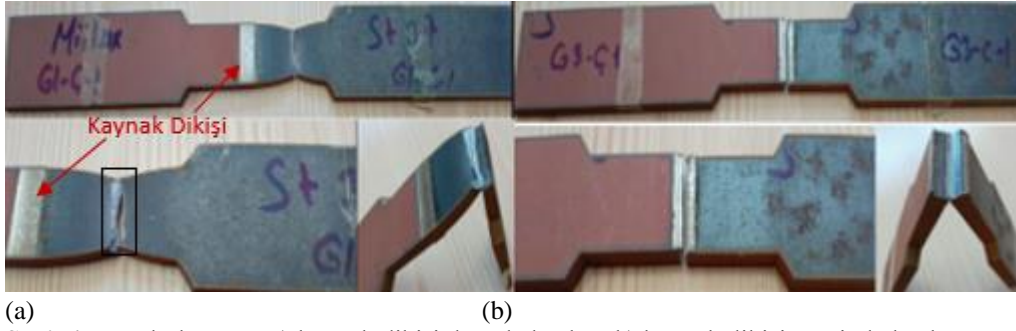
Bu modelde gazaltı kaynak yöntemindeki $R^2 = R\text{-sq} = \%83,08$ ile düzeltilmiş $R^2 = R\text{-sq(adj)} = \%32,32$ arasındaki fark

değeri beklenenden fazla çıkmıştır. Bu durum seçmiş olduğumuz parametrelerin dışında da etkili olan parametrelerin olduğunu göstermektedir. İleride yapılacak çalışmalarda gazaltı kaynak yönteminin diğer parametrelerinin de göz önüne alınarak analiz yapılması uygun olacaktır [17].

Fiber lazer kaynağı Taguchi L₉ deney dizaynına göre yapılan farklı bir çalışmada çekme deneylerine uygulanan ANOVA ile en etkili parametrenin %34,26 ile lazer atış hızının olduğu belirtilmiştir [11]. Yapılan bu çalışmada da lazer kaynağı parametrelerinden %40,00 çıkan frekans parametresinin etkisinden dolayı dikkate alınması gerekmektedir.

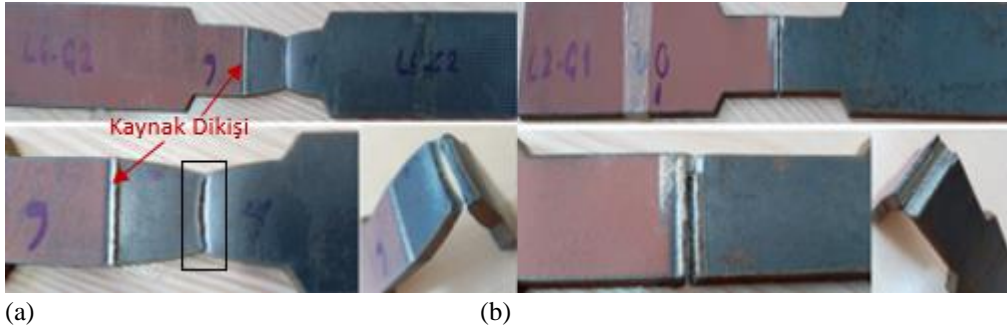
3.1.3. Gazaltı ve Lazer Kaynağına Ait Çekme Testi Numuneleri

Gazaltı kaynak numunelerinden 3 ve 9 nolu numuneler kaynak bölgesinden kırılırken diğer 1, 2, 4, 5, 6, 7 ve 8 nolu numuneler (Şekil 4) kaynak bölgesi dışından olacak şekilde sünek ve kesit daralması şeklinde kırılmalar gerçekleşmiştir.



Şekil 4. Gazaltı kaynağı a) kaynak dikişi dışında kırılma b) kaynak dikişi üzerinde kırılma

Lazer kaynak numunelerinden 2, 4 ve 5 nolu numuneler kaynak bölgesinden kırılırken diğer 1, 3, 6, 7, 8 ve 9 nolu numunelerde (Şekil 5) kaynak bölgesi dışından, sünek ve kesit daralması şeklinde kırılmalar gerçekleşmiştir.



Şekil 5. Lazer kaynağı a) kaynak dikişi dışında kırılma b) kaynak dikişi üzerinde kırılma

S235JR-Hardox400 çeliklerinin kaynağında çekme mukavemeti 385 MPa olup, kopmalar S235JR ITAB kısmında kesit daralması şeklinde sünek kırılma şeklinde gerçekleştiği belirtilmiştir [18]. Hardox 400-ST52 ve AISI 304L çelikleri arasında yapılan MIG kaynağında en yüksek çekme sonucu 640 MPa Hardox- AISI 304L'de en düşük değer 350 MPa St52-Hardox çelik numunelerinde gerçekleşmiştir [19]. RAEX AR 400 ile St37 çeliğinin ile karışım gazla yapılan MAG kaynağında en yüksek çekme mukavemeti 436,61 MPa bulunmuş, mikro yapıdaki fazla aseküler ferritin mukavemet ve tokluğu arttırdığı belirtilmiştir [7]. HBW450 Hardox-S355J2 robotik gazaltı kaynağında kopmaların düşük mekanik özelliklere sahip S355J2 yapı çeliği üzerinde gerçekleştiği belirtilmiştir [20]. Aşınmaya dirençli çelikler ile yapı çelikleri arasında yapılan tüm kaynaklı birleştirmelerde çekme testleri sonucunda kopmalar yapı çelikleri üzerinde görülmüştür [18,19,20].

Yapılan S235JR-Miilux450 kaynağına ait çekme testlerinde gerçekleşen kopmalar düşük mekanik özelliklere sahip S235JR yapı çeliği üzerinde (Şekil 4) ve (Şekil 5)'te gerçekleşmiştir.

3.2. Üç Nokta Eğme Testi Bulguları

Gazaltı ve lazer kaynak numunelerine ait üç nokta eğme testi sonucu eğilme (Şekil 6) Miilux450 çeliğine göre daha sünek bir malzeme olan 235JR çeliği üzerinde gerçekleşmiştir.



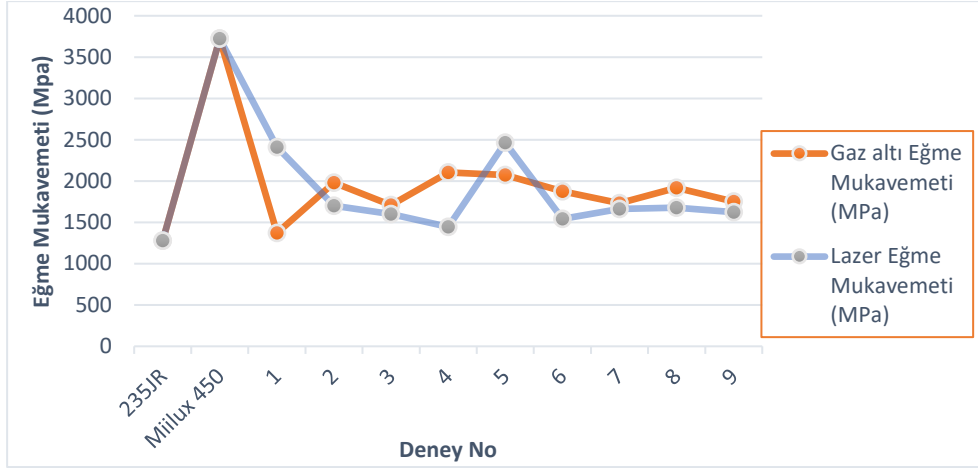
Şekil 6. Eğme testi sonucu eğilen kaynaklı numuneler

Gazaltı ve lazer kaynak yöntemi ile kaynaklanmış numunelere ait üç nokta eğme testi sonuçları (Tablo 10)'da yer almaktadır.

Tablo 10. Gazaltı ve lazer kaynak numunelerinin eğme testi sonuçları

	Deney No	Maksimum Yük (N)	Eğme Mukavemeti (MPa)	Genişlik (mm)	Kalınlık (mm)	Mesnetler Arası Mesafe (mm)
Ana numune	235JR	7677,9	1279,4	25	6	106
Ana numune	Miilux450	22653,5	3723	25	6	106
Gazaltı kaynağı	1 235JR-Miilux	8344,2	1371,2	25	6	106
	2 235JR-Miilux	12036,1	1978,1	25	6	106
	3 235JR-Miilux	10391	1707,7	25	6	106
	4 235JR-Miilux	12808,1	2105	25	6	106
	5 235JR-Miilux	12614,4	2073,1	25	6	106
	6 235JR-Miilux	11401,1	1873,8	25	6	106
	7 235JR-Miilux	10547,2	1733,4	25	6	106
	8 235JR-Miilux	11665,7	1917,2	25	6	106
	9 235JR-Miilux	10647	1749,8	25	6	106
Lazer kaynağı	1 235JR-Miilux	14660	2409,4	25	6	106
	2 235JR-Miilux	10357	1702,1	25	6	106
	3 235JR-Miilux	9738,7	1600,5	25	6	106
	4 235JR-Miilux	8793,1	1445,1	25	6	106
	5 235JR-Miilux	14996	2464,6	25	6	106
	6 235JR-Miilux	9379,2	1541,5	25	6	106
	7 235JR-Miilux	10110,8	1661,7	25	6	106
	8 235JR-Miilux	10204,7	1677,1	25	6	106
	9 235JR-Miilux	9876,9	1623,2	25	6	106

Eğilme dikiş yüzeylerinde gerçekleşmediği için dikiş yüzeylerinde herhangi bir kırılma veya çatlak görülmemiştir. Bu sonuç 235JR çeliğinin hem sünekliğinden hem de yapılan kaynak işleminin başarılı olmasından kaynaklanmıştır. Kaynaklı tüm numunelerin eğme mukavemeti 235JR ana malzemeden daha yüksektir. Bunun nedeni kaynaklanan numunelerin ısı girdisi sonucu sertleşerek mukavemetlerinin artmasıdır. Eğme mukavemeti grafiğinde (Şekil 7)'de yer alan ana numuneler 235JR ve Miilux450'ye ait çekme mukavemeti değerleri hem gazaltı hem de lazer kaynak çekme değerleri ile iki kez yazıldığı için grafikte mavi ve turuncu veriler çakışarak kahverengi görünmektedir. Miilux450 ana malzemesi sert bir malzeme olup (Tablo 10)'da eğme mukavemeti değeri en büyüktür. Kaynak bölgesi üzerinde istenilen eğme işlemi 235JR çeliğinin daha sünek olması nedeniyle 235JR çeliğinin kaynaksız bölgelerinde gerçekleşmiştir.

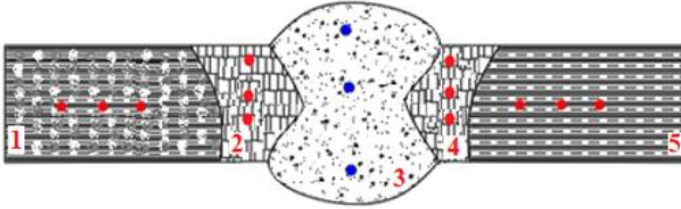


Şekil 7. Eğme mukavemetleri grafiği

Miilux450 ana numunesi ve kaynaklı tüm numunelere uygulanan yük değerinin 235JR ana malzemesinden daha büyük değer olmasından eğilme kaynak bölgesinin de ısı olarak sertleşmesi sonucu 235JR üzerinde ve kaynak bölgesine yakın bölgede gerçekleşmiştir. Lazer eğme numunelerine uygulanan yük gazaltı numunelerine uygulanan yük değerlerinden daha yüksektir. Bunun nedeni kaynak enerjisinin lazer kaynak yönteminde daha yüksek olmasıdır.

3.3. Mikro Sertlik Testi Bulguları

Mikro sertlik ölçümlerinde Vickers (HV) sertlik ucu kullanılmıştır. Mikro sertlik ölçüm işlemlerinin yapıldığı bölgeler; 1-Miilux450 ana malzeme, 2-ITAB Miilux450, 3-Kaynak dikişi, 4-ITAB 235JR ve 5-235JR ana malzeme bölgeleridir. (Şekil 8)'deki her bölgede en az üç ölçüm yapılmıştır. Mikro sertlik ölçümü 10 sn boyunca 200 g yük uygulanarak yapılmıştır.



Şekil 8. Mikro sertlik ölçümünün yapıldığı bölgeler

Gazaltı ve lazer kaynaklı numunelere ait mikro sertlik değerleri (Tablo 11)'de verilmiştir. Lazer kaynak numunelerinin sertlik değerleri daha yüksek ve bölgeler arasındaki sertlik geçişleri daha yumuşaktır. Lazer sertlik değerleri genel olarak Miilux450 değerlerine yakınken gazaltı kaynağı sertlik değerleri 235JR değerlerine daha yakındır. Burada etkili olan özellik lazer kaynağının dar bir alanda ergime meydana getirmesidir.

Tablo 11. Gazaltı ve lazer kaynak numunelerine ait mikro sertlik testi sonuçları

	No	Miilux450 (HV)	ITAB Miilux450 (HV)	Kaynak Dikişi (HV)	ITAB 235JR (HV)	235JR (HV)
Gazaltı kaynak	1	560,5	447	238,9	228	385,3
	2	560,5	362	236,8	218	385,3
	3	560,5	446	272,4	227	385,3
	4	560,5	467	252,9	211	385,3
	5	560,5	420	239,4	224	385,3
	6	560,5	485	250,6	198	385,3
	7	560,5	463	270,6	231	385,3
	8	560,5	354	236,5	213	385,3
	9	560,5	445	299,3	241	385,3
Lazer kaynak	1	560,5	553	516,9	301	385,3
	2	560,5	543	529,6	298	385,3

3	560,5	538	504,3	267	385,3
4	560,5	478	506,3	367	385,3
5	560,5	524	508,8	273	385,3
6	560,5	548	525	282	385,3
7	560,5	551	508,4	273	385,3
8	560,5	554	500,7	279	385,3
9	560,5	563	507,6	236	385,3

(Tablo 11)'deki lazer sertlik değerleri gazaltı değerlerinden daha yüksektir. Lazer kaynağında ITAB ve kaynak dikişi dar bir alanda gerçekleşmesiyle ana metal ısıl etkilerden minimum etkilenir. Lazer kaynağında ısı girdisinin düşük, kaynak hızının yüksek, ITAB alanının dar olmasıyla ısı kaynaklı distorsiyonlar azdır [21]. Gazaltı kaynağında ısıl etkinin geniş alanı etkilemesi sonucu (Tablo 11)'de Miilux sertlik değerlerinin daha fazla düştüğü görülmektedir.

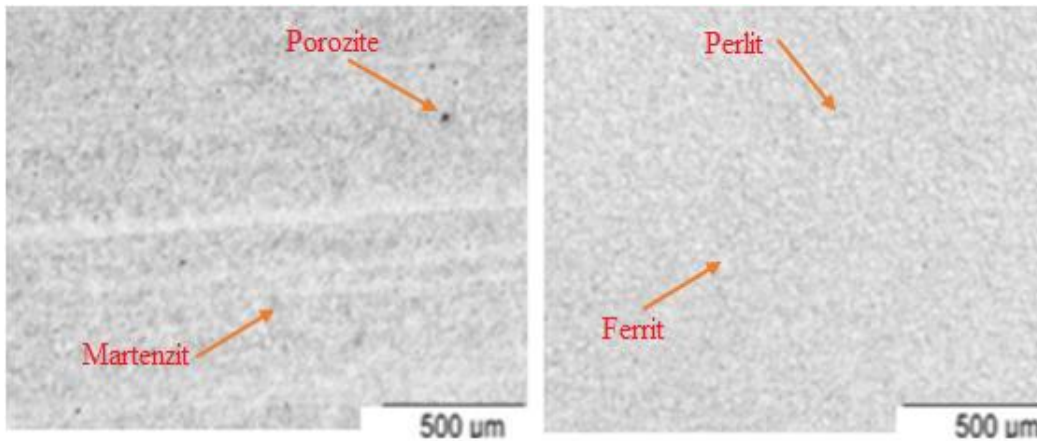
Gazaltı kaynağın ait (Tablo 11)'de sertlik değeri en yüksek Miilux ana malzeme iken en düşük sertlik değeri ITAB 235JR de görülmektedir. Gazaltı 2 ve 8 nolu numunelerin ITAB Miilux450 sertlik değerleri 235JR ana malzeme sertlik değerinden daha düşük çıkmıştır. Lazer kaynağında ise (Tablo 11)'de yer alan sertlik değerlerinden 4 nolu numunenin Kaynak Dikişi sertlik değeri, ITAB Miilux450 sertlik değerinden daha yüksek çıkmıştır. Aynı şekilde lazer kaynağı 9 nolu numunenin ITAB Miilux450 sertlik değeri, Miilux450 ana malzemenin sertlik değerinden yüksek çıkmıştır. SG2 ilave kaynak telindeki Mn ve Si elementleri lazer kaynağının kaynak dikiş sertliğine olumlu etki ederek (Tablo 11)'deki sertlik değerleri elde edilmiştir.

Hardox400 çeliklerinin SG2 ilave telle yapıldığı MAG kaynak çalışmasında; SG2 kaynak teli içerisindeki Mn elementinin kaynak dikiş sertliğine olumlu etki ettiği, Mn'nin östenitin ferrite dönüşüm sıcaklığını azaltarak sertleşme kabiliyetini artıran bir element olduğu belirtilmiştir [22]. RAEX AR 400-St37 kaynak çalışmasında; elektrik ark ve MAG kaynak yöntemlerine kıyasla TIG kaynak yönteminin düşük kaynak hızı ve yüksek ısı girdisi sayesinde mikro yapıda tane irileşmesine, ferrit hacim oranının artarak mukavemet ve sertlik değerlerinin düşümüne sebep olduğu belirtilmiştir [7]. Yapılan çalışmada da benzer özellikler görülmüş olup yüksek ısı girdisi açısından lazer ile gazaltı sertlik değerleri karşılaştırıldığında; lazer kaynağının hem dar alanda ısı girdisi olması hem de lazer kaynağının hızlı yapılan bir yöntem olmasıyla hızla soğuması sonucu sertlik değerleri (Tablo 11)'de gaz altı kaynağına göre daha yüksek çıkmıştır.

3.4. Mikro Yapı Test Bulguları

Optik Mikroskopla ana malzeme, kaynak dikişi ve ITAB kısımlarının mikro yapıları fotoğraflanmıştır.

Miilux450 ana malzemesi Cr ve Ni elementleri ile alaşımlandırılmış ~%99 martenzitik yapıdadır. Yine Miilux450 çeliğinin mikro yapısının plakalı martenzitten (koyu renkli kısım) ve tane sınırlarında sementitten Fe₃C (açık renkli kısım) oluştuğu (Şekil 9)'daki görselde görülmektedir. Miilux450 çeliğinde az miktarda porozite mevcuttur. 235JR çeliğinin mikro yapısı ferrit ve perlitten oluşmaktadır. 235JR çeliği (Şekil 9)'da perlit (koyu renkli kısım) ve ferrit (açık renkli kısım)'dan oluşmaktadır [18]. Miilux450 ve 235JR çeliğinin mikro yapısında kalışkılar ve porozite homojen dağılım göstermekte, segregasyonlar ve bantlaşmalar bulunmamaktadır.



(a) (b)
Şekil 9. Ana malzeme (a) Miilux450 ve (b) 235JR (2x) mikro yapı görüntüsü

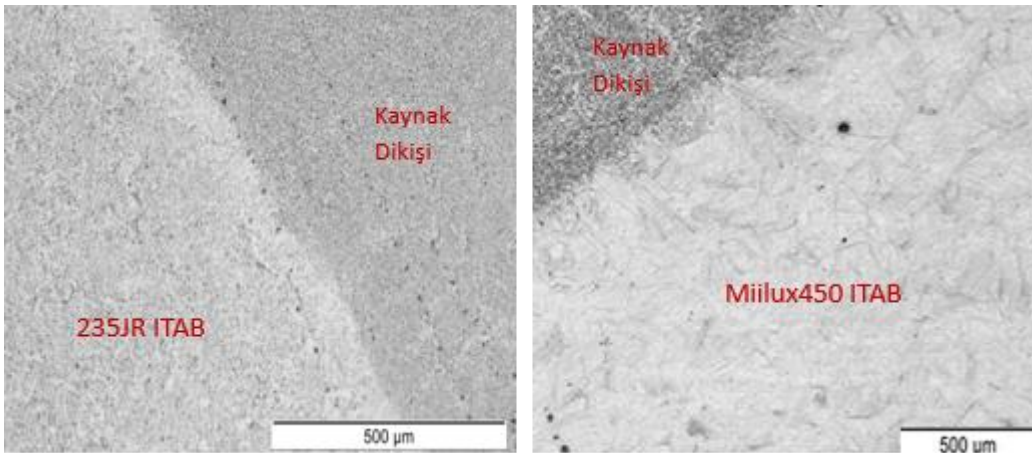
Gazaltı kaynak yöntemi numunelerin mikro yapıları incelendiğinde kaynak dikişinde ısı girdisine bağlı olarak mikro yapıda farklı bölgeler gözlemlenmektedir. ITAB'daki tane büyümleri ve yönelmeler kaynak dikişindeki ısı girdisi ve kaynak yöntemine bağlı olarak uygulanan enerji miktarından kaynaklanmaktadır [23]. Hardox450-S355J2C+N çeliklerinin gazaltı kaynak sonrası ferrit ve martenzit fazlarından oluşan Hardox450 çeliğinin ITAB mikroyapısında ferrit miktarı ile tane boyutlarının arttığı belirtilmiştir [24]. Yapılan çalışmada da Miilux450 çeliğinin ITAB'ında da nispeten tane yapısında yönelme, büyüme ve ferrit yapısında artış olduğu görülmüştür. Miilux450 çeliğinin ITAB'ı, 235JR çeliğinin ITAB'ına nispeten daha dar olduğu (Şekil 10)'da görülmektedir. Isı girdisine bağlı Miilux450 çeliğinin ITAB'ında martenzit yapının değişime uğradığı görülmektedir. Miilux450 çeliğinin ITAB'ındaki yapının kaynakta kullanılan düşük karbonlu yapıya sahip olan ek tel ile karıştığından dolayı kalıntı ostenit, ferritik yapıya kaydığı görülmüştür. Ayrıca Miilux450 çeliğinin ITAB bölgesinin sertlik değeri ana malzeme Miilux450 mikro sertlik değerinden daha düşüktür. Bu veride mikro yapıdaki değişimi desteklemektedir.

SG2 teli ile yapılan MAG kaynak çalışmasında, Hardox400'un kaynak bölgesinde iğnesel martenzit fazı, poligonal ferrit ve az miktarda asiküler ferrit fazlarının görüldüğü belirtilmiştir [22]. Hardox500-St52 kaynak çalışmasında, taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve optik mikroskop görüntülerinde Hardox500'un martenzit, St52'nin sıkı lamelli perlit yapıda olduğu belirtilmiştir. Gaz Metal Ark Kaynağında da geçiş çizgisinin ortaya çıktığı sebebi ise Hardox500'un kimyasal bileşiminde yer alan Si, Ni ve Mo elementleri ile açıklanmıştır. Si elementinin oksidasyon oluşumunu engelleyerek kaynağın kararlı olmasını sağladığı belirtilmiştir. Ni ve Mo elementlerininse tane boyutlarını küçülterek kaynak bölgesinin mekanik özelliklerinin iyileşmesinde rol oynadığı belirtilmiştir [25]. Yapılan çalışmada da Miilux450 içerisinde yer alan Si, Ni ve Mo elementleri sayesinde benzer geçiş çizgisi kaynak dikişi ve ITAB geçiş bölgesinde (Şekil 10)' ve (Şekil 13)'deki mikroyapı görüntüsünden anlaşılmaktadır. Bu elementler her iki kaynak yöntemindeki tane boyutlarının küçülmesine olumlu etki etmiştir. Ancak gazaltı kaynağı ısı girdisi lazer kaynağına göre daha yüksek olduğu için gazaltı kaynağında iri taneli ve ince taneli yapılar oluşurken lazer kaynağında sadece ince taneli yapılar oluşmaktadır. Mikroyapıdaki bu oluşum lazer kaynağının mekanik özelliklerinin gazaltı kaynağına göre (Tablo 11)'de daha iyi olmasını sağlamıştır.

HBW450 Hardox-S355J2 robotik gazaltı kaynak çalışmasında Hardox'un martenzitik, S355J2'nin ferrit ve perlit fazlarından oluştuğu belirtilmiştir. S355J2 ITAB'ında ve Hardox ITAB'ında ana malzemeden oluşup kaynak bölgesi merkezine doğru uzayan uzun şeritler şeklinde dentrit yapılar görülmüştür. Dentritik yapı ısı girdisinin en düşük olduğu ana malzemeden en yoğun olduğu kaynak merkezine doğru soğuma neticesinde oluştuğu belirtilmiştir. ITAB'da ısı girdisine bağlı tane irileşmesi ve ferrit miktarının arttığını buna binaen de ana numuneye göre daha sünek bir yapının oluştuğu belirtilmiştir [20]. Yapılan çalışmada ITAB bölgelerinde dentritik yapılar görülmüştür.

235JR çeliğinin kaynak dikişi ile ITAB geçiş bölgesinde kalıksıklar bulunmaktadır. 235JR çeliği ITAB bölgesindeki mikro yapının perlit, poligonal (çokgenli) ferrit, withmanstater ferrit ve kısmende aseküler ferritten oluştuğu (Şekil 11)'de görülmektedir.

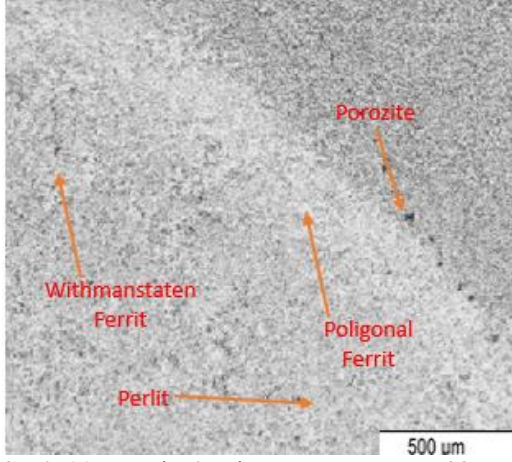
Gazaltı 4 nolu numuneye ait ITAB Miilux450 ve kaynak dikişi (2x) mikro yapı görüntüsü (Şekil 10)'da ve ITAB 235JR (2x) mikro yapı görüntüsü (Şekil 11)'de verilmiştir.



(a)

(b)

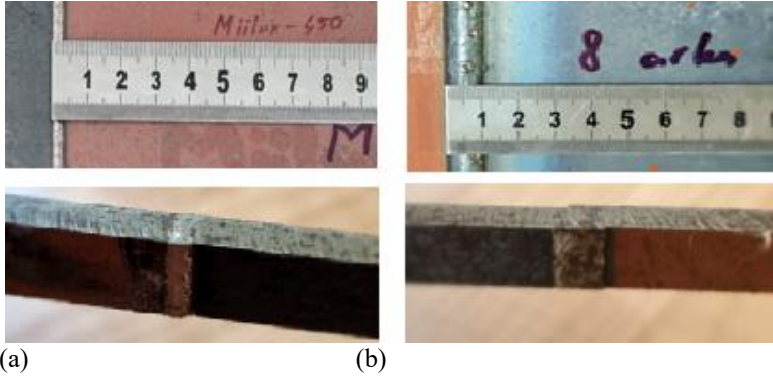
Şekil 10. (a) 235JR ITAB ve kaynak dikişi, (b) Miilux450 ITAB ve kaynak dikişi görüntüsü



Şekil 11. Gazaltı 4 nolu numune – ITAB 235JR (2x) mikro yapı görüntüsü

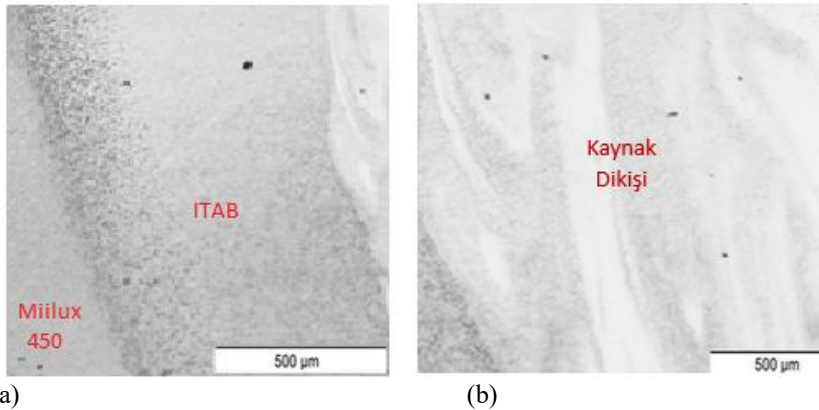
Lazer kaynağında düşük ısı ve dar bir koridor şeklindeki ergime bölgesi sayesinde ITAB dar, ısı kaynaklı distorsiyonlar daha azdır. Lazer kaynağında hızlı soğuma neticesinde yüksek dayanım elde edilmektedir [22]. Mikro sertlik değerlerinin yer aldığı (Tablo 11) bunu doğrulamaktadır. Lazer kaynaklı numunelerin ITAB kısmında az miktarda da olsa tane büyümelerinin olduğu görülmektedir. Lazer kaynağı Miilux450 çeliğinde ortaya çıkan yapı değişimi gazaltı kaynak yöntemine göre daha azdır.

Lazer kaynak yöntemi ısı enerjisi bakımından gazaltı kaynak yöntemi ile kıyaslandığında gazaltı kaynak yöntemine göre daha az ısı enerjisi girdisine sahiptir [26]. Lazer kaynak dikiş genişliği (Şekil 12)'de 5mm'nin altında iken gazaltı dikiş genişliği 10 mm'nin üzerindedir ve lazer kaynağının ITAB bölgesinin gazaltı kaynak yöntemine kıyasla daha dar bir bölge de oluştuğu görülmektedir. Ayrıca (Şekil 12)'deki gazaltı kaynağında, kaynak bölgesine uygulanan yüksek ısı enerjisi girdisi 235JR üzerinde görülmektedir.

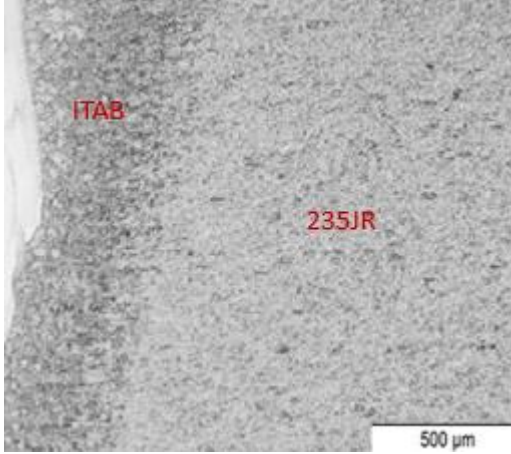


(a) Lazer kaynak dikişi, dikiş genişliği, (b) gazaltı kaynak dikişi, dikiş genişliği

Lazer 6 nolu numuneye ait ITAB Miilux450 (2x) ve kaynak dikişi (2x) mikro yapı görüntüsü (Şekil 13)'te ve ITAB 235JR (2x) mikro yapı görüntüsü (Şekil 14)'te verilmiştir.



(a) Mikro yapı görüntüleri a) ITAB Miilux450 (2x), b) kaynak dikişi (2x)



Şekil 14. Lazer 6 nolu numune – ITAB 235JR (2x) mikro yapı görüntüsü

4. SONUÇLAR

DeneySEL çalışma sonuçlarına göre; çekme testinde lazer ve gazaltı kaynak numunelerinde kopmalar düşük mekanik özelliklere sahip S235JR yapı çeliği üzerinde veya kaynak dikişi üzerinde gerçekleşmiştir.

Minitab Taguchi (S/N)'ye göre en iyi gazaltı kaynak parametreleri Gaz debisi 10 l/dk, Kaynak hızı 30 mm/s ve Akım 190 A değerleri ile 4 nolu deney numunesinde 508 MPa'lık en iyi çekme mukavemeti elde edilmiştir. En iyi lazer kaynak parametreleri Güç 85 W, Frekans 6 Hz ve Işın genişliği 2,8 mm değerleriyle 6 nolu deney numunesinde 511,3 MPa'lık en yüksek çekme mukavemeti elde edilmiştir. Kaynak parametrelerinin bu değerlere yakın seçilmesi durumunda kaliteli, yüksek mukavemetli kaynak işlemleri gerçekleşecek maliyet ve zamandan kazanılmış olacaktır. ANOVA çalışmasına göre; en etkili parametre gazaltı kaynağında %41,92 ile kaynak hızı, lazer kaynağında %40,00 ile Frekans olmuştur. Ancak gazaltı kaynak yöntemindeki R² ile düzeltilmiş R² arasındaki fark değerinin beklenenden fazla çıkması seçmiş olduğumuz parametrelerin dışında da etkili olan parametrelerin olduğunu göstermiştir. Bir sonraki yapılacak kaynak uygulamalarında gazaltı kaynak yönteminin diğer parametrelerinin de göz önüne alınarak analiz yapılması uygun olacaktır. Lazer kaynağında frekans parametresi kaynak üzerindeki etkilerinden dolayı dikkate alınmalıdır.

3 Nokta eğme testlerinde her iki kaynak çalışmasında eğilmeler 235JR üzerinde gerçekleşmiştir. Dikiş yüzeylerinde eğilme gerçekleşmediği için kırılma veya çatlak görülmemiştir. Gazaltı eğme mukavemetlerinin 1 nolu numune hariç lazer numunelerinden daha yüksektir. Lazer eğme numunelerinden 1 ve 5 nolu numunelerin eğme mukavemeti gazaltı numunelerine göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Uygulanan yük açısından; Miilux450 ana numunesi en yüksek 235JR ise en düşüktür. Buna göre bir arada kullanılacak Miilux450-235JR kaynak uygulamalarında 235JR yüksek yüke maruz bölgeler yerine düşük yük uygulama bölgelerinde tercih edilmelidir.

Mikro sertlik değerlerinde; gazaltı kaynağında ısı etkinin geniş alanı etkilemesi sonucu sertlik değerleri lazer kaynağı sertlik değerlerine oranla daha düşük çıkmıştır.

Mikro yapı açısından; ana malzemelerin mikro yapılarında segregasyonlar ve bantlaşmalar bulunmamakla birlikte, kalıbkılar ve porozite homojen dağılım göstermektedir. Gazaltı kaynak numunelerinde ısı girdisine bağlı kaynak dikişinde farklı bölgeler gözlenmiştir. Kaynak öncesi hazırlık aşamasında kaynak bölgesinin temizliğine dikkat edilmesine rağmen 235JR'nin kaynak dikişi ile ITAB geçiş bölgesinde kalıbkılar görülmüştür. 235JR ITAB'da kaynak dikişine doğru tane yapısında yönelmeler gözlemlenmiştir. Miilux450 çeliğinin ITAB'ında da nispeten tane yapısında yönelme ve büyümeler olduğu görülmektedir. Miilux450'nin ITAB'ının, 235JR'ye nazaran daha dar olduğu görülmektedir. Lazer kaynağında Miilux450 üzerinde gerçekleşen yapı değişimi gazaltı kaynağına göre daha azdır.

Taguchi yöntemi ile belirlenen parametrelerle yapılan Miilux450 çeliği ile 235JR çeliğinin lazer ve gazaltı kaynağı başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen parametreler dikkate alınarak yapılacak kaynak çalışması sonucu elde edilen numunelerin kaynak kalitesi de yüksek olacaktır. Ekonomik açıdan pahalı olan aşınmaya dirençli Miilux450 benzeri çelikler ile daha ucuz olan 235JR tarzı yapı çeliklerinin bir arada kullanımı endüstriyel alanda maliyetlerin düşmesini sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

1. Karabaşoğlu, M. (2008). *Aşınma deney cihazı tasarımı ve imalatı* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
2. Gür, A.K., Çalgül, U., Bilen, F.A., 2016. AISI 304/Hardox400 çelik çiftlerinin PTA kaynak yöntemiyle birleştirilebilirliği. 4. Uluslararası Kaynak Teknolojileri Konferansı ve Sergisi, 11-13 Mayıs, Gaziantep, 1199-1208.
3. Güven, A., Özcan, M.T. (2005). Sade karbonlu çeliklerin mineral ortamlarda abrasif aşınmasında malzeme sertliğinin aşınma üzerine etkisi. *Mühendis ve Makina*, 46(545), 26-33.
4. Yetmez, N., Koçar, O., Kocaman, E. (2022). Lazer kaynaklı S235JR sac metalin mekanik davranışının incelenmesi, 1 St International Conference On Engineering And Applied Natural Sciences-Iceans 2022, 10-13 Mayıs, Konya.
5. Tunçel, O. (2020). *Lazer kaynağı ile birleştirilmiş farklı türdeki yüksek/ultra yüksek mukavemetli çeliklerde mekanik ve mikroyapı ilişkilerinin incelenmesi* (Doktora Tezi). Uludağ Üniversitesi, Bursa.
6. Ata, F. (2021). *Gemi inşa sanayinde kullanılan Grade A çeliğinin kaynak bölgesinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta.
7. Tuncer, E. (2006). *Aşınmaya dayanıklı çelikler ile genel yapı çeliğinin kaynağında birleşme özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
8. Uluocak, M. E. (2008). *Hardox 450 çeliklerinin mag kaynak bölgesi mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Marmara Üniversitesi, İstanbul.
9. Adar, M. (2019). *Hardox-500 ile st-52 çeliğinin kaynak edilebilirliğinin mekanik testler ve istatistiksel yöntemlerle araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Karabük.
10. Kaybolma, R. (2020). *Hardox 450 çeliklerinin özlü tel ile robotik mag kaynak yöntemiyle birleştirilmesi ve mekanik özelliklerin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya.
11. Karaşin, M.N. (2022). *Lazer kaynağı ile birleştirilen Ramor600 çeliğinin mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dicle Üniversitesi, Diyarbakır.
12. Çakır, M.T. (2023). *Aşınmaya dayanıklı zırh çelikleri ile yapı çeliklerinin Mag kaynağı ile birleştirilebilirliğinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Karabük.
13. Daniş, A. (2024). *Gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilen S355J2 yapı çeliklerinin mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Fırat Üniversitesi, Elazığ.
14. Miilux (b.t.).
<https://www.miilux.com.tr/>
15. Chncelik (b.t.).
<https://www.chncelik.com.tr/st-37-s235jr-celik-ozellikleri/>
16. Savaşkan, M., Taptık, Y., Ürgen, M. (2004). Deney tasarımı yöntemi ile matkap uçlarında performans optimizasyonu. *İtüdergisi*, 3(6), 117-128.
17. Spss (b.t.).
<https://www.spss-yardimi.com/r-kare-r-squared-nedir-spss/>
18. Okay, T., Najafiharehtapeh, A., Emre, H.E., Kaçar, R. (2015, Nisan). S235JR- HARDOX400 çelik çiftinin kaynaklanabilirliğinin araştırılması. C. Göloğlu (Oturma başkanı), 2. Uluslararası Demir Çelik Sempozyumu. Karabük Üniversitesi Demir Çelik Enstitüsü, Karabük.

19. Savaş, A. (2021). *MIG Kaynak Yöntemiyle Birleştirilen Hardox 400, AISI 304L ve ST52 kalite çeliklerin mikroyapı ve mekanik özelliklerinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Karabük Üniversitesi, Karabük.
20. Ayyıldız, E.A. (2022). *Aşınmaya dirençli HBW450 Hardox çeliği ve S355J2 yapı çeliğinin robotik gazaltı kaynak yöntemi ile birleştirilmesi ve metalurjik özelliklerinin değerlendirilmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Gazi Üniversitesi, Ankara.
21. Çelen, S. (2006). *Paslanmaz çeliklerin lazer kaynağında kaynak parametrelerinin bağlantının dayanım ve korozyon özelliklerine etkisinin incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
22. Yılmaz, T. (2010). *Masif ve özlü kaynak telleri ile birleştirilen Hardox 400 çeliklerinin mekanik ve mikroyapı özellikleri* (Yüksek Lisans Tezi). Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
23. Özşahin, S., Çavdar, K. (2023). Paslanmaz çeliklerin lazer kaynağı yöntemi kullanılarak birleştirilmesi. *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 354-372.
24. Özturan, A.B. (2022). *Hardox 450 ve S355J2C+ N çeliklerinin gazaltı ark kaynak yöntemi ile birleştirilmesinin mikroyapı ve mekanik özellikler bakımından incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi). Trakya Üniversitesi, Edirne.
25. Korkmaz, Ş., Çetin, M.H., Adar, M., Orak, A. (2020). Gmak yöntemi ile birleştirilmiş Hardoks500-St52 numunenin çekme dayanımı ve sertlik davranışının incelenmesi. *Konya Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 8(2), 300-317.
26. Kahraman, N., Gülenç, B. (2020). Modern kaynak teknolojisi ve kaynak işlerinde iş sağlığı ve güvenliği. *Epa-Mat Basım Yayın Ltd. Şti*, 348s, Ankara.



How Social Media Marketings Affects Consumer Purchasing Behaviour on Fashion

Melis Ece Ozkan*¹

DOI: 10.57120/yalvac.1538868

Abstract: Consumer preferences depend on the strategies used by companies to affect purchasing behavior. Each sector has different strategies depending on the consumer types and their needs and expectations. In order to address how specific marketing strategies of the fashion sector affects consumers purchasing behavior, this paper aims to expose our biased decision on purchasing by examining some particular heuristics like availability bias, bandwagon effect, authority bias and explaining how these biases are actively being used by fashion companies and marketing agencies and how we are unconsciously being affected by those biases turning into marketing strategies on social media. Furthermore, based on the research made on Behavioral Economics so far, this paper proposes some strategies that brands can implement to their advertisements using these cognitive biases to maximize their return.

Keywords: Marketing, SMIs, Fashion, Consumer Behavior, Authority Bias, Bandwagon Bias, Availability Bias

Özet: Tüketici tercihleri, şirketlerin satın alma davranışını etkilemek için kullandıkları belirli stratejilere bağlıdır. Her sektörün, tüketici tiplerin, ihtiyaç ve beklentilerine bağlı olarak farklı stratejileri vardır. Moda sektörünün belirli pazarlama stratejilerinin tüketicilerin satın alma davranışlarını nasıl etkilediğini ele almak için, bu makale, ulaşılabilirlik önyargısı, bandwagon etkisi, otorite önyargısı gibi bazı belirli sezgisel yöntemleri inceleyerek satın alma konusundaki önyargılı kararımızı ortaya koymayı ve bu önyargıların moda şirketleri ve pazarlama ajansları tarafından nasıl aktif olarak kullanıldığını ve bu önyargıların sosyal medyada pazarlama stratejilerine dönüşmesinden nasıl bilinçsizce etkilendiğimizi açıklamayı amaçlamaktadır. Dahası, Davranışsal Ekonomi üzerine bugüne kadar yapılan araştırmalara dayanarak, bu makale, markaların getirilerini en üst düzeye çıkarmak için bu bilişsel önyargıları kullanarak reklamlarına uygulayabilecekleri bazı stratejiler önermektedir.

Keywords: Pazarlama, SMI'lar, Moda, Tüketici Davranışı, Otorite Önyargısı, Bandwagon Önyargısı, Erişilebilirlik Önyargısı

¹Address: The Horizon Academic Research Program (HARP)/

*Corresponding author: meliseceozkan@gmail.com

1. INTRODUCTION

For a long period of time, consumer behavior and interactions between agents are explained under Traditional Economics where consumers are depicted as the most optimal and rational decision makers. But recent approaches suggest that not all the decisions made by the consumers are rational (Kahneman, 2003). Behavioral Economics stress that consumer decisions are affected by various factors such as cultural and economic factors and even mental traps which are often referred to as cognitive biases that are kind of a mental shortcut that makes people judge the probability of a certain outcome based on how easily it can be remembered or comes to mind and can be elucidated as systematic thoughts that have errors that affect judgements and decision making (stated in CFA Program Curriculum). A recent study found that we are susceptible to these traps because we refrain from complex inputs and this is because when we are seeking information our brain is prone to reduce the effort while optimizing the efficiency (Kangassalo et al., 2020). Our brains prefer through the path at least resistant for the minimum energy use to solve the problems. Since social media requires minimal effort, we are more susceptible to fall into the mental traps unconsciously.

In the emerging digital world, as the Internet becomes an essential part of our daily lives, such important aspects of a brand like identity and promotions are projected via social media platforms. With a market size of \$207.10bn which is expected to raise to 247.30bn by 2027, social media marketing proves to be a place where people from all around the globe are interconnected with each other, pushing the boundaries of hundreds of kilometers. Eliminating the expense and strain of physical marketing and promotions, social media is a pleasant and inevitable choice for brands to optimize their productivity. Since social media made it quite easier for our brains to receive and interpret information, brands have the

ideal platform to form their brand identity and deliver their message since we have a limited attention resource on a deceiving platform. Furthermore, A data by Cambridge University shows that consumers are making the decision of purchase in just a third of a second (Milosavljevic et. al., 2011) Which makes them susceptible to biases since it's not enough time for our brain to evaluate whether the assertions made by social media advertisements are true or not.

While brands use social media platforms as a tool for conveying their messages, it is important to mention that the same thing goes with the customers, users, too. The ideology of brand identity on consumers is self-concept which can be viewed as the way of showcasing specific traits or aspects that people seek to present to the outer world that should be consistent enough to be mentioned as an identity. (McNeill, 2018). Self-presentation is that people present their self-concept to comprise the aspects they have or want to have (Tice et al., 1995). Moreover, clothes can extend or even build one's self-concept and brand identity. Based on Roach-Higgins and Eicher & Sumberg (1995) clothing is one of the most important aspects of one's identity. Furthermore, building a self-image through fashion clothes can positively alter how an individual is perceived by the world (Solomon and Schopler, 1982).

2. MATERIAL AND METHOD

To understand and deepen the fashion customer and brand relationship (Trudeau & Shobeiri, 2016) in the form of social media brand engagement in Fashion Marketing, this paper aims to provide a more comprehensive map of some strategies that influence customer behavior by examining the role of availability bias, bandwagon effect and authority bias.

In section 3, the Authority bias and how it is applicable to the context of social media by Fashion Brands is depicted. In this section the authority bias explained through the SMIs, which is a fundamental aspect of this phenomena on Fashion Marketing. In this section we depicted the effects of authority bias by examining three components (SMIs, Consumers, Product & Services). Based on this table, if the SMIs have a positive relationship with a consumer, the consumer is expected to have a positive relationship to the product and services that SMIs are marketing. Physical appearance, expertise and trustworthiness is presented as the most important aspect of the SMIs for them to strengthen their relationship with the consumer.

In section 4, The bandwagon bias is explained in the social media marketing scope. Viral marketing is described as the digital version of the effect "word-of-mouth" phenomena, where it is often used for the purpose of extending a micro scaled marketing to a macro scaled marketing with social media. Since this effect of expanded marketing on social media is achieved through social media users, The "Social Identity" is depicted as having a significant role throughout this paper. In section 5, The effect of availability bias in social media marketing on fashion is explained as having two substantial components, Repetitive advertising and product placement. On the Product placement, The Product or service that is promoted by SMIs or other parties are not directly exposed to the consumer, rather being kept in the background so that consumers can unconsciously perceive the marketing of the Brands. On the other hand, Repetitive advertisement is the deliberate act of exposing consumers with a particular advertisement in the aim of unconsciously being kept on people's mind.

Finally, in the implementations section, for the mentioned cognitive bias to successfully operate in fashion brands' advertisements, some important factors that affect the performance of advertisements are listed. The three factors that affect the relationship between the SMIs and the consumers (expertise, physical appearance and trustworthiness) are stressed for authority bias to be positively implemented. Choosing the right kind of social media platform, where Tik-Tok is stated as having the highest engagement rate, is mentioned to be an important factor to consider while crafting a viral marketing plan to successfully implement bandwagon effect. And for the availability bias, both product placement and repetitive advertisement is mentioned as sizable methods for creating brand awareness while stressing the importance of relevance between the audience and the brand, plus choosing an admired and related SMI by the society.

2.1. Authority Bias

Authority bias can be explained as the people's tendency of believing and trusting a figure who has an apparent authority on a particular field (Korteling, 2020). People who fall for this mental trap are more prone to attribute a better validity of a particular information or ideology given by an authoritarian figure (Proojien at all, 2006).

One of the most important examples where we can detect an authority bias is in medical fields (Stasiuk et.al, 2015). Physicians' prestige and title can create an authoritarian figure on people where people tend to attribute higher degree of accuracy to their sayings where their perceived prestige attributed people a sense of "they know the best for us" intuition (Emanuel & Emanuel, 1992; Madar & Bar-Tal, 2009). This is mainly because the people who are known to be "experts" on their field along with other factors such as appearance, can significantly alter the degree of which people choose to comply with their point of view or assertions.

The authority bias can be detected on the influencer market where brands promote their products or services through influencers. Social media Influencers (SMIs) can be depicted as people who gained acceptance by a large group in the

social media and gained power to influence a range of users by promoting and recommending others with their fame, knowledge and authority. SMIs are people who have established credibility and stimulated commitment of a large society with their knowledge and expertise on topics and particular purpose, and outstanding lifestyle. They are the leaders of those fields marketing the details about their personal lives, experiences, and opinions publicly thereby exert a significant influence and a sizable network through visuals, stories, films, texts, videos, hashtags, location check-ins, etc. They attract the attention and have a great impact on the decisions of target consumers. Therefore, we can infer that they have an “expertness” in their field.

As people tend to believe in the people who have authority, Social Media Influencers (SMIs) are a great tool for brands to use for their promotions on the consumers purchase intention (McCornick, 2016). As the Statista’s data states, the influencer market has grown to \$16.4 billion in 2022 (Geysler, 2023), and expected to rise to \$21.1 billion at the end of 2023 this consistent increase reflects the important effects of using an authoritarian figure as a marketing asset by companies. This is mainly caused because of the positive effects of the presence of celebrity figures on purchase intention (Hameed et.al., 2023).

The common factors of SMIs that had been mentioned throughout the literature are attractiveness, expertise and trustworthiness (Smith, 2001; Wiedmann & Mettenhim, 2020). Multiple research and experiments dedicated to these factors indicated that all these factors had a positive relationship with the consumers purchase decision and further, consumer-brand relationship. These factors’ contributions to the purchase intention and consumer-brand relationship can be depicted as below.

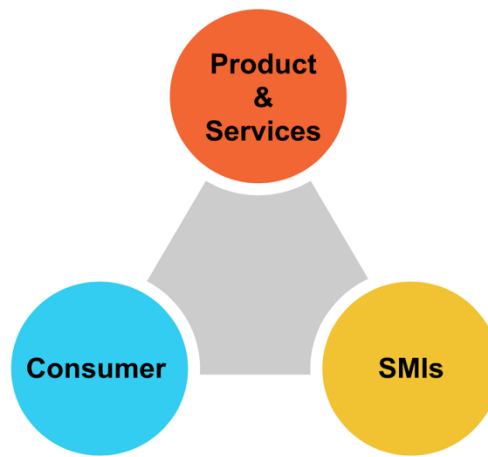


Figure 1. The relationship between Product & Services, Consumer and SMIs

If there’s a positive connection between SMIs and the consumer, then the connection between the product and the consumer is expected to be positive based on the authority bias and vice versa (Figure 1). We can distinct the factors which affect the bond between SMIs and consumers into 3 main categories (Wiedmann & Mettenhim, 2020). These are:

1. Image / Physical Appearance
2. Expertise
3. Trustworthiness

Because appearance is one of the most important aspects of SMIs for their influence on the consumer and hence, attractiveness is making people more agreeable with their assertions (Horai et al.1974). This is why this aspect is mostly used in Fashion by SMIs to make the clothes of different brands more appealing with their attractive look (Jin & Muqaddam, 2019). Furthermore, the research done by Lee and Watkins (2016) shows that content created by attractive SMIs pumps people up to make their own video on the relevant topic. Therefore, social media users’ purchase intention and the brand awareness is positively linked with the SMIs’ physical appearance, and attractive looking SMIs are perceived as more reliable to the consumers.

Expertise is an important contributor to SMIs, whose expertise on a particular field makes the SMIs more reliable on what they are conveying (Yadav et al, 2013) A study conducted by (Alexander et.al., 2019) shows that while expertise is important on SMIs, Choosing SMIs based on their expertise in a way that it would fit into the brand Identity is crucial. For example, a protein shake campaign that is endorsed by a beauty influencer shows a poor fit between the SMI and the Brand and therefore expected to show a negative impact for the advertisement (Alexander P. Schouten, Loes Janssen & Maegan Verspaget (2019). In the fashion field, choosing SMIs that already have a recognition in the beauty or fashion related field is a necessity for a fashion brand.

Trustworthiness is a factor which makes people comfortable with one another and therefore, puts a person in a good mood. When people are in a good mood, they become more intuitive but more prone to fall into logical errors and mental traps (Kahneman, 2011). SMIs that showed a particular knowledge or an impact on the social media about the fashion sector would create more ease on people's mind on the conveyed advertisement by the SMI therefore increase the purchase decision on that product or service plus brand identity. Therefore, SMIs trustworthiness improves their credibility on social media and improves the bond between product and the consumer.

2.2. Bandwagon Bias

The term bandwagon effect can be defined as the people's tendency for joining existing majorities often viewed as dominant (Rüdiger, 2015). When people shape or reshape their behaviors, beliefs, attitudes and stand based on a collective group of anonymous because of their competence among a particular field, we can say that this results by the effect of bandwagon (Mutz, 1998) While this bias can sometimes lead to a positive direction and the decisions or the judgements made because of this bias can be stated as "rational", it is important to note that this section mainly focuses on the "irrational" decision making and judgements on social media in fashion marketing.

The most appropriate example for this cognitive bias would be in political elections where people express their political hand as a partisan of a particular party or side. There was a long running debate on how the election polls affect voters and the majority scripted this phenomenon to the bandwagon effect which when there's an ongoing competition on a political pool, the party which is on lead would get even a higher support (Hardmeier, 2008; Simon, 1954). In this example, bandwagon shows itself as the people's tendency to behave as they desire to have a "social identity" therefore being a part of the vanquishing team.

A study published by Oxford university, the bandwagon effect on election pools not only explained but examined a controlled experiment which provided a realistic environment, where they had real world consequences, for more accurate measurements (Farjam, 2020). The result of the experiment showed a %7 shift from the result of the pre-election pool on the voters. Based on Mike Farjam, the shifting of %7 from the pre-election can even be seen as a small percentage since the real world elections generally consist of more alternatives which can exclude the burden of the cost of the voting process and making it quite easier for voters to jump upon different political parties.

On the Social Media aspect, this bias shows itself on viral marketing. This marketing strategy by brands means amplifying the micro scale campaign into macro scale one through making people transfer the message of the marketing to one another, creating a social network compromised by the initial marketing.

The term word-of-mouth is often used to describe the organic growth of a brand through consumers suggesting one another about a particular product personally, so that the person they suggested the product can benefit from that product as much as they do. On social media, viral marketing creation by brands works in the same direction as word-of-mouth where the message of the marketing spreads, through social media users and creates a cloud behind the brand (Gunawan and Huarng, 2015).

According to an experiment conducted by (Hsiang-Hsi Liu¹, Yu-Ning Wang, 2019) viral marketing substantially effects the intention of purchase by consumers and therefore is used and should be used by companies to maximize the efficiency of their campaign. Plus, the interaction with the brand on viral products (The product that marketed at Viral marketing medium) is increasing the brand awareness and value.

Another factor that is an important contributor to viral marketing is "social identity" which refers to the social groups that people are in or want to classify themselves as they are. This theory perfectly aligns with the nature of fashion where the clothing serves as a tool for people to explain and define themselves. In this sense, fashion can be defined as a non-verbal language that can be used by people to express themselves (Barnard, 2013) on various factors as well as social identity where compromises of various groups (social, economic etc.) that resemble different levels of status. An example of this can be when people want to symbolize their position on a football game by wearing the uniform that their preferred group carries. On this context, the social media users may want to contribute to the viral clothing by purchasing and showcasing their clothing and therefore position, by sharing their content on the social media (which enlarges the effect of the viral marketing)

2.2. Availability Bias

Availability bias refers to the people's tendency to make decisions based on a piece of information that is easily available to them. (Tversky & Kahneman, 1973) This can be overly dangerous since we are currently in the internet age, which means that we are exposed to all kinds of information (valid or invalid) constantly. For instance, Tversky & Kahneman stated that a person may evaluate or approximate the rate of divorce in her local community based on her experience with

her relationships (1973). In this example, the question is perplexing and requires a substantial effort which our brain fails to provide most of the time (Kahneman, 2011). So, our mind “substituted” the mind-bending question, "What is the rate of divorces in your local community?" To” how my previous relationships went?”.

Since availability bias occurs unconsciously, it's a popular tool among brands who want to remain in consumers mind using repetitive ads and content or product placing where products do not directly appear. When people encounter an advertisement that they have seen before, it is expected that they would assess the validity of the content by how familiar that content is, which in this case this bias is used by brands with repetitive advertisement or product placement.

Product placement is deliberate insertion into non-commercial settings (Levi-Faur & Ginosar, 2010). This means, social media users or audiences are constantly being exposed to advertising unconsciously. So, for example when a beverage brand partners with a SMI for placing their drink onto the background of the influencers’ post, brands make people exposed to their product unconsciously. So that when they’re in search of a beverage their product can pop-up in their mind. Same goes in the fashion industry, a study conducted by (Parth, Kraft, and Raif, 2017) about fashion marketing on Instagram. They state that the indicated influencers about fashion advertisements avoided using any kind of hashtag or caption that can potentially indicate the advertisement purpose.

Advertisement repetition is another way that brands implement the availability bias into their marketing strategy. Multiple exposure to an advertisement creates a better recognizability and awareness for the brand and therefore creates a better approach from the consumers later. This effect also contributes to the “mere exposure effect” where the more you encounter a product the more you attach to it. With the presence of personalized advertising, the more people being exposed to a relevant advertisement, the positive attitude change will increase and vice versa. (Garcia-Marques & Mackie, 2001; Rieh, 2002). Implementing fashion ads to fashion or beauty related contents can positively affect the perception toward the brand.

On social media the product placement and repetitive advertisement serve as one purpose, not getting consumers to forget about the brand and the goods services they provide which benefit brands in both long and short term.

3. IMPLEMENTATIONS

The given cognitive biases are constantly being used by fashion brands. Using cognitive biases in advertisements to optimize their sales is a useful strategy for brands only if it is used correctly and efficiently. The following paragraphs will provide the most appropriate ways of using these mental traps in fashion advertisements to get a positive outcome and better allocating the money and resources spent on the advertisements.

While implementing authority bias to an advertisement, using the right kind of SMI is crucial to reach effective marketing. Taking account of the factors that strengthen the connection with SMIs and consumers while deciding the preferred SMI is essential for strengthening the relationship between the consumer and the product. These factors (expertise, physical appearance and trustworthiness) should be considered while appointing SMIs. Choosing the SMIs wisely and double checking if the chosen SMI is aligned with the brand’s goals or the message it tries to convey is essential.

While utilizing bandwagon effect, the selection of social media platforms and using the term “social identity” correctly in a way that will align with the brands interests is crucial. Selection of Social Media Platforms that have a high engagement rate would increase a Fashion Brands’ chances of getting viral on a social platform. Based on 2022 data from Statista, the social media platform that has the highest engagement rate is Tik Tok with a 4.25% engagement rate per post followed by Instagram, Facebook and Twitter (X) with engagement rate of 0.6%, 0.15% and 0.05% per post, respectively. Since fashion serves as a non-verbal language for people to express themselves as well as the group that they belong to or desire to belong to, using social identity by creating a community around the brand is effective with the right selection of social media platform.

On availability bias, a meticulous selection of the right audience and the relevancy is crucial to increase the positive attitude towards the brand. If Repetitive Advertisement will be conducted by a Fashion Brand, the audience selection should be the people who are into fashion and Beauty sectors since repetitive advertisement creates a positive impact on the brand and purchase intention only if it is being exposed to the right audience. If it is exposed to an audience who are far from being interested from Fashion and Related sectors, the advertisement is expected to create a negative impact where it’s considered as more irritating (Kondrod & Huber, 2015). For Product Placement in social media, while relevance is still playing a substantial role, whether the selected influencer is liked among the social media users or not is a crucial factor too (Gageler & Van der Schee, 2016).

Giving the right attention to these factors while building up a social media marketing plan can substantially benefit both brands and the consumers while maximizing the profit on the advertising budget and sustainability in consumption respectively.

4. DISCUSSIONS AND CONCLUSION

The ever-increasing significance of online interactions operates the consumer with cognitive biases. In response to the rapidly changing digital environment, this research ventured to map the cognitive biases and their profound effects and possible implementations for brands for better allocating their resources. Social media is the biggest interface to bridge the consumer and product via SMIs and campaigns therefore it creates an ideal platform for Brands to implement Cognitive biases that have an important role in social media marketing and how consumers perceive the brand. For consumers, knowing what cognitive biases are being implemented by brands is essential for being aware of such mental traps and better consolidating their purchase decision. And for Brands, using these cognitive biases correctly and wisely to maximize profits is crucial together with meticulously designed interaction language in shaping the consumers' expectations and tendencies. On the other hand, these insights will modify consumers' choices through better online interaction styles, thereby letting them optimize their choices for a more sustainable consumption through a more effective information and financial flow to create more effectiveness in both marketing and consumption.

Acknowledgements

I would like to express my deepest gratitude to **Professor Edoardo Gallo, Assistant Professor and Director of Studies (Economics) at the University of Cambridge**, for his invaluable guidance and expertise throughout the development of this research paper. His insights into the overall topics of this work and his teachings on behavioral biases have significantly enriched the quality and depth of this study.

I am also profoundly thankful to **Mr. Lucas Hunter, Program Director at Horizon Academic Research Program**, for his meticulous support in shaping the structure and format of this research paper. His attention to detail and commitment to academic excellence were instrumental in ensuring the coherence and rigor of this work.

I would also like to extend my appreciation to the Horizon Academic Research Program for providing a platform that facilitated this research and supported my academic endeavors.

Their combined efforts and dedication have been critical to the successful completion of this research, and I am truly indebted to them for their support.

Ethics Committee Approval

N/A

Peer-review

Externally peer-reviewed.

Author Contributions

Conceptualization: M.E.O. Investigation: M.E.O. Material and Methodology: M.E.O.; Supervision: E.G.; Visualization: M.E.O.; Writing-Original Draft: M.E.O. Writing-review & Editing: M.E.O.; Other: All authors have read and agreed to the published version of manuscript.

Conflict of Interest

The authors have no conflicts of interest to declare.

Funding

The authors declared that this study has received no financial support.

REFERENCES / KAYNAKLAR

Barnard M., (2013). Fashion as Communication, Humanities, Social Sciences, p. 224, <https://doi.org/10.4324/9781315013084>

Bindra S & Sharma D., & Parameswar N., & Dhir S., Paul J., (2022). Bandwagon effect revisited: A systematic review to develop future research agenda, *Journal of Business Research*, Volume 143, April 2022, Pages 305-317, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2022.01.085>

CFA Program Curriculum 2017 Level III, Volumes 1- 6

Du R., (2022). Availability Heuristic: An Overview and Applications, 3rd international, vol.1, DOI: 10.54097/bem.v1i.2548

- Eicher, J. B., Sumberg B. (1995). World Fashion, Ethnic, and National Dress. Pp. 295-306 in *Dress and Ethnicity: Change Across Space and Time*, edited by Joanne B. Eicher. Washington D.C.: Berg.
- Emanuel E.J, Emanuel L.L. (1992). Four Models of the Physician-Patient Relationship. *Jama*, 267(16):2221–2226. doi:10.1001/jama.1992.03480160079038
- Evans, J. S. B., & Stanovich, K. E. (2013). Dual-process theories of higher cognition: Advancing the debate. *Perspectives on Psychological Science*, 8, 223-241. <http://dx.doi.org/10.1177/1745691612460685>
- Farjam M., (2020). The Bandwagon Effect in an Online Voting Experiment with Real Political Organizations, *International Journal of Public Opinion Research*, Volume 33, Issue 2, Summer 2021, Pages 412–421, <https://doi.org/10.1093/ijpor/edaa00>, Published: 14 June 2020
- Full Citation: Bloomberg's CFA Prep. (n.d.). Bloomberg's CFA Prep. https://www.bloomberprep.com/cfa?utm_source=google_ads&utm_medium=cpc&utm_campaign=20350477433&utm_term=cfa%202024&utm_content=665447618314&gclid=CjwKCAjwgZCoBhBnEiwAz35Rwm-YBqBJBEVwGiHH9O7tVjzl3e3fxU_gvFt6EoHeP_1oolE88vbH_xoCfJUQAvD_BwE. In-Text Citation: (Bloomberg's CFA Prep, n.d.)
- Full Citation: *Social Media Advertising - Global | Market Forecast*. (n.d.). Statista. <https://www.statista.com/outlook/dmo/digital-advertising/social-media-advertising/worldwide>
- Gageler, L., and Van der Schee, J. (2016). Product placement on social media: A study on how generation y's brand perception and purchase intention are influenced. Jönköping University, International Business School Master's Thesis in Business Administration. www.diva-portal.org/smash/get/diva2:934655/FULLTEXT01.pdf
- Garcia-Marques, T., & Mackie, D. M. (2001). The feeling of familiarity as a regulator of persuasive processing. *Social Cognition*, 19(1), 9–34. <https://doi.org/10.1521/soco.19.1.9.18959>
- Geysler, W. The State of Influencer Marketing 2022: Benchmark Report. Available online: <https://influencermarketinghub.com/influencer-marketing-benchmark-report/> (accessed on 23 January 2023).
- Gunawan, D.D. & Huarng, K.H. (2015) Viral Effects of Social Network and Media on Consumers' Purchase Intention. *Journal of Business Research*, 68, 2237-2241.
- Hameed F. & Malik I. A. & Hadi n. U. & Raza M. (2023). Brand awareness and purchase intention in the age of digital communication: A moderated mediation model of celebrity endorsement and consumer attitude, *Online Journal of Communication and Media Technologies* 13(1):202309. DOI: 10.30935/ojcm/12876
- Hardmeier S. (2008). The effects of published polls on citizens. In W. Donsbach & M. W. Traugott, (Eds), *The Sage handbook in public opinion research* (pp.504–513). Los Angeles: Sage.
- Horai, J., Naccari, N. and Fatoullah, E. (1974) The Effects of Expertise and Physical Attractiveness upon Opinion Agreement and Liking. *Sociometry*, 37, 601-606. <https://doi.org/10.2307/2786431>
- In-Text Citation: (*Social Media Advertising - Global | Market Forecast*, n.d.)
- Jin, S. V., Muqaddam, A., & Ryu, E. (2019). Instafamous and Social Media Influencer Marketing. *Marketing Intelligence and Planning*, 37, 567-579. <https://doi.org/10.1108/MIP-09-2018-0375>
- Kahneman D., (2012). *Thinking Fast and Slow*, Penguin Books, London
- Kahneman D., 2003, Maps of Bounded Rationality: Psychology for Behavioral Economics, *The American Economic Review*, Vol. 93, No. 5 (Dec., 2003), pp. 1449-1475 (27 pages), Published By: American Economic Association. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2015.06.004>
- Kahneman, D. & Frederick, S. (2002). Representativeness revisited: Attribute substitution in intuitive judgment. In T. Gilovich, D. Griffin, & D. Kahneman (Eds.). *Heuristics and Biases: The Psychology of Intuitive Judgment* (pp. 103-119). Cambridge: Cambridge University Press.
- Kangassalo L., Spapé M., Ravaja N., Ruotsalo T, Information gain modulates brain activity evoked by reading. *Scientific Reports*, 2020; 10 (1) DOI: 10.1038/s41598-020-63828-5

- Kangassalo, L., Spapé, M., Ravaja, N. (2020). Information gain modulates brain activity evoked by reading. *Sci Rep* 10, 7671. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63828-5>
- Korteling, J. E., & Toet, A. (2022). Cognitive biases. In Della Sala, S. (Ed.), *Encyclopedia of behavioral neuroscience* (2nd ed., pp. 610–619). Elsevier
- Kronrod, A. & Huber, J. (2018). Ad wearout wearout: How time can reverse the negative effect of frequent advertising repetition on brand preference. *International Journal of Research in Marketing*. 36. 10.1016/j.ijresmar.2018.11.008.
- Lee J. E., Watkins B. (2016). YouTube vloggers' influence on consumer luxury brand perceptions and intentions, *Journal of Business Research*, Volume 69, Issue 12, pp: 5753-5760, ISSN 0148-2963, <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.04.171>.
- Levi-Faur, D. & Ginosar, A. (2010). Regulating Product Placement in the European Union and Canada: Explaining Regime Change and Diversity. *Journal of Comparative Policy Analysis: Research and Practice*. 12. 10.1080/13876988.2010.516512.
- Liu, H.H. & Wang, Y.N. (2019). Interrelationships between Viral Marketing and Purchase Intention via Customer-Based Brand Equity. *Journal of Business and Management Sciences*. 7. 72-83. 10.12691/jbms-7-2-3.
- Madar, H., and Bar-Tal, Y. (2009). The experience of uncertainty among peritoneal dialysis patients. *J. Adv. Nurs*. 65, 1664–1669. doi: 10.1111/j.1365-2648.2009.05013.
- McNeil, S. L. (2018). Fashion and women's self-concept: a typology for self-fashioning using clothing, *Journal of Fashion Marketing and Management*, Vol 22 (1), pp. 82-98, 10.1108/jfmm-09-2016-0077
- McNeill, F. (2018). Mass supervision, misrecognition and the 'Malopticon'. *Punishment and Society*, doi:10.1177/1462474518755137
- Milosavljevic, M., Koch, C., & Rangel, A. (2011). Consumers can make decisions in as little as a third of a second. *Judgment and Decision Making*, 6(6), 520–530. <https://doi.org/10.1017/S1930297500002485>
- Mutz, D. C. (1998). Impersonal influence: How perceptions of mass collectives affect political attitudes. *Cambridge University Press*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139175074>
- Rieh, S. Y. (2002). Judgment of Information Quality and Cognitive Authority in the Web. *JASIST*. 53. 145-161. 10.1002/asi.10017.abs.
- Rüdiger, S.B. (2015). Bandwagon Effect, *Wiley Online Library*. <https://doi.org/10.1002/9781118541555.wbiepc015>
- Schouten, A. & Janssen, L. & Verspaget, M. (2019). Celebrity vs. Influencer endorsements in advertising: the role of identification, credibility, and Product-Endorser fit. *International Journal of Advertising*. 39. 1-24. 10.1080/02650487.2019.1634898.
- Schouten, Alexander & Janssen, Loes & Verspaget, Maegan. (2019). Celebrity vs. Influencer endorsements in advertising: the role of identification, credibility, and Product-Endorser fit. *International Journal of Advertising*. 39. 1-24. 10.1080/02650487.2019.1634898.
- Simon H. A. (1954). Bandwagon and underdog effects and the possibility of election predictions. *Public Opinion Quarterly*, 18, 245–253.
- Smith, M.K. (2001). The Learning Organization. *The Encyclopedia of Informal Education*. <http://www.infed.org/biblio/learning-organization.htm>
- Solomon, M. R., & Schopler, J. (1982). Self-consciousness and clothing. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 8(3), 508–514. <https://doi.org/10.1177/0146167282083018>
- Stanovich, K.E. and West, R.F. (2000). Individual Differences in Reasoning: Implications for the Rationality Debate. *Behavioral and Brain Sciences*, 23, 645-726. <https://doi.org/10.1017/S0140525X00003435>

- Stasiuk K. & Bar-Tal Y. & Maksymiuk Y. A., (2015). The Effect of Physicians' Treatment Recommendations on Their Epistemic Authority: *The Medical Expertise Bias*, *Journal of Health Communication* 21(1):1-8, DOI: 10.1080/10810730.2015.1049308
- Tice, D. M., Butler, J. L., Muraven, M. B., & Stillwell, A. M. (1995). When Modesty Prevails: Differential Favorability of Self-Presentation to Friends and Strangers. *Journal of Personality and Social Psychology*, 69, 1120-1138. <http://dx.doi.org/10.1037//0022-3514.69.6.1120>
- Trudeau, H.S. & Shobeiri, S. (2016). The relative impacts of experiential and transformational benefits on consumer-brand relationship. *Journal of Product & Brand Management*. 25. 586-599. 10.1108/JPBM-07-2015-0925.
- Tversky, A., & Kahneman, D. (1973). Availability: A heuristic for judging frequency and probability. *Cognitive Psychology*, 5(2), 207–232. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(73\)90033-9](https://doi.org/10.1016/0010-0285(73)90033-9)
- Van Prooijen, J.-W., & van Vugt, M. (2018). Conspiracy Theories: Evolved Functions and Psychological Mechanisms. *Perspectives on Psychological Science*, 13(6), 770–788. <https://doi.org/10.1177/1745691618774270>
- Wason, P. C., & Evans, J. St. B. T. (1975). Dual Processes in Reasoning? *Cognition*, 3, 141-154. [http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277\(74\)90017-1](http://dx.doi.org/10.1016/0010-0277(74)90017-1)
- Wiedmann, K.P. & Von Mettenheim, W. (2020). Attractiveness, trustworthiness and expertise – social influencers' winning formula?. *Journal of Product & Brand Management*. ahead-of-print. 10.1108/JPBM-06-2019-2442.
- Yadav, M. S., D Valck, K., Hennig-Thurau, T. et al. (2013). Social-Commerce: A Contingency Framework for Assessing Marketing Potential. *Journal of Interactive Marketing*, 27, 311-323. <https://doi.org/10.1016/j.intmar.2013.09.001>



NATURAL LANGUAGE PROCESSING ALGORITHMS AND PERFORMANCE COMPARISON

Ayhan ARISOY¹ 

¹Burdur Mehmet Akif Ersoy University, Bucak Emin Gülmez Technical Sciences Vocational School, Department of Computer Technologies, Web Design and Coding Programme, Burdur, TURKEY

Corresponding Author: aarisoy@mehmetakif.edu.tr

DOI: 10.57120/yalvac.1536202

ABSTRACT

Natural language processing (NLP) is the general name for the methods and algorithms developed for computers to understand, interpret and produce human language. NLP plays a critical role in many fields, from social media analyses to customer service, from language translation to healthcare. This paper provides a comprehensive overview of the basic concepts of NLP, popular algorithms and models, performance comparisons, and various application areas. Key concepts of NLP include language models, tokenisation, lemmatisation, stemming, POS tagging, NER and syntactic parsing. These concepts are critical for processing, analysing and making sense of texts. Language models include popular methods such as N-gram, Word2Vec, GloVe and BERT. NLP algorithms are classified as rule-based methods, machine learning methods and deep learning methods. Rule-based methods are based on grammatical rules, while machine learning methods work on the principle of learning from data. Deep learning methods, on the other hand, achieve high accuracy results by using large datasets and powerful computational resources. In the performance comparison section, it is stated that the algorithms are evaluated with metrics such as accuracy, precision, recall and F1 score. Advanced models such as BERT and GPT-3 show superior performance in many NLP tasks. In conclusion, the field of NLP is rapidly evolving, with significant advancements anticipated in several key areas. These include the creation of more effective and efficient models, efforts to reduce biases, enhanced privacy protection, the growth of multilingual and cross-cultural models, and the development of explainable artificial intelligence techniques. This paper provides a comprehensive overview to understand the current status and future directions of NLP technologies.

Keywords: NLP, Language Models, Deep Learning, Text Analysis

1. INTRODUCTION

Natural language processing (NLP) is the general name of the methods and algorithms developed for computers to understand, interpret and produce human language. Given the complexity and diversity of language, NLP is a broad field involving many disciplines, both theoretical and applied. The first studies started at the intersection between linguistics and computer science, and today it has gained great momentum with the integration of artificial intelligence and machine learning techniques [1].

Today, NLP plays a critical role in many fields from social media analyses to customer service, from language translation to healthcare. This wide range of applications has led to the need to improve the efficiency and accuracy of NLP algorithms and models. Various algorithms and models specifically designed for different tasks and applications have been developed [2][3].

NLP algorithms are increasingly being used in various fields, especially healthcare, to extract valuable information from unstructured text data such as electronic health records (EHRs). Researchers have developed and validated NLP algorithms for tasks ranging from identifying sleep parameters from polysomnography reports [4] to extracting data from PSG sleep study reports [5] and even detecting inconsistencies in allergy information in EHRs [6]. These algorithms have shown promising performance on tasks such as identifying patients with hypoglycaemia [7] and shoulder injury cases related to vaccine administration [7].

The development of NLP algorithms has demonstrated the potential of NLP to improve healthcare outcomes by enabling the automatic detection of medical conditions such as peripheral arterial disease [8], delirium [9] and asthma [10] from clinical narrative notes. Furthermore, NLP has demonstrated its versatility in medical applications by being applied to tasks such as identifying skeletal site-specific fractures from radiology reports [11] and mental illness among people living with HIV [12].

NLP algorithms have also been used beyond healthcare, such as in the development of conversational AI for research abstracting, as in [13] and in the identification of fake news using machine learning algorithms [14]. These applications highlight the wide range of uses of NLP algorithms in different domains.

With the increasing number of studies in the field of NLP, it has become important to develop a comprehensive understanding of the effectiveness of language models and algorithms [15][16][17]. In this context, the paper aims to examine the basic principles, advantages and disadvantages of different NLP algorithms. It also aims to compare the performance of these algorithms on various NLP tasks and provide suggestions for future research directions.

In the rest of the paper, the basic concepts of NLP, popular algorithms and models will be discussed in detail and a comprehensive analysis will be made in the light of experimental results. In this way, it is aimed to provide a guiding resource for researchers and practitioners working in the field of NLP.

2. BASIC CONCEPTS OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING

The basic concepts in the field of natural language processing (NLP) are the various techniques and processes used for computers to understand, analyse and generate texts and speech data [18]. In this section, language models and basic NLP tasks will be discussed in detail.

2.1. Language Models

Language models are mathematical models used to learn the probabilistic structure of texts in a language and use this knowledge to create new texts.

N-gram Models: N-gram models are simple and efficient language models that analyse word sequences in language into chunks of n-word length. For example, the phrase "natural language processing" can be represented as a sequence of three words (trigrams). N-gram models are particularly effective with small datasets, but have difficulty capturing long dependencies [19]. Language modelling is a process that models the structure and probabilities of language by learning the statistical properties of texts. These models are used in tasks such as word prediction, automatic text generation and language understanding [20].

2.2. Basic NLP Tasks

Basic tasks in natural language processing include the preprocessing and analysis steps necessary to understand and analyse texts. These tasks form the basis for more complex NLP applications [21].

Tokenization: Tokenization is the process of breaking texts into smaller units such as words, sentences or characters. This process is the first step in making texts processable [22]. For example, the expression "This is an example sentence." is divided into tokens such as "This", "one", "example", "sentence".

Lemmatization and Stemming: Lemmatisation is the process of reducing words to their root forms [23]. For example, the word "running" is lemmatised as "run". Stemming is a simpler and faster method to reduce words to their roots, but it does not always give the correct root form [23]. For example, the word "running" is stemmed as "run".

Part-of-Speech Tagging (POS Tagging): POS tagging is the process of determining the grammatical role of each word in a sentence. This process allows words to be labelled with tags such as nouns, verbs, and adjectives [23][24]. For example, in the sentence "The quick brown fox jumps over the lazy dog", "quick" and "brown" are labelled as adjectives, "fox" as a noun, and "jumps" as a verb.

Named Entity Recognition (NER): NER is the process of identifying proper names (people, places, organisations, etc.) in texts. This task plays a critical role in information extraction and text comprehension applications [21]. For example, in the sentence "Süleyman Demirel was born in Isparta", "Süleyman Demirel" is defined as a person and "Isparta" as a place.

Syntactic Parsing: Syntactic parsing is the process of analysing the grammatical structure of sentences to determine the relationship and hierarchy between words. This process enables the visualisation of dependencies and grammatical structures between words using tree structures [22].

2.3. Semantic Analysis

Semantic analysis is the process of understanding the meaning and content of texts. It aims to accurately decode the context and meaning of words and sentences [23].

Word Meaning and Context: The meanings of words may change according to the context in which they are found. Therefore, the context needs to be taken into account in order to analyse

the texts correctly [25]. For example, the word "bank" can mean both "river bank" and "financial institution", it is important to choose the correct meaning according to the context.

Distributed Representation and Embeddings: Distributed representation methods are used to mathematically represent the meaning of words. Methods such as Word2Vec, GloVe and FastText represent words as vectors and numerically express meaning similarities and relationships [26].

These basic concepts form the basis of the studies and models developed in the field of natural language processing. Language models and basic NLP tasks are critical for processing, analysing and making sense of texts. The concepts discussed in this chapter provide the foundation for understanding and developing more complex NLP applications.

3. CLASSIFICATION OF NLP ALGORITHMS

Natural language processing (NLP) algorithms aim to process, understand and generate language data using different approaches and methods. In this section, NLP algorithms are classified into three main categories: rule-based methods, machine learning methods and deep learning methods.

3.1. Rule Based Methods

Rule-based methods are based on the processing of language using specific rules and lexicons. These methods are usually based on linguistic knowledge and language rules. Rule-based systems process texts using grammatical rules and word lists. For example, predefined rules are used for verb conjugation rules, sentence structures and word types in a given language. These methods are effective in capturing structural and rule-based aspects of language [27][28].

Examples of rule-based methods include syntactic parsers used for grammatical analysis and spell checkers based on specific language rules. For example, a system that checks whether sentences are correct using English grammar rules is a rule-based NLP application [28].

3.2. Machine Learning Methods

Machine learning methods are algorithms that perform language processing tasks by learning from data. These methods involve training models using data labelled for a specific task.

Supervised Learning Methods: Supervised learning involves training models using labelled data sets. In these methods, the correct output label is known for each data sample and the model learns to predict these labels. For example, Naive Bayes and Support Vector Machines (SVM) algorithms used to detect spam e-mails are supervised learning methods [29].

Unsupervised Learning Methods: Unsupervised learning aims to discover hidden structures within the data using unlabelled data sets. In these methods, the correct output label for data samples is not known and the model learns patterns and clusters in the data set. For example, the K-Means algorithm for text clustering is an example of unsupervised learning [30].

3.3. Deep Learning Methods

Deep learning methods are advanced algorithms that perform complex language processing tasks using artificial neural networks. These methods have the ability to learn from large data sets and perform high levels of abstraction [31].

RNN (Recurrent Neural Networks): RNNs are neural network models used to capture sequential dependencies in language data. These models are effective in learning dependencies in sequential data such as time series and language data. For example, RNNs are frequently used in language modelling and text prediction tasks [32].

LSTM (Long Short-Term Memory): LSTMs are a type of RNNs and are designed to learn long-term dependencies more effectively. LSTM cells exhibit superior performance in language processing tasks thanks to their ability to store information long-term and forget redundant information [33].

GRU (Gated Recurrent Unit): GRUs are neural network models that work similarly to LSTMs but require less computation. GRUs are used to achieve fast and effective results in language processing tasks [34].

Transformer Models: Transformer models form the basis of large language models thanks to their ability to process dependencies in language data in parallel. These models process language data using attention mechanisms and form the basis of popular language models such as BERT and GPT. Transformer models are pioneers in tasks such as language translation, text generation and language understanding [35].

This categorisation helps us to understand how NLP algorithms work using different approaches and methods and in which situations they are most effective. Rule-based methods focus on linguistic rules and language structures, while machine learning methods offer data-driven approaches. Deep learning methods make it possible to build high-performance language models by learning from large datasets.

4. POPULAR NLP ALGORITHMS AND MODELS

In this section, popular algorithms and models that are widely used in the field of natural language processing (NLP) and have achieved significant success will be discussed. The basic working principles, advantages, disadvantages and application areas of each model will be analysed in detail.

4.1. TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency)

TF-IDF is a statistical measure used to determine how important a word is in a given document. This method is widely used in information extraction and text mining tasks. TF-IDF is based on two main components; Term Frequency (TF) and Inverse Document Frequency (IDF). Term Frequency measures the number of times a term occurs in a given document. Inverse Document Frequency assesses how common the term is across the entire document collection. The TF-IDF score is calculated by multiplying the TF and IDF components so that rare terms score high. TF-IDF is a simple and effective method, fast to compute and highlights important terms in the document. However, it does not consider context and word order, so it is limited in understanding the more complex structure of the language [36][37][38].

4.2. Word2Vec

Word2Vec is a deep learning model that represents words as vectors and learns semantic relationships between words. Word2Vec uses two main models: Continuous Bag of Words (CBOW) and Skip-Gram. The CBOW model predicts a word by looking at the words around

it, while the Skip-Gram model predicts the words around a word. Both models are trained on large text corpora to learn the semantic similarity of words. Word2Vec is successful in capturing semantic relationships between words and is effective on large-scale text datasets. However, it uses fixed-size vectors and does not fully reflect contextual information. [39][40][41]

4.3. GloVe (Global Vectors for Word Representation)

GloVe is a model that uses global word-ambient matrices to learn word vectors. GloVe learns word vectors by modelling the probabilities of words occurring together. This model represents the relationships between words by considering the number of co-occurrences of word pairs and the proportions of these numbers. GloVe learns word vectors using global context information and thus represents semantic relations well. However, the computational cost can be high due to working with large-sized matrices [42].

4.4. FastText

FastText is a model that takes into account the subword units of words when learning word vectors. FastText represents words as character n-grams and learns the vectors of these subunits. In this way, it provides a richer representation by taking into account structural information such as roots and affixes of words. FastText is an effective model for low-resource languages and rare words, because it extends the vocabulary by learning the subunits of words. However, the computational cost may increase as the number of subunits increases.[43][44][45]

4.5. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers)

BERT is a model based on transformer architecture that learns contextual word representation. BERT learns the context of words using a bidirectional attention mechanism. This model represents words by considering both left and right context. BERT enables fine-tuning in different NLP tasks using pre-trained models. BERT is highly successful in contextual word representation and shows superior performance in various NLP tasks. However, its training and fine-tuning is highly computationally expensive and requires large amounts of data and computational power.[46][47]

4.6. GPT-2/3 (Generative Pre-trained Transformer)

GPT-2 and GPT-3 are transformer-based models that have shown superior performance in text generation and language comprehension tasks as large-scale language models. GPT models use autoregressive modelling of language, i.e. using previous words to predict the next word. GPT-3 is an extremely large model with 175 billion parameters and gives effective results in language production, language understanding and many other tasks. GPT models offer high performance on a wide range of tasks and are extremely successful in text generation. However, the training costs are extremely high and require large amounts of data and computational power. In addition, care needs to be taken about bias and ethical issues.[48][49]

4.7. T5 (Text-To-Text Transfer Transformer)

T5 is a model that solves all NLP tasks in a single framework and works in a text input-output format. T5 transforms all NLP tasks into a text-input and text-output problem. This model can perform various tasks such as language translation, text summarisation, question-answering

under a single architecture. T5 is a flexible and powerful model and shows high performance on many different NLP tasks. However, it requires large datasets and computational power, so it can be costly to implement [50][51][52].

These popular NLP algorithms and models are powerful tools used in various tasks in the field of natural language processing. Each model has its own advantages and limitations, and their suitability for different application domains may vary. The models discussed in this chapter provide an important foundation for understanding developments and advances in the field of NLP.

5. PERFORMANCE COMPARISON OF ALGORITHMS

Evaluating and comparing the performance of natural language processing (NLP) algorithms is critical for selecting the right algorithm for a given task. In this section, we discuss the performance comparison of algorithms in the light of various evaluation metrics, commonly used benchmark datasets and experimental results.

5.1. Evaluation Metrics

Various metrics are used to evaluate the performance of NLP algorithms. These metrics measure the accuracy, precision, recall rate and overall effectiveness of the algorithms.

- **Accuracy:** Accuracy is the ratio of correctly estimated samples to the total number of samples. It is particularly useful in balanced data sets.
- **Precision:** Precision is the ratio of correct positive predictions to total positive predictions. High precision indicates few false positives.
- **Recall:** Recall is the ratio of true positive predictions to total true positives. High recall indicates catching most of the true positives.
- **F1 Score:** The F1 score is the harmonic mean of precision and recall. It provides a balanced evaluation by considering both precision and recall.
- **ROUGE and BLEU Scores:** ROUGE (Recall-Oriented Understudy for Gisting Evaluation) and BLEU (Bilingual Evaluation Understudy) are metrics used in tasks such as text summarisation and translation. ROUGE measures how good summarisations are, while BLEU assesses translation quality.

5.2. Benchmark Datasets

There are benchmark datasets that are widely used to compare the performance of NLP algorithms. These datasets provide standardised tests to measure the performance of algorithms on various tasks.

- **GLUE (General Language Understanding Evaluation):** The GLUE benchmark includes a series of tests that evaluate the performance of models on natural language comprehension tasks. These tasks include text classification, logical inference and similarity assessment.
- **SQuAD (Stanford Question Answering Dataset):** SQuAD is a dataset used in text comprehension and question-answer tasks. Models have to give correct answers to questions based on a piece of text.

- **CoNLL (Conference on Natural Language Learning):** CoNLL datasets are mainly used for named entity recognition (NER) and syntactic parsing tasks. These datasets contain labelled texts in various languages.

5.3. Experimental Results and Comparisons

Various experimental results and examples are analysed to compare the performance of different NLP algorithms on specific tasks. The following are some popular NLP tasks and performance comparisons of the algorithms used in these tasks.

5.3.1. Text Classification

Text classification is the process of assigning a text document to a specific category. For example, tasks such as spam detection or sentiment analysis.

- **Naive Bayes:** Naive Bayes is a simple and fast algorithm that performs well on small data sets. However, its performance may be limited in complex and large data sets.
- **Support Vector Machines (SVM):** SVM is an algorithm with high accuracy rates and is particularly effective for high dimensional data sets. However, the computational cost is high for large data sets.
- **BERT:** BERT shows superior performance in text classification using contextual word representation. According to GLUE benchmark results, BERT has higher accuracy and F1 scores compared to traditional machine learning algorithms.

5.3.2. Named Entity Recognition (NER)

NER is the process of identifying proper names (people, places, organisations, etc.) in texts.

- **CRF (Conditional Random Fields):** CRF is a powerful algorithm used in sequence labelling tasks. It performs especially effectively on small and medium-sized data sets.
- **BiLSTM-CRF:** The combination of BiLSTM (Bidirectional Long Short-Term Memory) and CRF offers high performance in NER tasks. This model makes more accurate labelling by learning the context of words.
- **BERT:** BERT based models are highly successful in NER tasks. According to the evaluations made on the CoNLL-2003 dataset, BERT shows superior performance compared to other models in terms of F1 score.

5.3.3. Question Answering

In question-answer tasks, a model has to give correct answers to questions based on a given piece of text.

- **BiDAF (Bidirectional Attention Flow):** BiDAF is a model used in text comprehension and question-answer tasks. In tests on the SQuAD dataset, BiDAF performs well.
- **BERT:** BERT has achieved high accuracy and F1 scores in evaluations on the SQuAD dataset. Thanks to its transformer architecture, it successfully realises contextual understanding and correct response generation.
- **GPT-3:** GPT-3 excels at text generation and question-answer tasks. Thanks to its natural language understanding capabilities, it can provide accurate and consistent answers to even complex questions.

5.4. Presentation of Experimental Results in Tables and Graphs

The performance comparison and experimental results of the algorithms are presented in Table 1.

Table 1. Performance Comparisons of Algorithms

Algorithm	Task	Dataset	Accuracy	F1 Score
Naive Bayes	Text Classification	IMDB	85%	0.84
SVM	Text Classification	IMDB	89%	0.88
BERT	Text Classification	IMDB	95%	0.94
CRF	NER	CoNLL-2003	-	0.85
BiLSTM-CRF	NER	CoNLL-2003	-	0.90
BERT	NER	CoNLL-2003	-	0.93
BiDAF	Question-Answering	SQuAD	81%	0.80
BERT	Question-Answering	SQuAD	92%	0.91
GPT-3	Question-Answering	SQuAD	95%	0.94

The bar graph comparing the F1 scores of BERT, SVM and Naive Bayes algorithms in the text classification task is shown in Figure 1.

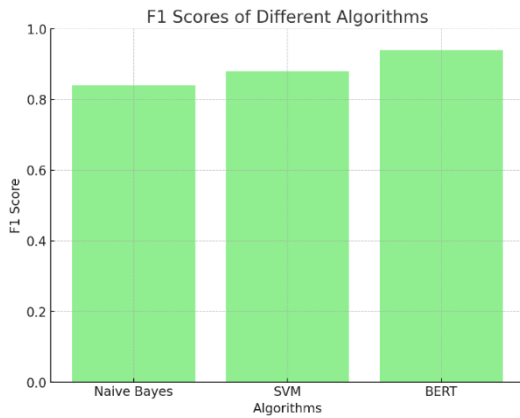


Figure 1. F1 score Comparison of Algorithms in Text Classification Task

The bar graph comparing the F1 scores of CRF, BiLSTM-CRF and BERT algorithms in the NER task is shown in Figure 2.

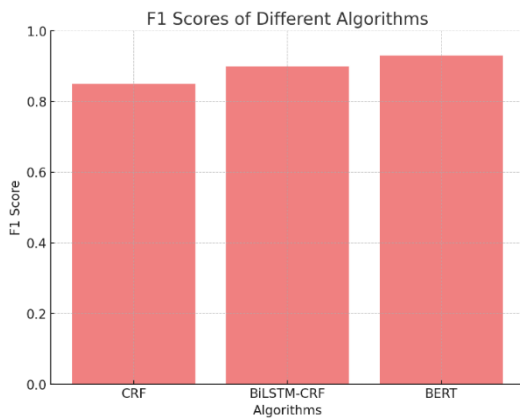


Figure 2. F1 score Comparison of Algorithms in NER Task

The bar graph comparing the F1 scores of BiDAF, BERT, GPT-3 algorithms in the Question-Answer task is shown in Figure 3.

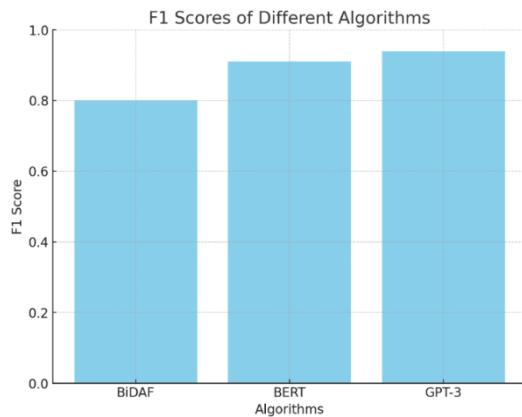


Figure 3. F1 Score Comparison of Algorithms in Question-Answer Task

6. CHALLENGES AND FUTURE DIRECTIONS

Although the field of natural language processing (NLP) is a rapidly developing science, it faces several challenges. Training deep learning-based NLP models requires large amounts of data and computational power. This creates significant barriers in terms of cost and time, especially in the collection and labelling of large datasets. Moreover, the use of powerful GPUs and large-scale distributed systems for training advanced models makes this field accessible only to large research groups. In addition, social biases in the datasets on which NLP models are trained may cause the models to produce unfair results by repeating these biases. At the same time, NLP models may pose privacy and security risks by processing users' personal data. These problems appear as critical factors that limit both the use and the widespread use of NLP models.

In the future, research in the field of NLP is expected to focus on the development of models that provide effective results with less data and computational power. Approaches such as transfer learning make it possible to train models with less data and use them in various tasks, while the development of algorithms that detect and correct biases will contribute to the creation of systems that produce fairer results. Furthermore, anonymisation techniques to protect the privacy of user data and secure model training methods will enable secure data processing. In addition, the development of multilingual and intercultural NLP models will facilitate global communication and produce more meaningful results that take into account different cultural contexts. Finally, techniques of explainability and transparency will make the inner workings and decision processes of NLP models more comprehensible, supporting the confident use of these technologies by a wider audience. These advances will contribute to both overcoming current challenges and identifying new research directions in the field of NLP.

7. CONCLUSION

In this paper, the basic concepts in natural language processing (NLP), popular algorithms and models, comparison of these algorithms and various application areas of NLP are discussed in detail. NLP offers powerful techniques and algorithms for understanding and processing the complexity of language. In this concluding section, the main findings of the study will be summarised and recommendations for future work will be presented.

The field of NLP has made great progress in recent years and has provided effective solutions in many application areas. It includes basic concepts, language models and basic NLP tasks, which are critical for understanding the structural and semantic properties of NLP. Tasks such as tokenisation, POS tagging, NER and syntactic parsing form the basis of more complex NLP applications. Popular NLP algorithms and models such as TF-IDF, Word2Vec, GloVe, FastText, BERT, GPT-3 and T5 have been developed to efficiently handle various aspects and tasks of language. Each model has its own advantages and limitations, making it necessary to select the most appropriate algorithm for specific tasks.

Metrics such as accuracy, precision, recall and F1 score have been used to compare the performance of NLP algorithms. Benchmark datasets such as GLUE, SQuAD and CoNLL are widely used to objectively evaluate the performance of models. Advanced models such as BERT and GPT-3 show superior performance in many NLP tasks. NLP technologies are used in a wide range of application areas such as text classification, language translation, text generation, summarisation, information extraction and voice assistants. These applications facilitate daily life and increase productivity in various sectors.

This work in the field of NLP provides an important basis for understanding the current state and future directions. For future work, it is highlighted that the data and computational power required for training NLP models can be limiting for small research groups and organisations. Therefore, the development of more efficient and lightweight models will enable a wide range of users to benefit from NLP technologies. Transfer learning and lightweight model architectures can offer important solutions in this area.

Biases of NLP models may prevent fair and ethical use. In the future, the creation of fairer data sets and the development of bias detection and correction techniques will enable models to produce fairer results. This may also contribute to reducing biases in society. Privacy and security of user data are critical to the success of NLP applications. Anonymisation and secure model training techniques can create a secure usage environment by protecting user data. Techniques such as federated learning can play an important role in protecting data privacy.

Increasing the multilingual and intercultural use of NLP technologies will facilitate global communication and information access. The development of high performing models in different languages and approaches that take cultural context into account will be important steps in achieving these goals. Making NLP models explainable and transparent will help users and developers understand how the models work. Explainable artificial intelligence techniques and transparency principles will enable reliable and ethical NLP applications to become widespread.

Future research in the field of NLP is of great importance for the further development of these technologies and the discovery of new application areas. The development of more complex and effective language models will lead to higher accuracy and performance in NLP tasks. It is especially important to develop effective solutions for low-resource languages and rare words. The development of real-time data processing and natural language processing techniques is critical for applications that require immediate response and analysis. For example, it can be used in applications such as instant customer service and social media analysis. Achieving richer and more meaningful results by combining different types of data such as text, audio and image is among the goals of multimodal NLP. This can make human-machine interactions more natural and effective. Ethical and responsible use of NLP models is important to minimise their

societal impact and maximise their benefits. Research in this area will ensure that NLP technologies are developed and applied in accordance with ethical standards.

In conclusion, the field of natural language processing (NLP) is a dynamic field with a fast developing and wide range of applications. The topics addressed in this study provide an important foundation for understanding the current state and potential future directions of NLP technologies. Future research and development is critical to sustain innovations and advances in this field.

REFERENCES

- [1] Egger, R., Gokce, E. (2022). Natural Language Processing (NLP): An Introduction. In: Egger, R. (eds) Applied Data Science in Tourism. Tourism on the Verge. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-88389-8_15
- [2] Shankar, V., Parsana, S. An overview and empirical comparison of natural language processing (NLP) models and an introduction to and empirical application of autoencoder models in marketing. *J. of the Acad. Mark. Sci.* **50**, 1324–1350 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11747-022-00840-3>
- [3] Greco, C.M., Tagarelli, A., Zumpano, E. (2022). A Comparison of Transformer-Based Language Models on NLP Benchmarks. In: Rosso, P., Basile, V., Martínez, R., Métais, E., Meziane, F. (eds) Natural Language Processing and Information Systems. NLDB 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol 13286. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-08473-7_45
- [4] Rahman, M., Nowakowski, S., Agrawal, R., Naik, A. D., Sharafkhaneh, A., & Razjouyan, J. (2022). Validation of a natural language processing algorithm for the extraction of the sleep parameters from the polysomnography reports. *Healthcare*, 10(10), 1837. <https://doi.org/10.3390/healthcare10101837>
- [5] Nowakowski, S., Razjouyan, J., Naik, A. D., Agrawal, R., Velamuri, K., Singh, S., ... & Sharafkhaneh, A. (2020). 1180 the use of natural language processing to extract data from psg sleep study reports using national vha electronic medical record data. *Sleep*, 43(Supplement_1), A450-A451. <https://doi.org/10.1093/sleep/zsaa056.1174>
- [6] Lo, Y., Varghese, S., Blackley, S. V., Seger, D. L., Blumenthal, K. G., Goss, F. R., ... & Zhou, L. (2022). Reconciling allergy information in the electronic health record after a drug challenge using natural language processing. *Frontiers in Allergy*, 3. <https://doi.org/10.3389/falgy.2022.904923>
- [7] Zheng, Y., Dickson, V. V., Blecker, S., Ng, J., Rice, B. C., Melkus, G. D., ... & Johnson, S. B. (2022). Identifying patients with hypoglycemia using natural language processing: systematic literature review. *JMIR Diabetes*, 7(2), e34681. <https://doi.org/10.2196/34681>
- [8] Afzal, N., Sohn, S., Abram, S., Scott, C. G., Chaudhry, R., Liu, H., ... & Arruda-Olson, A. M. (2017). Mining peripheral arterial disease cases from narrative clinical notes using natural language processing. *Journal of Vascular Surgery*, 65(6), 1753-1761. <https://doi.org/10.1016/j.jvs.2016.11.031>

- [9] Fu, S., Lopes, G. S., Pagali, S. R., Thorsteinsdottir, B., LeBrasseur, N. K., Wen, A., ... & Sohn, S. (2020). Ascertainment of delirium status using natural language processing from electronic health records. *The Journals of Gerontology: Series A*, 77(3), 524-530. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa275>
- [10] Wi, C. I., Sohn, S., Rolfes, M., Seabright, A., Ryu, E., Voge, G. A., ... & Juhn, Y. J. (2017). Application of a natural language processing algorithm to asthma ascertainment. an automated chart review. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 196(4), 430-437. <https://doi.org/10.1164/rccm.201610-2006oc>
- [11] Wang, Y., Mehrabi, S., Sohn, S., Atkinson, E., Amin, S., & Liu, H. (2019). Natural language processing of radiology reports for identification of skeletal site-specific fractures. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 19(S3). <https://doi.org/10.1186/s12911-019-0780-5>
- [12] Ridgway, J. P., Uvin, A. Z., Schmitt, J., Oliwa, T., Almirol, E., Devlin, S., ... & Schneider, J. A. (2021). Natural language processing of clinical notes to identify mental illness and substance use among people living with hiv: retrospective cohort study. *JMIR Medical Informatics*, 9(3), e23456. <https://doi.org/10.2196/23456>
- [13] Mishra, A. (2021). Conversational artificial intelligence/natural language processing algorithms for modeling and research summarization of friction stir welded aluminum joints.. <https://doi.org/10.26434/chemrxiv-2021-hbx dx>
- [14] Al-Furaiji, R. H. and Abdulkader, H. (2024). Comparison of the performance of six machine learning algorithms for fake news. *EAI Endorsed Transactions on AI and Robotics*, 3. <https://doi.org/10.4108/airo.4153>
- [15] Khurana, D., Koli, A., Khatter, K. et al. Natural language processing: state of the art, current trends and challenges. *Multimed Tools Appl* **82**, 3713–3744 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11042-022-13428-4>
- [16] Mohammad, S. (2020, May). NLP scholar: A dataset for examining the state of NLP research. In *Proceedings of the Twelfth Language Resources and Evaluation Conference* (pp. 868-877).
- [17] Treviso, M., Lee, J. U., Ji, T., Aken, B. V., Cao, Q., Ciosici, M. R., ... & Schwartz, R. (2023). Efficient methods for natural language processing: A survey. *Transactions of the Association for Computational Linguistics*, 11, 826-860.
- [18] Sarkar, D. (2019). *Natural Language Processing Basics*. In: *Text Analytics with Python*. Apress, Berkeley, CA. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4354-1_1
- [19] Lee, R. S. (2023). N-Gram Language Model. In *Natural Language Processing: A Textbook with Python Implementation* (pp. 19-42). Singapore: Springer Nature Singapore.
- [20] Oralbekova, D., Mamyrbayev, O., Othman, M., Kassymova, D., & Mukhsina, K. (2023). Contemporary approaches in evolving language models. *Applied Sciences*, 13(23), 12901.

- [21] Khurana, D., Koli, A., Khatter, K., & Singh, S. (2023). Natural language processing: state of the art, current trends and challenges. *Multimedia tools and applications*, 82(3), 3713-3744.
- [22] Nadkarni, P. M., Ohno-Machado, L., & Chapman, W. W. (2011). Natural language processing: an introduction. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 18(5), 544-551.
- [23] Yogish, D., Manjunath, T. N., & Hegadi, R. S. (2019). Review on natural language processing trends and techniques using NLTK. In *Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition: Second International Conference, RTIP2R 2018, Solapur, India, December 21–22, 2018, Revised Selected Papers, Part III 2* (pp. 589-606). Springer Singapore.
- [24] Manjunath, T. N., & Hegadi, R. S. (2019). Review on natural language processing trends and techniques using NLTK. In *Recent Trends in Image Processing and Pattern Recognition: Second International Conference, RTIP2R 2018, Solapur, India, December 21–22, 2018, Revised Selected Papers, Part III 2* (pp. 589-606). Springer Singapore.
- [25] Kusal, S., Patil, S., Choudrie, J. et al. A systematic review of applications of natural language processing and future challenges with special emphasis in text-based emotion detection. *Artif Intell Rev* 56, 15129–15215 (2023). <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10509-0>
- [26] Johnson, S.J., Murty, M.R. & Navakanth, I. A detailed review on word embedding techniques with emphasis on word2vec. *Multimed Tools Appl* 83, 37979–38007 (2024). <https://doi.org/10.1007/s11042-023-17007-z>
- [27] Kang, N., Singh, B., Afzal, Z., van Mulligen, E. M., & Kors, J. A. (2013). Using rule-based natural language processing to improve disease normalization in biomedical text. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 20(5), 876-881.
- [28] Ghazizadeh, E., & Zhu, P. (2020, October). A systematic literature review of natural language processing: Current state, challenges and risks. In *Proceedings of the future technologies conference* (pp. 634-647). Cham: Springer International Publishing.
- [29] Rezaeian, N., & Novikova, G. (2020). Persian text classification using naive bayes algorithms and support vector machine algorithm. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Informatics (IJEI)*, 8(1), 178-188.
- [30] Alloghani, M., Al-Jumeily, D., Mustafina, J., Hussain, A., & Aljaaf, A. J. (2020). A systematic review on supervised and unsupervised machine learning algorithms for data science. *Supervised and unsupervised learning for data science*, 3-21.
- [31] Zhang, C. (2021). Soft sensing transformer: hundreds of sensors are worth a single word.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2111.05973>
- [32] Liu, S., Ni'mah, I., Menkovski, V., Mocanu, D., & Pechenizkiy, M. (2021). Efficient and effective training of sparse recurrent neural networks. *neural Computing and Applications*, 33(15), 9625-9636. <https://doi.org/10.1007/s00521-021-05727-y>

- [33] Gupta, P. (2023). Stock market analysis using long short-term model. *Icst Transactions on Scalable information Systems*. <https://doi.org/10.4108/eetsis.4446>
- [34] Agarap, A. (2018). A neural network architecture combining gated recurrent unit (gru) and support vector machine (svm) for intrusion detection in network traffic data.. <https://doi.org/10.1145/3195106.3195117>
- [35] Yuan, F., Zhang, Z., & Fang, Z. (2023). An effective CNN and Transformer complementary network for medical image segmentation. *Pattern Recognition*, 136, 109228.
- [36] Dodiya, T. (2021). Using term frequency - inverse document frequency to find the relevance of words in gujarati language. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 9(4), 378-381. <https://doi.org/10.22214/ijraset.2021.33625>
- [37] Christian, H., Agus, M., & Suhartono, D. (2016). Single document automatic text summarization using term frequency-inverse document frequency (tf-idf). *Comtech Computer Mathematics and Engineering Applications*, 7(4), 285. <https://doi.org/10.21512/comtech.v7i4.3746>
- [38] Qaiser, S. and Ali, R. (2018). Text mining: use of tf-idf to examine the relevance of words to documents. *International Journal of Computer Applications*, 181(1), 25-29. <https://doi.org/10.5120/ijca2018917395>
- [39] Faouzi, H., Elbadaoui, M., Boutalline, M., Tannouche, A., & Ouanan, H. (2023). Towards amazigh word embedding: corpus creation and word2vec models evaluations. *Revue D Intelligence Artificielle*, 37(3), 753-759. <https://doi.org/10.18280/ria.370324>
- [40] Mohadikar, E. (2023). Sentence semantic similarity based complex network approach for word sense disambiguation. *International Journal on Recent and Innovation Trends in Computing and Communication*, 11(10), 286-293. <https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i10.8491>
- [41] Shen, Y., Zhang, Q., Zhang, J., Huang, J., Lu, Y., & Lei, K. (2018). Improving medical short text classification with semantic expansion using word-cluster embedding., 401-411. https://doi.org/10.1007/978-981-13-1056-0_41
- [42] Kasri, M., Birjali, M., Mohamed, N., Beni-Hssane, A., El-Ansari, A., & Fissaoui, M. (2022). Refining word embeddings with sentiment information for sentiment analysis. *Journal of Ict Standardization*. <https://doi.org/10.13052/jicts2245-800x.1031>
- [43] Santos, F., Bispo, T., Macedo, H., & Zanchettin, C. (2021). Morphological skip-gram: replacing fasttext characters n-gram with morphological knowledge. *Inteligencia Artificial*, 24(67), 1-17. <https://doi.org/10.4114/intartif.vol24iss67pp1-17>
- [44] Fivez, P., Suster, S., & Daelemans, W. (2017). Unsupervised context-sensitive spelling correction of clinical free-text with word and character n-gram embeddings.. <https://doi.org/10.18653/v1/w17-2317>
- [45] Athiwaratkun, B., Wilson, A., & Anandkumar, A. (2018). Probabilistic fasttext for multi-sense word embeddings.. <https://doi.org/10.18653/v1/p18-1001>

- [46] Sung, C., Dhamecha, T., Saha, S., Ma, T., Reddy, V., & Arora, R. (2019). pre-training bert on domain resources for short answer grading.. <https://doi.org/10.18653/v1/d19-1628>
- [47] Shaghaghian, S., Luna, F., Jafarpour, B., & Pogrebnyakov, N. (2021). Customizing contextualized language models for legal document reviews. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2102.05757>
- [48] Imamguluyev, R. (2023). The rise of gpt-3: implications for natural language processing and beyond. *International Journal of Research Publication and Reviews*, 4(3), 4893-4903. <https://doi.org/10.55248/gengpi.2023.4.33987>
- [49] Gaikwad, A., Rambhia, P., & Pawar, S. (2022). An extensive analysis between different language models: gpt-3, bert and macaw.. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2155616/v1>
- [50] Dharrao, D. (2024). Summarizing business news: evaluating bart, t5, and pegasus for effective information extraction. *Revue D Intelligence Artificielle*, 38(3), 847-855. <https://doi.org/10.18280/ria.380311>
- [51] Liu, F., Huang, T., Lyu, S., Shakeri, S., Yu, H., & Li, J. (2021). Enct5: fine-tuning t5 encoder for non-autoregressive tasks.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2110.08426>
- [52] Mallinson, J., Adámek, J., Malmi, E., & Severyn, A. (2022). Edit5: semi-autoregressive text-editing with t5 warm-start.. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2205.12209>



Öğrenci Bilgi Sistemi için Rol Tabanlı Erişim Kontrolü Yaklaşımı

Dr. Ayhan GÜLTEKİN^{1*}, Faruk ALTUNTAŞ², Zehra ALTUNTAŞ², Ömer Faruk GERZELİ¹

¹ Kocaeli Üniversitesi, Öğrenci İşleri Daire Başkanlığı, Kocaeli, TÜRKİYE

² Kocaeli Üniversitesi, Bilgisayar Araştırma ve Uygulama Merkezi, Kocaeli, TÜRKİYE

* Sorumlu yazar : ayhan.gultekin@kocaeli.edu.tr

DOI: 10.57120/yalvac.1523803

Özet: Günümüzde, akademik kurumların iletişim gereksinimlerinin artmasıyla birlikte, Öğrenci Bilgi Sistemlerinin kullanımı vazgeçilmez bir ihtiyaç haline gelmiştir. Bu sistemler, hizmet verdikleri kullanıcı sayısının büyüklüğü nedeniyle büyük ölçekli sistemler arasında yer almakta ve bu durum sistemlerin yönetiminde önemli zorluklara yol açmaktadır. Kullanıcı sayısındaki artış, sistemlerin yükünü artırmakta, aynı zamanda kullanıcıların farklı erişim düzeylerine sahip olmaları, sistem yönetimini daha karmaşık bir hale getirmektedir. Bu bağlamda, büyük ölçekli sistemlerde kullanıcıların sisteme erişim yetkilerinin ve sistem üzerindeki izinlerinin etkin bir şekilde yönetilmesi ve planlanması, kritik bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Bu sorunun çözümü için literatürde farklı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Bu yaklaşımlardan birisi olan Rol Tabanlı Erişim Kontrolü (RBAC) yönteminin bilgi sistemlerine uygulanması ile planlamaların daha esnek ve işlevsel bir biçimde gerçekleşmesi, kullanılan yazılım kodlarının daha yalın ve modüler hale getirilmesi, uygulama bileşenlerinin daha az kod kullanılarak gereksinimlere uygun biçimde geliştirilmesi, kullanıcı arayüzlerinin daha işlevsel, yönetilebilir ve güvenli olması, ayrıca veri tabanı tasarımlarının sadeleştirilmesi sağlanabilmektedir. Bu çalışmada, Öğrenci Bilgi Sistemlerinde RBAC kullanılarak kullanıcı erişim seviyelerinin ve yetkilerinin yönetimine yönelik bir model önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi Güvenliği, Öğrenci Bilgi Sistemi, Rol Tabanlı Erişim Kontrolü, Sistem Modelleme, Yetkilendirme

Role-Based Access Control Approach for Student Information System

Abstract: Recently, with the increasing communication needs of academic institutions, the use of Student Information Systems has become an indispensable necessity. These systems, due to the large number of users they serve, are classified as large-scale systems, which leads to significant challenges in their management. The increase in the number of users adds to the system's load, while the presence of users with different access levels further complicates system management. In this context, the effective management and planning of user access rights and permissions within large-scale systems emerge as critical issues. Various approaches are employed in the literature to address this issue. One such approach is the application of Role-Based Access Control (RBAC) to information systems, which enables more flexible and functional planning, simplifies and modularizes the software code used, allows the development of application components in a more efficient manner with less code, enhances the functionality, manageability, and security of user interfaces, and streamlines database designs. In this study, a model is proposed for managing user access levels and permissions in Student Information Systems using RBAC.

Keywords: Authorization, Information Security, Role Based Access Control, Student Information System, System Modelling

1. GİRİŞ

Günümüzde bilgisayarlar tek kullanıcının erişim yaptığı sistemler yerine bir de fazla kullanıcının aynı anda erişim yaptığı çok kullanıcıli sistemlerdir. Çoklu kullanıcılarının her birinin erişim yetkisine göre sistem üzerinde yetki seviyeleri farklı olabilmektedir. Web tabanlı ve mobil uygulamalardan sağlanan hizmetlerin sayısının ve çeşidinin artması aynı kaynaklar üzerinden erişim sürecinde yetkilendirme yapılmasını önemli bir zorunluluk haline getirmiştir.

Bilgi sistemlerinin büyüklük ölçüğü genel olarak kullanıcı sayılarına göre belirlenir [1]. Bu sistemler çok farklı alanlarda hizmet verebilir. Sistem içerisindeki kullanıcı sayısının fazlalığı kullanılan sistemin hangi ölçüde yoğun olduğunun da temel belirleyicisidir. Büyük sistemler çok fazla sayıda kullanıcısı olan buna bağlı olarak çok fazla işlem hacmi olan sistemlerdir. Yapmış oldukları hizmet ve amaçlarına göre doküman yönetim sistemi, öğrenci bilgi sistemi, bankacılık sistemleri gibi birçok bilgi sistemi vardır. Bunların arasında bulunan öğrenci bilgi sistemleri özelleşmiş yapısı ve sunmuş oldukları hizmete göre aktif birçok kullanıcıya hizmet verir. Öğrenci bilgi sistemi içerisinde öğrenci kayıt işlemleri, akademik personel not işlemleri ve mezuniyet süreçleri gibi birçok süreç yürütülür.

Öğrenci bilgi sistemi gibi büyük ölçekli ve çok kullanıcıli sistemlerde kullanıcı yetkilerinin planlanması ve erişim yapılacak kaynaklarda yetki seviyelerinin oluşturulması önemli bir zorunluluktur. Öğrenci bilgi sisteminde birbirinden bağımsız modüller ve kullanıcı tipleri bulunur. Öğrenci işleri sorumlusunun yetkisinde olan sayfalara diğer idari personellerin erişememesi veya akademik personelin sorumluluğunda olan not verme süreçlerinin yetkisiz personelin erişimine açık olmaması gereklidir. Kurum içerisinde yeni göreve başlayan ya da mevcut görev değişikliklerinde yapılacak yetkilendirme süreçlerinin, personelin erişim yapacağı modüller ve bu modüller üzerinde yapacağı işlemlerde ekleme, güncelleme, silme bilgilerini içerecek şekilde planlanması gerekir. Veri güvenliğinin sağlanması ve erişim kontrollerinin belirlenmesi bir sistemin amacına uygun olarak hizmetlerini yerine getirmesi için oldukça önemlidir.

Erişim yönetimi, veri kaynaklarına erişim hakkı bulunan kullanıcıların belirlenmesi ve bu kullanıcıların kullanım kısıtlarının tanımlanması süreçlerinin bütünü aynı zamanda kaynağa erişim ve kullanım haklarının yetkiler verilerek ve kısıtlamalar getirilerek sınırlandırılmasıdır. Bilgi sistemlerinde işlem hacminin ve kullanıcı sayısının artması ile erişim kontrolü sadece bir seçenek olmaktan çıkıp zorunlu bir gereklilik haline gelmektedir.

Özellikle bilgi güvenliği açısından büyük öneme sahip olan erişim kontrolü, uluslararası standartlar ve yerel düzenlemelerde geniş bir şekilde ele alınmaktadır. Erişim kontrollerine ilişkin düzenlemeler içeren bazı önemli standartlar aşağıda belirtilmiştir;

1. ISO/IEC 27002:2022 Bilgi Güvenliği ve Bilgi güvenliği Kontrolleri
2. Bilgi ve İlgili Teknoloji için Kontrol Amaçları (Control Objectives for Information and Related Technology - COBIT),
3. Ödeme Kartı Sektörü Veri Güvenliği Standardı (PCI Data Security Standard - PCI DSS),
4. Bankalarda Bilgi Sistemleri Yönetiminde Esas Alınacak İlkelerle İlişkin Tebliğ (BDDK),
5. Ülkemizde de birçok kuruluşun uygulaması gereken Sarbanes-Oxley yasası

Belirtilen standartlardaki temel amaç veri gizliliğinin sağlanması, erişilebilir kaynaklar için yetkilendirme temelli bir alt yapının oluşturulmasıdır. Ancak bu yapının oluşturulması ve işletilmesinde zorluklarda oluşabilmektedir.

Önerilen çalışmada, öğrenci bilgi sistemleri için rol tabanlı erişim kontrol yöntemi (RBAC) uygulanarak erişim ve yetkilendirme sorunlarının azaltılması için bir sistem modeli önerilmektedir. Önerilen model ile süreçlerin hızlandırılması, kullanıcı rollerinin tanımlanması ve gerektiğinde güncellenerek izinlerin merkezi bir şekilde yönetilmesi sağlanmaktadır. Böylece, karmaşık izin yapılandırmalarının etkin ve dinamik bir şekilde yönetimi önemli ölçüde kolaylaşmaktadır. RBAC ile planlama, yetkilendirme ve kod karmaşıklığı maliyetlerinin azaltılması hedeflenmektedir.

Bu çalışma giriş kısmından sonra 2.kısımda literatürde kullanılmış olan erişim kontrol yöntemlerinden, 3.kısımda Öğrenci Bilgi Sistemlerine RBAC uygulamasından ve son kısımda ise sonuçlardan oluşmaktadır.

2. ERİŞİM KONTROL YÖNTEMLERİ

Erişim yönetim modelleri için aşağıda belirtilen farklı erişim yöntemleri uygulanmaktadır;

- Zorunlu erişim kontrolü
- Öznitelik tabanlı erişim kontrolü
- Erişim kontrol listeleri
- Rol tabanlı erişim kontrolü

Zorunlu Erişim Kontrolü (Mandatory Access Control - MAC), standart olarak tanımlanmış gizlilik sınıflarını ve sınıflara erişim sağlayacak kullanıcı düzeylerini tanımlar. Her bir erişim yöntemine ait gizlilik sınıfları bulunmaktadır ve bu gizlilik sınıfları genellikle değiştirilemezler. Askeri belgelerin sınıflandırılması işleminde

kullanılan “Tasnif Dışı”, “Hizmete Özel”, “Gizli” ve “Çok Gizli” şeklinde tanımlanmış olan erişim sınıfları Zorunlu Erişim Kontrolü Yöntemine örnektir [2].

Öznitelik Tabanlı Erişim Kontrolü (Attribute Based Access Control - ABAC), genel olarak doğrudan kaynaklara izin atamak yerine belli nesnelere göre kullanıcı yetkilendirmesine göre modellenir. Örneğin belirli bir departman üzerinden gelen isteklere göre yetkilendirme kontrollerinin yapılması bu tip kontrollere örnektir [3]

Erişim Kontrol Listesi (Access Control List - ACL): Bir nesneyle ilişkilendirilen ve nesneye erişebilecek tüm özneleri, nesne üzerindeki haklarıyla birlikte belirten bir listedir. Listedeki her giriş özne ve haklar olmak üzere çift halinde girilir. Bir ACL, erişim kontrol matrisinin bir sütununa karşılık gelir. ACL'ler modern işletim sistemlerinde sıklıkla doğrudan ya da dolaylı olarak uygulanabilmektedir [4].

Rol Tabanlı Erişim Kontrolü (Role-Based Access Control - RBAC) bilgi işlem kaynaklarının yönetim ve işletiminde çok yaygın olarak kullanılmaktadır [5]. RBAC'de temel prensip, kullanıcıların belirli roller üzerinden yetkilendirilmesidir. Her kullanıcının bir ya da birden fazla rolü vardır ve bu rolün getirdiği izinler dâhilinde hareket edebilirler. Kullanıcının sahip olduğu rol, ona belirli izinler tanır ve bu yetkiler doğrultusunda kullanıcı sayfaları görüntüleme, verileri okuma, yazma ve silme benzeri işlemleri yapabilir [6] [7].

RBAC'de kullanıcılar doğrudan izinlere atanmaz; bu izinlerin atanması işlemi, roller aracılığıyla gerçekleştirilir. Rol, izinler ve kullanıcılar arasında bir bağlantı noktası olarak işlev görür. Kullanıcılara belirli roller atanır ve bu rollere de çeşitli izinler tanımlanır. Bu yapı sayesinde kullanıcılar, kendilerine atanmış olan roller üzerinden farklı izinler kazanabilirler [8][9]. Bir kullanıcıya ait birden fazla rol ve sahip olunan role göre farklı izinler elde edilebilir. RBAC bu sayede veri bütünlüğünü korur ve gizliliğini artırır. Çünkü kullanıcılar sahip oldukları roller ve rollere atanan izinler dolayısıyla yetkisiz erişimde bulunamamaktadır. Diğer erişim kontrol yöntemlerine kıyasla veri sızıntısı konusunda RBAC'in daha avantajlı olduğu görülmektedir [10]. Aynı zamanda sistem güvenliği ve tutarlılığı, yönetim, denetim kolaylığı ve sistemin zamanla genişlemesi durumunda ölçeklenebilir yapısı ile diğer erişim yöntemlerine göre daha avantajlıdır.

Tablo 1. Erişim Kontrol Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Yöntem	Referans	Avantaj	Dezavantaj
Zorunlu Erişim Kontrolü	[2]	Yüksek Güvenlik Seviyesi	Esnek Olmaması, Yönetim Karmaşıklığı
Öznitelik Tabanlı Erişim Kontrolü	[3]	Esnek Olması, Dinamik Karar Alınabilmesi	Yönetim Karmaşıklığı, Performans
Erişim Kontrol Listeleri	[4]	Esnek Olması	Yönetim Karmaşıklığı, Performans
Rol Tabanlı Erişim Kontrolü	[5][7][8][10]	Güvenlik ve Tutarlılık, Yönetim Kolaylığı, Esnek ve Ölçeklenebilir Olması, Denetim Kolaylığı	İlk Kurulum Maliyeti, Yönetim Karmaşıklığı

3. ROL TABANLI ERİŞİM KONTROL YÖNTEMİNİN UYGULANMASI

RBAC'in temel gösterimi ve tanımlaması küme teorisi kullanarak aşağıdaki gibi yapılabilir;

- *USERS* kullanıcıların kümesi
- *ROLES* rollerin kümesi
- *OBS* kaynakların kümesi
- *OPS* işlemlerin kümesi
- $PRMS = 2^{(OBS \times OPS)}$ izinlerin kümesi
- $UA \subseteq USERS \times ROLES$ kullanıcı-role atamaları kümesi
- $PA \subseteq PRMS \times ROLES$ kullanıcı-izin atamaları kümesi [11].

RBAC iki tür görev ayrımı tanımlamaktadır;

- Görevlerin Statik Ayrılması (SSD)
- Görevlerin Dinamik Ayrılması (DSD)

SSD, sistemdeki kullanıcı rollerinin ve bu rollerin sahip olduğu yetkilerin önceden tanımlanması ve değişken olmayan bir şekilde belirlenmesini ifade eder. Statik ayrılma, rollerin ve yetkilerin değişkenlik göstermediği

anlamına gelir. Daha basit yönetim ile güvenlik ve denetim kolaylığı sağlar ancak esneklik sorununa sahiptir. DSD ise rollerin ve yetkilerin esnek bir şekilde yönetilmesini sağlayarak organizasyon yapısının ya da kullanıcıların iş tanımının değişmesiyle güncellenebilir. Ancak SSD'ye kıyasla denetim ve yönetimi daha karmaşık olmaktadır.

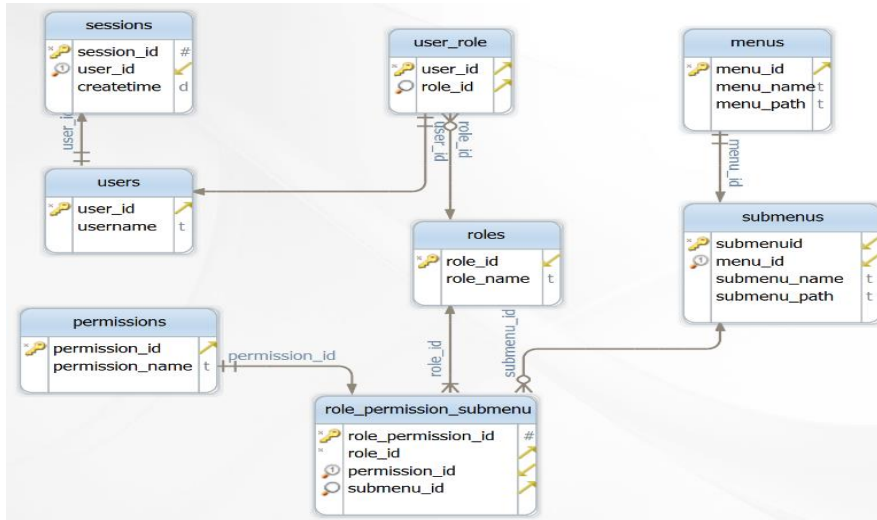
RBAC içerisinde her iki yöntem de aşağıdaki şekilde tanımlanır.

- $SSD \subseteq 2^{(ROLES)} \times N^+$
- $DSD \subseteq 2^{(ROLES)} \times N^+$

RBAC için veri tabanı içerisinde bunun için oluşturulmuş tablolar kullanılır. Bu tablolar ve bu tablolar arasındaki alanlar ve ilişkiler şekil 1'de gösterilmektedir. Önerilen modele ait veri tabanı RBAC'in yüksek bir başarımla yapılabilmesi için yalın ve işlevsel olarak tasarlanmıştır. Önerilen model uygulanması ve yönetilmesi kolay bir yapı sunmaktadır. Ayrıca esnekliğin sağlanmasını da yine veritabanında kurgulanan yapı sağlamaktadır [12].

Bu tablolarda;

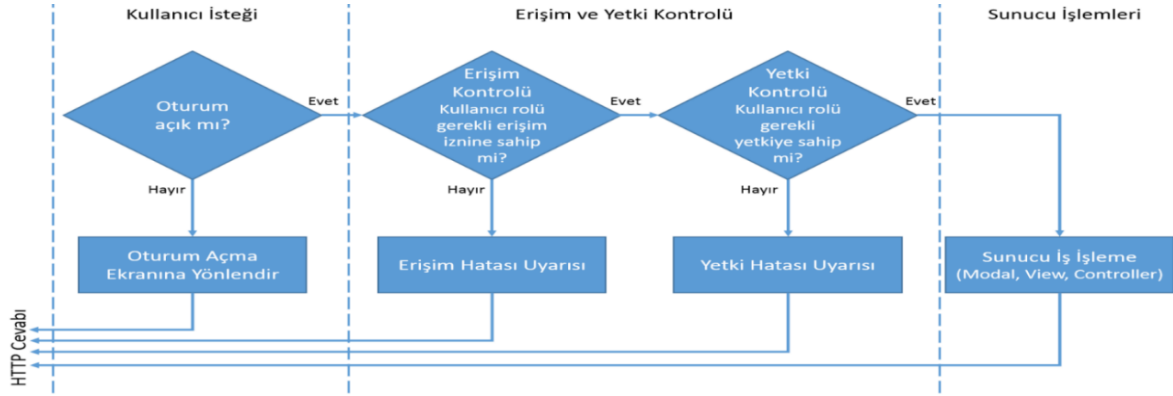
- *Sessions*: Kullanıcılara ait oturumun zaman damgası, oturum tanımlayıcısı ve benzeri bilgiler,
- *Users*: Kullanıcı hesaplarına ait isim, soyisim, parola ve benzeri bilgiler,
- *Roles*: Sistemdeki kullanıcıların sahip olabileceği rollere ait bilgiler,
- *User_Role*: Her bir kullanıcı hesabı için tanımlanmış bir veya daha fazla rol ilişkisi,
- *Permissions*: Rollerin sahip olabileceği okuma, yazma, silme ve benzeri izinler,
- *Menus*: Sistem içerisinde erişilebilecek üst menülerin bilgileri,
- *SubMenus*: Sistem içerisinde erişilebilecek alt menülerin bilgileri,
- *Role_Permission_SubMenu*: Rollerin erişebildiği alt menüler ile var olan izin ilişkileri bulunmaktadır.



Şekil 1. Veri Tabanı Tasarımı [12]

Önerilen sistemin modellenmesi esnasında sistem genel olarak şekil 2'de gösterildiği gibi 4 aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar;

- Kullanıcı isteği,
- Erişim ve yetki kontrolü,
- Sunucu işlemleri
- HTTP cevabıdır.



Şekil 2. Erişim Kontrolü Akış Şeması [12]

Kullanıcı isteği, istemcilerin Öğrenci Bilgi Sistemine yaptığı HTTP isteğidir. Yapılan istek sonrası ilk olarak istekte bulunan kullanıcıya ait açık bir oturum olup olmadığı kontrol edilir. Bu kontrol session tablosu üzerinden yapılır eğer kullanıcıya ait bir oturum bilgisi mevcut değilse doğrudan oturum açma sayfasına yönlendirme yapılır. Kullanıcıya ait açık oturum bilgisi tespit edilmişse sunucu oturumun zaman aşımına uğrayıp uğramadığını kontrol eder. Bu kontrol, oturumun son aktivitesinden geçen süreye dayanarak gerçekleştirilir. Oturum süresi dolmuşsa, kullanıcı oturumu sonlandırılır ve kullanıcı oturum açma ekranına yönlendirilir. Oturum geçerli ve zaman aşımına uğramamışsa sonraki aşamada erişim ve yetki kontrolü yapılır.

Erişim ve yetki kontrolü, kullanıcıların yetkileri dahilinde hangi sayfalara erişim sağlayabilecekleri ve bu sayfalarda okuma, yazma, silme ve güncelleme yapıp yapamayacaklarını içeren bir aşamadır. Tablo 2 ve Tablo 3'de kullanıcı-rol ve rol-izin bilgileri tutulmaktadır. Erişim yetkisi role_permission_submenu tablosu üzerinden kontrol edilir. Sistem yöneticisi tam denetime sahip olup yönetici rolünden farklı olarak tüm tablolar ve veritabanı üzerinde sınırsız izne sahiptir. Bu durum dış kaynaklardan gelen tehlikelere karşı ilave koruma sağlamaktadır [13]. Kullanıcıların sayfalara erişim hakkı mevcut değilse sayfa üzerinden hata mesajı oluşturulur, kullanıcının sayfa üzerinde yetkisi var ise kullanıcı rolüne uygun olarak menüs, submenus ve role_permission_submenu arasında ilişki kullanılarak ilgili menüler ekranda gösterilir. Ekrandaki menüler üzerinde işlem yapma yetkisi kod içerisinde bir parametrenin veritabanına gönderilmesi ile kontrol edilir. Veritabanında yapılan gerekli kontroller sonrasında sunucu tarafında kullanıcının yetki seviyesine uygun olarak işlem yapmasına izin verilir. Veritabanı üzerinden yapılan tüm güncellemeler, bu işlemleri yapmaya yetkili bir yönetici tarafından oluşturulan bir arayüz üzerinden kolaylıkla yapılabilmektedir. Bu arayüz üzerinden kullanıcılar seçildikten sonra bu kullanıcıların yetkili olduğu sayfalar belirlenmesi ve sonrasında bu sayfalarda hangi tür işlem yapılacağı bilgisi yine bu arayüz üzerinden yapılabilmektedir. Böylece çok daha hızlı bir şekilde yetkilendirme işlemleri tamamlanabilmektedir.

Tablo 2. Kullanıcı - Rol İlişkileri

Kullanıcılar	Roller				
	Rol ₁	Rol ₂	Rol ₃	Rol ₄	Rol ₅
Kullanıcı ₁	1				
Kullanıcı ₂		1			1
Kullanıcı ₃			1		
Kullanıcı ₄	1		1	1	
Kullanıcı ₅					1

Tablo 3. Rol - İzin İlişkileri

Roller	İzinler				
	İzin ₁	İzin ₂	İzin ₃	İzin ₄	İzin ₅
Rol ₁		1	1		
Rol ₂	1				
Rol ₃	1	1		1	
Rol ₄			1	1	
Rol ₅		1			1

Sunucu işlemleri aşamasında, erişim ve yetki kontrolü aşamasından başarıyla geçen istekler kullanıcının yetki düzeyine göre kod içerisinde veritabanına gerekli bilgiler gönderilerek alınan sonuçlara uygun olarak işletilir. Bu aşamada dikkat edilmesi gereken durum veri girişi gereken işlemlerde kullanıcı tarafından yasaklı kelime listesinde bulunan kelimelerin girişi yapılmamasıdır. Veritabanında ön tanımlı yasaklı kelime listesinin bulunması, yetkisiz kişi ya da kişilerin SQL enjeksiyonu ve benzeri müdahaleleri engellemesini sağlamaktadır [14]. Yasaklı kelime kullanılması durumunda sistem kullanıcıya hangi kelimenin yasaklı olduğunu belirten bir uyarıda bulunmaktadır. Yasaklı kelime girişi olmaması durumunda süreçte bir sonraki aşamaya geçilir.

Bu işlemler yapılırken veri değişikliklerinin kaynağını belirleyebilen kayıt sisteminin kullanılması çok önemlidir. Bir veri ihlali ya da hata durumunda, kayıt sistemi aynı zamanda sorunun kaynağını belirleyebilmekte ve oluşturma, silme ve güncelleme gibi olayları yanında olayın gerçekleştiği zamanı ve bunları gerçekleştiren kişiyi de kaydetmektedir [15].

Son aşamada, sunucunun işlediği isteğe göre bir HTTP cevabı oluşturulur ve kullanıcının tarayıcısına veya istemci uygulamasına gönderilir. HTTP cevabı istenen bilgilere, işlemin sonucuna ve işlem sırasında ortaya çıkan herhangi bir hataya dair bilgileri içerir. Daha sonra kullanıcı tarayıcısı HTTP cevabını alır ve kullanıcıya sunar. Sunucunun oluşturduğu cevap belirli bir formattadır. Bu format içerisinde başlık, gövde, durum kodu, hata bilgileri, yanıt süresi gibi bilgiler bulunur. Özellikle gövde içerisindeki bilgi asıl içeriği oluşturur. Bu içerik HTML, JSON veya XML gibi farklı formatlarda sunulabilir. Aynı zamanda sunulan cevapta resim veya farklı türde medya türleri olabilir. Durum kodları içerisinde 200 OK başarılı cevabı, 404 istenen kaynak bulunamadı veya 500 Internal Server Error gibi farklı hata kodları olabilir. Yanıt süresi ile istemcinin yaptığı bilgi talebi sonrası sunucudan cevap bilgisinin ne kadar sürede geldiği belirlenebilir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada, RBAC yönteminin büyük ölçekli bilgi sistemlerinde kullanıcı erişim seviyelerinin belirlenmesinde ve yönetilmesinde etkili olduğu ortaya konulmuştur. Öğrenci Bilgi Sistemi modellemesinde RBAC yöntemi kullanılarak büyük ölçekli sistemlerde kullanıcı yetkilendirmelerinin tanımlanan izinlere uygun olarak yapılması sağlanmaktadır. RBAC yöntemi mevcut organizasyon yapısına uygun olarak çalışmakta ve kullanıcıların erişim sağlayacağı modüller ve bu modüller içerisinde yapacağı veri tabanı işlemleri ölçeğinde yetkilendirme yapabilmektedir. RBAC yönteminin yönetici boyutunda kullanılması yalın bir arayüz üzerinden yapılabilmektedir. Kullanıcıların arayüz üzerinden listelenmesi için LDAP (**Lightweight Directory Access Protocol**) ve benzeri alt yapılar kullanılabilir. RBAC yöntemi diğer erişim yöntemlerine göre özellikle karmaşık ve hiyerarşik kullanıcı yetkilendirmelerinde esneklik sağlar, esnek ve basit yapısı ile yetkilendirme işlemleri çok kısa süre içerisinde tamamlanabilir. RBAC yöntemi tek başına çoğu zaman etkili bir çözüm sunabilse de diğer erişim yöntemleri ile kullanımı ile daha başarılı performanslar sağlanabilir ve sistemin sunduğu işlevsellik artırılabilir. Gelecekteki çalışmalarda özellikle farklı erişim yöntemlerinin birlikte kullanımı ile esneklik ve sistem güvenliği noktasında daha başarılı modeller oluşturulabilir. Ayrıca kurum ihtiyacına uygun olarak yalnızca belirli bir erişim yöntemi kullanımı yerine özelleşmiş bir yapı sunularak hem sabit hemde dinamik olarak değişen koşullarda daha etkili ve verimli erişim kontrolü sağlanabilir. Gelecek çalışmalar için öğrenci bilgi sistemleri haricindeki farklı amaçlar için kullanılan sistemlerine uygun RBAC uygulamaları modellenebilir.

KAYNAKLAR

- [1] Kamu Kurum ve Kuruluşlarının Büyük Ölçekli Bilgi İşlem Birimlerinde Sözleşmeli Bilişim Personeli İstihdamına İlişkin Esas ve Usuller Hakkında Yönetmelik. (2008, 31 Aralık). T.C. Resmi Gazete, 27097.
- [2] Bertin, E., Hussein, D., Sengul, C., & Frey, V. (2019). Access control in the Internet of Things: a survey of existing approaches and open research questions. *Annals of Telecommunications*, 74(7-8), 375-388. <https://doi.org/10.1007/s12243-019-00709-7>
- [3] Aftab, M. U., Habib, M. A., Mehmood, N., Aslam, M., & Irfan, M. (2015). Attributed role-based access control model. *Conference on Information Assurance and Cyber Security (CIACS)* <https://doi.org/10.1109/ciacs.2015.7395571>
- [4] Hu, V. C., Ferraiolo D., & Kuhn, D. (2006). Assessment of access control systems. Gaithersburg, MD: US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology. 11-14 <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.7316>
- [5] Ferraiolo, D. F., & Cugini, J. A. (1995). Role Based Access Control: Features and Motivations. *Proceedings of Computer Security Applications*, New Orleans, ABD, 241-248.
- [6] Qi, H., & Diğerleri. (2016). Access Control Model Based on Role and Attribute and Its Implementation. *International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery*, China. <https://doi.org/10.1109/CyberC.2016.21>
- [7] Göğebakan, Y. (2005). Çok Katmanlı WEB Tabanlı Uygulamalarda Yetkilendirme Problemi. *Akademik Bilişim*, Gaziantep, Türkiye.
- [8] Asaf, Z., & Diğerleri. (2014). Role Based Access Control Architectural Design Issues in Large Organizations. *International Conference on Open Source Systems and Technologies (iCOSST)*, Pakistan.
- [9] Oleynik, P. P. (2016). Role-Based Access Control Model as Applied to Object-Oriented Applications. *Dynamics of Systems, Mechanisms and Machine* <https://doi.org/10.1109/Dynamics.2016.7819056>
- [10] Güçlü, M., Bakır, Çiğdem., & Hakkoymaz, V. (2020). A New Scalable and Expandable Access Control Model for Distributed Database Systems in Data Security. *Scientific Programming*, Volume 20, 6-9. <https://doi.org/10.1155/2020/8875069>
- [11] Martinez-Garcia, C., Arribas, G. N., & Borrell, J. (2011). Fuzzy Role-Based Access Control. *Information Processing Letters*, 483-487. <https://doi.org/10.1016/j.ipl.2011.02.010>
- [12] Gültekin, A., Diri, S., Altuntaş, F., & Yerlikaya, Z. (2018). Rol Tabanlı Erişim Kontrolü Kullanılarak Öğrenci Bilgi Sistemi Modellenmesi, *Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, Türkiye, 23 - 25 Kasım 2018
- [13] Fahrudin, T. M. , & Al Makruf, A. Y. (2024). Design and Implementation of a Database and RBAC for Scientific and Competency Mapping Web-based Information System for Lecturers at UPN "Veteran" Jawa Timur. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 2024(41), 297-307. doi: 10.11594/nstp.2024.4148
- [14] Gaur, K., Diwakar, M., Gaur, K., Singh, P., Sachdeva, T., & Pandey, N. K. (2023). SQL Injection Attacks and Prevention. <https://doi.org/10.1109/iscon57294.2023.10112156>
- [15] Duggineni, S. (2023). Impact of controls on data integrity and information systems. *Science and Technology*, 13(2), 32-33. doi: 10.5923/j.scit.20231302.04



UÇAK ELEKTRİK-ELEKTRONİĞİNDE GaAs YARIİLETKENLERİNDE AZOT-ARSENİK YER DEĞİŞİMİNİN ELEKTRONİK VE OPTİK ÖZELLİKLER ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İsmail YÜCEL*¹

Bağımsız Araştırmacı, Isparta/Türkiye
*Sorumlu Yazar: ismaillyucell@gmail.com

DOI: 10.57120/yalvac.1553785

Özet: Bu çalışmada, uçak teknolojisinde kullanılan GaAs yarıiletkenlerinde azot (N) katkısının elektronik ve optik özellikler üzerindeki etkileri incelenmiştir. GaAs'ın yüksek performanslı elektronik ve optoelektronik uygulamalardaki rolü göz önüne alındığında, azot katkısının etkileri teorik olarak değerlendirilmiştir. Çalışma, WIEN2k yazılımı kullanılarak Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) ile gerçekleştirilmiştir. GaAs'ın örgü sabiti 5,7515 Å, GaAs_{0,75}N_{0,25}'in ise 5,5413 Å olarak hesaplanmıştır. Azot katkısının örgü parametresinde belirgin bir azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir. Elektronik özelliklerde, yasak band enerjisinin katkısız GaAs için 1,63 eV, azot katkılı GaAs_{0,75}N_{0,25} için ise 0,61 eV olarak hesaplanmıştır. Bu, malzemenin yüksek hızlı ve verimli elektronik devrelerde daha etkili performans sağlama potansiyelini ortaya koymaktadır. Optik özelliklerde, GaAs'ın dielektrik sabiti 11,68, GaAs_{0,75}N_{0,25}'in ise 9,64 olarak hesaplanmıştır. Azot katkısının dielektrik fonksiyonları ve yansımaya katsayılarında belirgin değişikliklere yol açtığı, özellikle yansımaya katsayısında azalmaya neden olduğu bulunmuştur. Bu bulgular, uçak teknolojisindeki optik kaplamalar ve radar gizlilik uygulamaları için önemli olabileceği düşünülmektedir. Bu çalışma, GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin uçak teknolojisinde yüksek performanslı yarıiletkenler için potansiyel olarak değerlendirilmektedir. Azot katkısının etkileri, malzemelerin optimize edilmesi ve performanslarının artırılması için faydalı bilgiler sunmaktadır.

Anahtar kelimeler: Uçak teknolojileri, Havacılık teknolojileri, Güneş hücreleri, Lazer teknolojileri, Sensor teknolojileri, Elektronik özellikler, Optik Özellikler.

EFFECTS OF NITROGEN-ARSENIC SUBSTITUTION ON ELECTRONIC AND OPTICAL PROPERTIES IN GaAs SEMICONDUCTORS IN AIRCRAFT ELECTRICAL-ELECTRONICS

Abstract: This study investigated the effects of nitrogen (N) doping on the electronic and optical properties of GaAs semiconductors used in aircraft technology. Considering the role of GaAs in high-performance electronic and optoelectronic applications, the effects of nitrogen doping were evaluated theoretically. The study was carried out with Density Functional Theory (DFT) using WIEN2k software. It was shown that the lattice constant of GaAs was 5.7515 Å and that of GaAs_{0,75}N_{0,25} was 5.5413 Å. It was observed that nitrogen doping caused a significant decrease in the lattice parameter. In the electronic properties, the band energy was calculated as 1.63 eV for undoped GaAs and 0.61 eV for nitrogen-doped GaAs_{0,75}N_{0,25}. This reveals the potential of the material to provide more effective performance in high-speed and efficient electronic circuits. In optical properties, the dielectric constant of GaAs was calculated as 11.68 and that of GaAs_{0,75}N_{0,25} as 9.64. It was found that nitrogen doping caused significant changes in dielectric functions and reflection coefficients, especially a decrease in the reflection coefficient. These findings may be important for optical coatings and radar stealth applications in aircraft technology. This study evaluates the potential of GaAs and GaAs_{0,75}N_{0,25} components for high-performance semiconductors in aircraft technology. The effects of nitrogen doping provide useful information for optimizing the materials and improving their performance.

Keywords: Aircraft technologies, Aviation technologies, Solar cells, Laser technologies, Sensor technologies, Electronic properties, Optical Properties.

1. GİRİŞ

Modern havacılık teknolojileri, yüksek performanslı elektronik ve optoelektronik sistemlere duyulan ihtiyacı artırmıştır. Bu sistemlerin etkin çalışabilmesi, kullanılan malzemelerin özelliklerine doğrudan bağlıdır. Özellikle bileşik yarıiletkenler, uçaklardaki radar sistemleri, iletişim cihazları, sensörler ve güç yönetim sistemleri gibi kritik uygulamalarda önemli bir rol oynamaktadır. Bu bileşiklerin verimliliğini artırmak ve yeni teknolojilerin geliştirilmesi için malzemelerin detaylı analizi büyük bir önem taşımaktadır.

Güneş enerjisi ise gelecekte en güvenilir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Güneş enerjisini havacılıkta kullanmak, yenilenebilir enerjinin en umut verici uygulamalarından biri olarak öne çıkmaktadır. 1974 yılında güneş enerjili uçağın geliştirilmesinden bu yana, enerji elde etme ve depolama yöntemleri dünya genelinde önemli bir araştırma alanı haline gelmiştir [1].

İnce film fotovoltaik hücreleri, genellikle katı bir destek malzemesi üzerine uygulanan ince yarı iletken katmanlarından oluşmaktadır. Galyum arsenit (GaAs), ince film fotovoltaik hücreleri için yaygın olarak kullanılan bir malzemedir [2]. Ayrıca, GaAs güneş hücrelerinde [3-5], foto algılama sistemlerinde [6] ve lazer uygulamalarında [7-8] önemli bir role sahiptir.

Bu özellikler dikkate alındığında, GaAs yüksek verimlilikte güneş hücreleri üretimi için uygun bir malzeme olarak değerlendirilebilir ve uzay araçları ile yüksek irtifa uçaklarında enerji üretiminde avantajlar sunabilir. GaAs, RF ve mikrodalga devrelerinde, özellikle radyo frekansı amplifikatörleri için tercih edilebilir.

Bununla birlikte, GaAs, araştırmacılar arasında yaygın ve güncel bir çalışma malzemesi olarak öne çıkmaktadır. Son birkaç yılda gerçekleştirilen incelemeler, GaAs'ın özellikleri açısından önemli bulgular sunduğunu göstermektedir. Ali vd., Alüminyum Galyum Arsenit ($Al_{1-x}Ga_xAs$) yapısının yapısal, elektronik ve optik özelliklerini ilk prensip hesaplamalarıyla incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, bant aralığı enerjisindeki önemli düşüş ve dielektrik fonksiyonunun uyumlu bulguları ile bu malzemenin çeşitli teknolojik uygulamadaki potansiyelini vurgulamaktadır [9]. Kumar vd., Sb ile doplanmış GaAs yarı iletken bileşiklerinin temel elektronik ve optik özelliklerini Yoğunluk Fonksiyonel Teorisi (DFT) kullanarak araştırmıştır. Yapılan analizlerin, GaAs bileşiklerinin enerji bant aralığı ve doplanmış optik özellikleri açısından, bu malzemelerin çeşitli cihazlardaki uygulamalarına önemli katkılar sağlaması hedeflenmektedir. [10]. Abera ve Mekuye, Mn ile doplanmış GaAs'ın ferromanyetizmasını, manganez konsantrasyonunun manyetik özellikler üzerindeki etkisi ile birlikte incelemiştir. GaAs'ın Curie sıcaklığı, ferromanyetik davranışını belirleyen önemli bir faktör olarak tespit edilmiş ve yüksek manganez konsantrasyonlarıyla güçlü manyetik etkileşimlerin sağlandığı ortaya konulmuştur [11]. Cai vd., ultra geniş bant ve geniş açılı plazmonik ışık emicisi olarak tamamen dielektrik gallium arsenit (GaAs) metayüzeylerini önermiştir. GaAs tabanlı bu tasarımı, yüksek emilim değerleri ve mükemmel güneş enerjisi toplama özellikleri sunduğu gözlemlenmiştir [12]. Wu vd., tamamen dielektrik bir GaAs piramit nano yapısına dayanan maliyet etkin bir metamaterial plazmonik emici (MPA) tasarımı önermiştir. GaAs tabanlı bu emici, tam güneş spektrumunda yüksek emilim oranları ile dikkat çekmekte ve güneş enerjisi toplama uygulamaları için büyük bir potansiyel sunmaktadır [13].

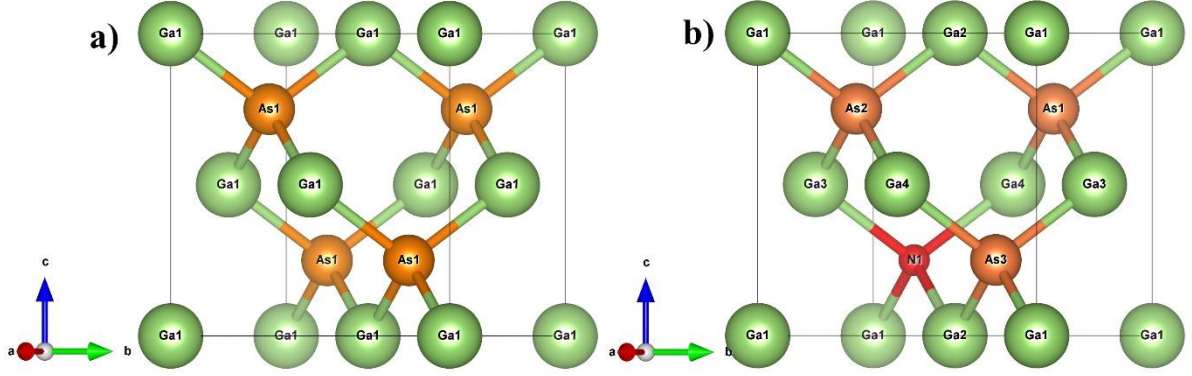
Kristal yapılarındaki kusurlar ve katkılar, malzemelerin yapısal, elektronik ve optik özelliklerinde değişikliklere yol açmaktadır. Bu çalışmada, GaAs bileşiğine arsenik (As) atomu yerine azot (N) atomunun katılanmasının yol açabileceği yapısal, elektronik ve optik değişimler incelenmiştir. GaAs yarıiletkenlerinde gerçekleştirilen bu tür değişikliklerin, havacılık elektroniklerinde kullanılan cihazların performansını nasıl etkileyebileceğini anlamak, tasarım süreçlerinin optimize edilmesine ve teknolojik gelişmelerin yönlendirilmesine katkı sağlayabilir. Bu bağlamda, çalışma GaAs'ın uçak teknolojisindeki potansiyel uygulamalarını değerlendirmek üzere önemli bilgiler sunmaktadır.

2. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, GaAs ve $GaAs_{0.75}N_{0.25}$ bileşiklerinin band yapısı, durum yoğunluğu ve optik özellikleri, yoğunluk fonksiyonel teorisine dayanan WIEN2k simülasyon programı ile incelenmiştir [14-16]. Değiş tokuş ve korelasyon potansiyel enerji fonksiyonu için genelleştirilmiş gradyan yaklaşımı uygulanmıştır [17]. Hesaplamalarda, $R_{MT} \times K_{MAX}$ parametresi 7 olarak seçilmiştir. R_{MT} parametresi, birim hücredeki en küçük atomun yarıçapını temsil etmektedir. K_{MAX} parametresi ise en büyük K vektörünün büyüklüğünü belirtmektedir. WIEN2k programına 500 k noktası girilmiştir. Hesaplamalar için kullanılan Brillouin bölgesindeki $k_x \times k_y \times k_z$ ağı, tüm bileşikler için $4 \times 4 \times 4$ boyutundadır. Çekirdek durumlarından valans durumlarını ayırmak amacıyla kesilim enerjisi -6 Ry olarak belirlenmiştir. GaAs bileşiği kübik örgüye sahiptir. Uzay grubu 216 (F4 $\bar{3}m$) olup başlangıç örgü parametreleri ise literatürde yer alan deneysel çalışmalardan alınmıştır [18].

3. BULGULAR

GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin örgü parametreleri hesaplamalarında, genelleştirilmiş gradyan yaklaşımı (GGA) değiş-tokuş korelasyon enerjisi kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan kübik örgüye sahip kristal yapılar Şekil 1'de gösterilmektedir. Elektronik ve optik özelliklerin incelenmesinde, ilk olarak her bileşenin örgü sabiti teorik olarak hesaplanmıştır. Başlangıç örgü parametresi, 5,6533 Å, literatürde yer alan deneysel verilere dayandırılmıştır [18]. Murnaghan hal denkleminde kullanılarak denge durumu için örgü parametresi hesaplanmıştır [19]. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için hesaplanan örgü parametreleri sırasıyla 5,7515 Å ve 5,5413 Å olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar, azot katkısının örgü parametresinde belirgin bir azalmaya yol açtığını göstermektedir.



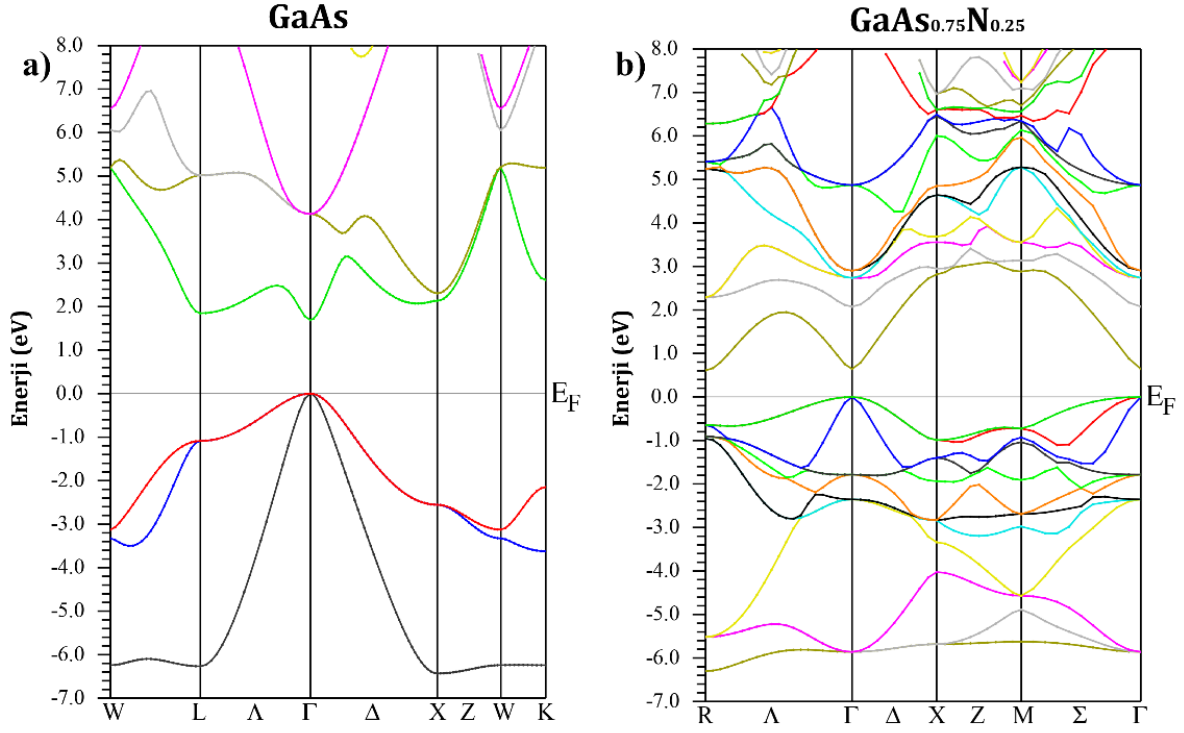
Şekil 1. Hesaplamalarda kullanılan kübik örgüye sahip kristal yapılar a) GaAs b) GaAs_{0,75}N_{0,25}

Katkısız ve azot (N) katkılı GaAs bileşiklerinin elektronik dizilimleri aşağıda verilmiştir:

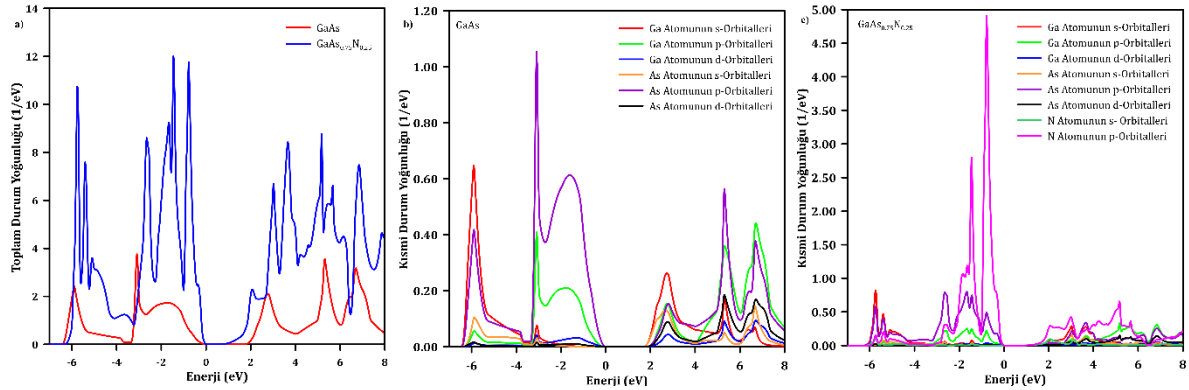
- Gallium (Ga): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^1$
- Antimon (Sb): $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^3$
- Azot (N): $1s^2 2s^2 2p^3$

Elektronik bant yapısı grafikleri incelenirken, düşey ekseninde enerji ve yatay ekseninde yüksek simetri noktaları (Γ , R, X, M) gösterilmiştir. Fermi enerji düzeyi sıfır enerji noktası olarak kabul edilmiştir. Fermi seviyesinin altındaki bantlar valans bantlarını, üst kısmındaki bantlar ise iletkenlik bantlarını temsil etmektedir. Hesaplamalar, genelleştirilmiş gradyan yaklaşımı (GGA) kullanılmıştır [17]. Yasak band enerji hesaplamalarının doğruluğunu artırmak amacıyla, düzeltilmiş Tran-Blaha (TB-mBJ) değişim potansiyeli kullanılmıştır [20].

Katkısız ve N katkılı GaAs bileşiklerinin elektronik özellikleri, band enerji ve durum yoğunluğu hesaplamaları yoluyla incelenmiştir. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin band yapı grafikleri Şekil 2'de gösterilmektedir. Yasak band enerjileri literatürle karşılaştırıldığında, TB-mBJ değişim potansiyeli ile elde edilen 1,63 eV'lik değer, deneysel sonuçlarla uyum göstermektedir; literatürde yasak band enerjileri 1,61 eV [21], 1,56 eV, 1,64 eV [22] ve 1,42 eV [23] olarak rapor edilmiştir. GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiğinde ise yasak band enerjisi 0,61 eV'ye düşmüştür. Bu sonuç, azot katkısının yasak band enerjisini belirgin şekilde azalttığını göstermektedir. Band yapı grafikleri (Şekil 2), GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin yarıiletken bir malzeme olduğunu göstermektedir. Band yapı grafiklerinde iletkenlik bandının minimum noktası ve valans bandının maksimum noktası Γ noktasında yer almaktadır.

Şekil 2. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin band yapı grafikleri

Durum yoğunluğu eğrileri, GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin yarıiletken özellikler taşıdığını doğrulamaktadır (Şekil 3). Valans bandında, Ga atomunun s- ve p-orbitalleri ile As atomunun p-orbitalleri belirgin bir şekilde etkili olmaktadır. İletkenlik bandında ise, Ga atomunun s- ve p-orbitalleri ile As atomunun p-orbitalleri yine önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, Ga atomunun d-orbitalleri ve As atomunun s- ve p-orbitalleri, iletkenlik bandının oluşumunda daha az etkili olmaktadır. GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiğinin kısmi durum yoğunluğu grafikleri, valans ve iletkenlik bandlarının oluşumunda N atomunun p-orbitallerinin belirgin bir katkı sağladığını açıkça göstermektedir. Bu bulgu, azot katkısının yasak band enerjisini önemli ölçüde azaltmasında N atomunun p-orbitallerinin önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Şekil 3. Hesaplanan durum yoğunluğu grafikleri a) GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için toplam durum yoğunluğu grafiği b) GaAs bileşiği için kısmi durum yoğunluğu grafiği ve c) GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiği için kısmi durum yoğunluğu grafiği

GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin optik özellikleri dielektrik fonksiyonu üzerinden incelenmiştir. Dielektrik fonksiyonu elektronlar ile fotonlar arasındaki etkileşimi açıklamaktadır. Bir malzemenin optiksel özellikleri frekansa bağlı olan kompleks dielektrik fonksiyonuyla $\epsilon(\omega) = \epsilon_1(\omega) + i\epsilon_2(\omega)$ tanımlanır. Dielektrik fonksiyonu ile malzemelerin karakteristik optik parametreleri olan kırılma indisi (n), soğurma katsayıları (α) ve yansımaya katsayıları (R) hesaplanabilir. Dielektrik fonksiyonun reel ($\epsilon_1(\omega)$) ve imajiner ($\epsilon_2(\omega)$) kısımlarının hesaplanmasında, sırasıyla, Denklem 1 ve Denklem 2 kullanılmıştır [24-25].

$$\varepsilon_1(\omega) = 1 + \frac{2}{\pi} \mathbf{p} \int_0^{\infty} \frac{\omega' \varepsilon_2(\omega') d\omega'}{\omega'^2 - \omega^2} \quad (1)$$

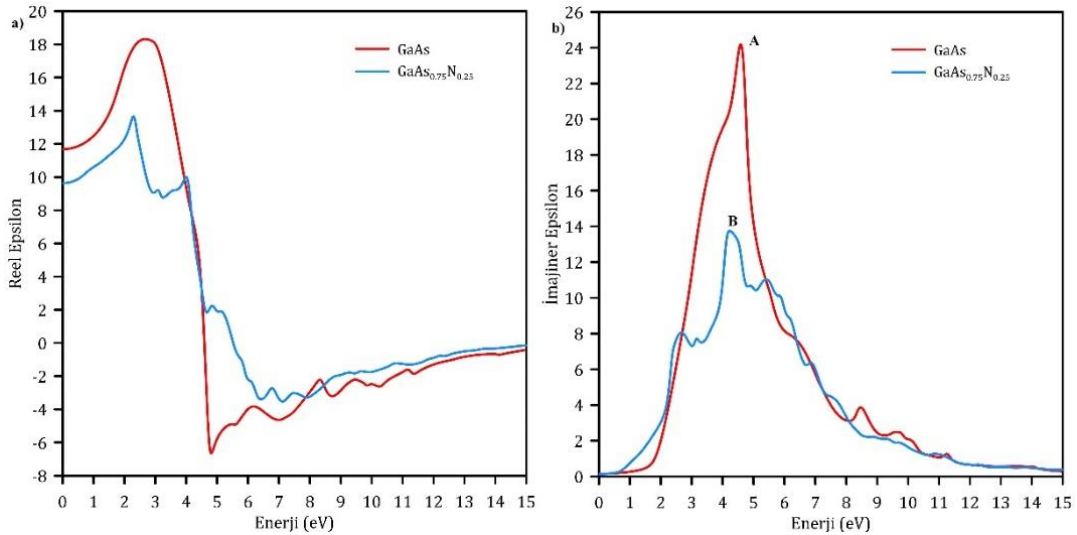
$$\varepsilon_2(\omega) = \frac{V^2 e^2}{2\pi m^2 \omega^2} x \int d^3k \sum_{nn'} |kn|p|kn'|^2 f(kn)x[1 - f(kn')] \delta(E_{kn} - E_{kn'} - \omega) \quad (2)$$

$$n(\omega) = \left[2^{-1/2} \left(\sqrt{\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega)} + \varepsilon_1(\omega) \right) \right]^{1/2} \quad (3)$$

$$\alpha(\omega) = \frac{2^{1/2} \omega}{c} \left(\sqrt{\varepsilon_1^2(\omega) + \varepsilon_2^2(\omega)} - \varepsilon_1(\omega) \right)^{1/2} \quad (4)$$

$$R(\omega) = \left| \frac{\sqrt{\varepsilon(\omega)} - 1}{\sqrt{\varepsilon(\omega)} + 1} \right|^2 \quad (5)$$

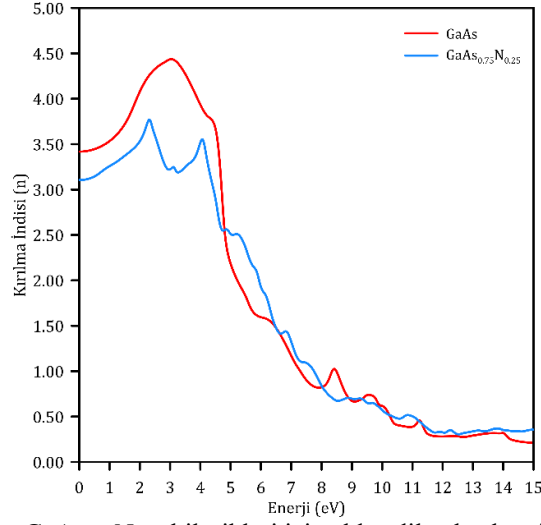
Dielektrik fonksiyonunun reel kısmı, bir malzemenin fiziksel özellikleri hakkında bilgi sağlarken, imajiner kısmı malzemedeki enerji kayıplarını yansıtır. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin reel dielektrik fonksiyonlarının enerjiye bağlı grafikleri Şekil 4'de gösterilmiştir. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için dielektrik sabitleri $\varepsilon_1(\omega)$ sırasıyla 11,68 ve 9,64 olarak hesaplanmıştır. Literatürde yapılan incelemelerde $\varepsilon_1(\omega)$ değerleri şu şekildedir: Hadjab'ın çalışmasında 14,254, 10,645 ve 9,732 [26]; Ziane'da 9,85 ve 9,58 [27]; Othman'da ise 13,40 [28] olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada GaAs için hesaplanan 11,68 değeri, literatürdeki diğer çalışmalarla tutarlılık sergilemektedir. Elde edilen sonuçlar, mevcut teorik verilerin geçerliliğini pekiştirerek, GaAs malzemesinin özelliklerinin anlaşılmasına katkı sağlamaktadır. GaAs için en yüksek dielektrik sabiti değeri 7,32 olarak bulunmuş ve bu değer 2,68 eV enerjiye karşılık gelirken; GaAs_{0,75}N_{0,25} için bu değer 13,66 olup, 2,30 eV enerjiye karşılık gelmektedir. Her iki bileşik için de reel dielektrik sabitinin 4,61 eV ile 15,0 eV ve 5,64 eV ile 15,0 eV enerji aralıklarında negatife düşmesi, malzemelerin bu enerji aralıklarında metalik davranış sergilediğini göstermektedir (Şekil 4 (a)). GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin imajiner dielektrik fonksiyonlarının enerjiye bağlı grafikleri Şekil 4 (b)'de verilmiştir. İmajiner dielektrik fonksiyonunun enerjiye bağlı grafiğinde gözlemlenen pikler, valans bandından iletim bandına geçiş yapan elektronların optik geçişlerini temsil etmektedir. Şekil 4(b)'de, A ve B olarak işaretlenen pikler, GaAs için imajiner dielektrik fonksiyonunun 4,58 eV'deki değeri 24,20 iken, GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiğinde 4,23 eV enerji seviyesinde bu değer 13,74'tür. Maksimum değerler açısından değerlendirildiğinde, N atomunun katkısının imajiner dielektrik fonksiyonunun değerini azalttığı, ancak enerji değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} reel ve imajiner dielektrik fonksiyonlarının enerjiye bağlı grafikleri a) Real dielektrik fonksiyonu b) İmajiner dielektrik fonksiyonu

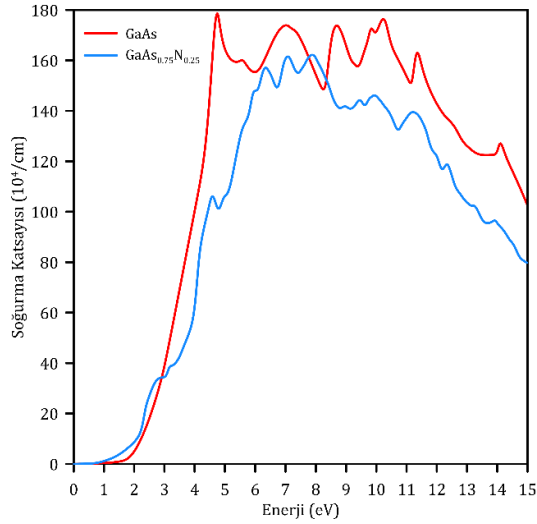
GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için elde edilen kırılma indisi spektrumu Şekil 5'te sunulmuştur. Bu bileşikler için hesaplanan kırılma indisleri, sırasıyla $n(0) = 3,42$ ve $n(0) = 3,10$ olarak belirlenmiştir. Literatürde yapılan incelemelerde $n(0)$ değerleri şu şekildedir: Hadjab'ın çalışmasında 3,775, 3,262 ve 3,119 [26]; Othman'da ise 3,81 [28] olarak belirlenmiştir. Hesaplanan $n(0)$ değeri, literatürde yer alan verilerle karşılaştırıldığında yüksek

bir uyum sergilemektedir. Kırılma indisleri, mor ötesi bölgesinde maksimum değerine ulaşmakta ve ardından azalma eğilimi göstermektedir. Ayrıca, azot katkısının kırılma indisinde gözle görülür bir azalmaya neden olduğu tespit edilmiştir.



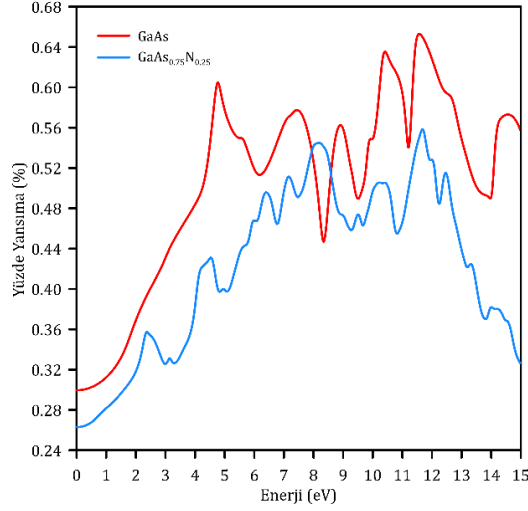
Şekil 5. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için elde edilen kırılma indisi spektrumu

Ortamda yayılan ışığın şiddetinde meydana gelen azalma, soğurma katsayısı (α) ile tanımlanır. Soğurma katsayısı, yayılan ışığın malzemenin içine ne kadar derinlemesine nüfuz edebileceğini ölçen bir parametredir. Şekil 6'da gösterildiği gibi, soğurma katsayısı belirli bir sınırla sınırlıdır. Bu sınır, gönderilen ışığın enerjisinin yasak enerji aralığından daha düşük olduğu durumlarda ortaya çıkar; çünkü böyle bir enerji, valans bandındaki bir elektronu uyuracak yeterli enerjiye sahip değildir ve bu nedenle gelen ışık soğurulmaz. Soğurmanın başladığı minimum enerji noktası, temel soğurma noktası olarak tanımlanır. Şekil 6'da, GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin soğurma katsayılarının sırasıyla 1,67 eV ve 0,67 eV civarında başladığı görülmektedir. Bu değerler, yasak band enerjisine karşılık gelir ve GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin Γ noktasındaki soğurma başlangıç noktalarını temsil eder. Soğurma spektrumunda ortaya çıkan piksler, bandlar arası geçişlerin göstergesidir.



Şekil 6. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için elde edilen soğurma spektrumu

GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşikleri için elde edilen yansımaya spektrumu Şekil 7'de sunulmuştur. Bu bileşenler için yansımaya spektrumunun başlangıç değerleri sırasıyla yaklaşık %30 ve %26 olarak belirlenmiştir. Yansımaya spektrumu, soğurma spektrumu ile benzerlik göstermektedir; özellikle, soğurma spektrumunda gözlemlenen maksimum piksler, yansımaya spektrumunda da belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu gözlemler, azot katkısının optik karakteristik özelliklerden biri olan yansımaya katsayısında anlamlı bir azalmaya neden olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 7. GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerini için elde edilen yansıma spektrumu

4. SONUÇ

Bu çalışmada GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin örgü parametreleri, elektronik ve optik özellikleri detaylı bir şekilde incelenmiş olup, elde edilen bulgular uçak teknolojisi bağlamında önemli sonuçlar sunmaktadır. Öncelikle, örgü parametreleri hesaplamaları sonucunda GaAs'ın örgü sabiti 5,7515 Å, GaAs_{0,75}N_{0,25}'in ise 5,5413 Å olarak hesaplandı. Azot katkısının örgü parametresinde belirgin bir azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir. Bu azalma, malzemenin mekanik ve termal özelliklerini etkileyebilir. Uçak teknolojisinde, yüksek performanslı elektronik bileşenler için dayanıklı ve hafif malzemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Azot katkısının malzemenin örgü parametresindeki etkileri, bu bileşenlerin aerodinamik ve yapısal uygulamalar için optimize edilebileceğini göstermektedir.

Elektronik özellikler açısından, GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin yarıiletken özellikleri analiz edilmiştir. GaAs'ın yasak band enerjisi 1,63 eV olarak hesaplanmış, bu değer deneysel verilerle uyumludur. Azot katkısıyla yasak band enerjisinin 0,61 eV'ye düşmesi, GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiğinin enerji bant yapısında önemli değişikliklere yol açtığını göstermektedir. Bu değişiklikler, uçak teknolojisinde kullanılan yarıiletken cihazların yüksek hızlı ve yüksek verimli elektronik devrelerinde daha etkili performans sağlayabilir. Yasak band enerjisinin düşmesi, düşük enerji tüketimi ve yüksek frekansta çalışma kabiliyeti gibi avantajlar sunarak, gelişmiş elektronik sistemlerin tasarımında kullanılabilir.

Optik özellikler açısından yapılan analizler, dielektrik fonksiyonlarının enerjiye bağlı olarak değişimini ortaya koymuştur. GaAs'ın dielektrik sabiti 11,68, GaAs_{0,75}N_{0,25}'in ise 9,64 olarak hesaplanmıştır. Bu dielektrik özellikler, malzemelerin optik performansını ve ışıkla etkileşimini doğrudan etkiler. Uçak teknolojisinde, optik sistemler ve sensörler için yüksek dielektrik sabitlere sahip malzemeler tercih edilebilir. Ayrıca, imajiner dielektrik fonksiyonunda gözlemlenen değişiklikler, bu malzemelerin optik geçişlerdeki performansını etkileyebilir.

Soğurma katsayıları ve yansıma spektrumları, azot katkısının malzemenin optik özelliklerini etkilediğini ve yansıma katsayısında anlamlı bir azalmaya yol açtığını ortaya koymuştur. Bu bulgular, uçak teknolojisinde optik kaplamalar ve yüzey kaplamaları için malzemelerin seçimi ve tasarımı açısından önemlidir. Yansıma katsayısındaki değişiklikler, özellikle uçakların radar gizlilik özellikleri ve optik algılama sistemleri için kritik olabilir.

Sonuç olarak, GaAs ve GaAs_{0,75}N_{0,25} bileşiklerinin örgü parametreleri, elektronik ve optik özellikleri, uçak teknolojisinde yüksek performanslı yarıiletkenler için önemli bilgiler sunmaktadır. Azot katkısının bu özellikler üzerindeki etkileri, malzemelerin aerodinamik, yapısal ve elektronik uygulamalarda optimize edilmesi için faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, uçak teknolojisinde kullanılan yarıiletkenlerin geliştirilmesi ve performanslarının artırılması yönünde yol gösterici olabilir.

5. TEŞEKKÜR

Bu makalede bildirilen sayısal hesaplamalar WIEN2k programı kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Fizik Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Seyfettin Çakmak'a teşekkür ederim.

6.KAYNAKLAR

- [1] Gao, X. Z., Hou, Z. X., Guo, Z., Chen, X. Q. (2015). Reviews of methods to extract and store energy for solar-powered aircraft. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44, 96-108. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.11.025>
- [2] Chen, H. C., Lin, C. C., Han, H. V., Chen, K. J., Tsai, Y. L., Chang, Y. A., ... Yu, P. (2012). Enhancement of power conversion efficiency in GaAs solar cells with dual-layer quantum dots using flexible PDMS film. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 104, 92-96. <https://doi.org/10.1016/j.solmat.2012.05.003>
- [3] Geisz, J. F., Friedman, D. J. (2002). III–N–V semiconductors for solar photovoltaic applications. *Semiconductor Science and Technology*, 17(8), 769. <https://doi.org/10.1088/0268-1242/17/8/305>
- [4] Kosa, A., Stuchlikova, L., Harmatha, L., Mikolasek, M., Kovac, J., Sciana, B., ... Tlaczala, M. (2016). Defect distribution in InGaAsN/GaAs multilayer solar cells. *Solar Energy*, 132, 587-590. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2016.03.057>
- [5] Kurtz, S. R., Allerman, A. A., Jones, E. D., Gee, J. M., Banas, J. J., Hammons, B. E. (1999). InGaAsN solar cells with 1.0 eV band gap, lattice matched to GaAs. *Applied Physics Letters*, 74(5), 729-731. <https://doi.org/10.1063/1.123105>
- [6] Aissat, A., Bestam, R., Alshehri, B., Vilcot, J. P. (2015). Modeling of the absorption properties of Ga_{1-x}In_xAs_{1-y}N_y/GaAs quantum well structures for photodetection applications. *Superlattices and Microstructures*, 82, 623-629. <https://doi.org/10.1016/j.spmi.2015.01.019>
- [7] Kondow, M., Uomi, K., Niwa, A., Kitatani, T., Watahiki, S., Yazawa, Y. (1996). GaInNAs: A novel material for long-wavelength-range laser diodes with excellent high-temperature performance. *Japanese Journal Of Applied Physics*, 35(2S), 1273. <https://doi.org/10.1143/JJAP.35.1273>
- [8] Mal, I., Jayarubi, J., Das, S., Sharma, A. S., Peter, A. J., Samajdar, D. P. (2019). Hydrostatic pressure dependent optoelectronic properties of InGaAsN/GaAs spherical quantum dots for laser diode applications. *Physica Status Solidi (b)*, 256(3), 1800395. <https://doi.org/10.1002/pssb.201800395>
- [9] Ali, A., Anwar, A. W., Moin, M., Babar, M., & Thumu, U. (2024). Investigation of structural, mechanical, electronic and optical responses of Ga doped aluminum arsenide for optoelectronic applications: *By first principles*. *Heliyon*, 10(2). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e24597>
- [10] Kumar, A., Gupta, H., Kumar, A., Kumar, A., Sharma, S. K., Lal, B., & Iram, N. (2024). Optoelectronic properties of Sb doped GaAs: DFT investigation. *Indian Journal of Physics*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s12648-024-03273-6>
- [11] Abera, B., & Mekuye, B. (2024). Effects of manganese concentration and temperature on the ferromagnetism of manganese-doped gallium arsenide semiconductor. *Nano Select*, 5(3), 2300084. <https://doi.org/10.1002/nano.202300084>
- [12] Cai, B., Wu, L., Zhu, X., Cheng, Z., & Cheng, Y. (2024). Ultra-broadband and wide-angle plasmonic light absorber based on all-dielectric gallium arsenide (GaAs) metasurface in visible and near-infrared region. *Results in Physics*, 58, 107509. <https://doi.org/10.1016/j.rinp.2024.107509>
- [13] Wu, L., Yang, L., Zhu, X., Cai, B., & Cheng, Y. (2024). Ultra-broadband and wide-angle plasmonic absorber based on all-dielectric gallium arsenide pyramid nanostructure for full solar radiation spectrum range. *International Journal of Thermal Sciences*, 201, 109043. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2024.109043>
- [14] Schwarz, K., Blaha, P., Madsen, G. K. (2002). Electronic structure calculations of solids using the WIEN2k package for material sciences. *Computer Physics Communications*, 147(1-2), 71-76. [https://doi.org/10.1016/S0010-4655\(02\)00206-0](https://doi.org/10.1016/S0010-4655(02)00206-0)

- [15] Schwarz, K., Blaha, P. (2003). Solid state calculations using WIEN2k. *Computational Materials Science*, 28(2), 259-273. [https://doi.org/10.1016/S0927-0256\(03\)00112-5](https://doi.org/10.1016/S0927-0256(03)00112-5)
- [16] Schwarz, K., Blaha, P., Trickey, S. B. (2010). Electronic structure of solids with WIEN2k. *Molecular Physics*, 108(21-23), 3147-3166. <https://doi.org/10.1080/00268976.2010.506451>
- [17] Perdew, J. P., Burke, K., Ernzerhof, M. (1996). Generalized gradient approximation made simple. *Physical Review Letters*, 77(18), 3865. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.77.3865>
- [18] Chmill, V. (2006). *Radiation tests of semiconductor detectors* (Doctoral dissertation, KTH). Erişim Adresi: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:10452/FULLTEXT01.pdf>.
- [19] Murnaghan, F. D. (1944). The compressibility of media under extreme pressures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 30(9), 244-247.
- [20] Tran, F., Blaha, P. (2009). Accurate Band Gaps of Semiconductors and Insulators with a Semilocal Exchange-Correlation Potential. *Physical Review Letters*, 102(22), 226401. <https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.102.226401>
- [21] Adewale, A. A., Yahaya, A. A., Agbolade, L. O., Yusuff, O. K., Azeez, S. O., Babalola, K. K., ... Chik, A. (2024). Optoelectronic and mechanical properties of gallium arsenide alloys: Based on density functional theory. *Chemical Physics Impact*, 8, 100594. <https://doi.org/10.1016/j.chphi.2024.100594>
- [22] Hachemi, M. H., Benchehima, M., Bencherif, K., Abid, H. (2022). The effect of N-incorporation on the structural and optoelectronic properties of GaP and GaAs for optical telecommunication applications: first-principles study. *Optik*, 262, 169282. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2022.169282>
- [23] Adachi, S. (1987). Band gaps and refractive indices of AlGaAsSb, GaInAsSb, and InPAsSb: Key properties for a variety of the 2–4- μ m optoelectronic device applications. *Journal of Applied Physics*, 61(10), 4869-4876. <https://doi.org/10.1063/1.338352>
- [24] De L. Kronig, R. (1926). On the theory of dispersion of x-rays. *Journal of the Optical Society of America*, 12(6), 547-557.
- [25] Ambrosch-Draxl, C., & Sofo, J. O. (2006). Linear optical properties of solids within the full-potential linearized augmented planewave method. *Computer physics communications*, 175(1), 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.cpc.2006.03.005>
- [26] Hadjab, M., Berrah, S., Abid, H., Ziane, M. I., Bennacer, H., & Yalcin, B. G. (2016). Full-potential calculations of structural and optoelectronic properties of cubic indium gallium arsenide semiconductor alloys. *Optik*, 127(20), 9280-9294. <https://doi.org/10.1016/j.ijleo.2016.07.018>
- [27] Ziane, M. I., Bensaad, Z., Labdelli, B., & Bennacer, H. (2014). First-principles study of structural, electronic and optical properties of III-arsenide binary GaAs and InAs, and III-nitrides binary GaN and InN: Improved density-functional-theory Study. *Sensors & transducers*, 27(5), 374.
- [28] Othman, M., Kasap, E. R. G. Ü. N., & Korozlu, N. (2010). Ab-initio investigation of structural, electronic and optical properties of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$, $\text{GaAs}_{1-y}\text{P}_y$ ternary and $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-y}\text{P}_y$ quaternary semiconductor alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 496(1-2), 226-233. <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2009.12.109>



YAPAY ZEKÂ UYGULAMASI İLE GÜNEŞ PANELİ SİSTEMİ ENERJİ ÜRETİMİ TAHMİNİ

Deniz ÖZER¹, Bekir AKSOY²

¹Mekatronik Mühendisliği, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye

²Mekatronik Mühendisliği, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Isparta, Türkiye
denizozer58@gmail.com, bekiraksoy@isparta.edu.tr

DOI: 10.57120/yalvac.1543369

ÖZET: Güneş paneli teknolojisi, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürerek sürdürülebilir ve temiz enerji üretimini desteklemektedir. Yapay zekâ, bu süreçte veri analizi, enerji yönetimi ve panel verimliliğinin optimizasyonu gibi alanlarda önemli katkılar sunmaktadır. Bu iki teknolojinin entegrasyonu, enerji üretimi ve tüketiminde daha yüksek verimlilik sağlamayı mümkün kılmaktadır. Bu çalışmada, sensörler aracılığıyla veri toplayarak güneş panellerinin gerçek performansını yapay zekâ tabanlı tahminlerle karşılaştırmak ve makine öğrenmesi yöntemleri ile güneş paneli kurulumu için en uygun alanları belirlemek amaçlanmaktadır. Elde edilen tahminlerin doğruluğu yüksek olduğu takdirde, sensörler ve yapay zekâ kullanılarak güneş paneli kurulumu olmaksızın da potansiyel enerji üretiminin tahmin edilebilmesi hedeflenmektedir. Çalışmada kullanılan yapay zeka modellerinden Gradient Boosting yapay zeka modeli R^2 performans değerlendirme metriğine göre %97.04 doğruluk değeri ile en başarılı model olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Güneş Paneli, Yapay Zekâ, Makine Öğrenmesi

SOLAR PANEL SYSTEM ENERGY PRODUCTION ESTIMATION WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE APPLICATION

ABSTRACT: Solar panel technology is a key contributor to the production of sustainable and clean energy, facilitating the conversion of solar energy into electrical energy. Artificial intelligence plays a pivotal role in this process, particularly in areas such as data analysis, energy management, and optimization of panel efficiency. The combination of these two technologies facilitates enhanced efficiency in energy production and consumption. This study aims to evaluate the actual performance of solar panels in comparison with artificial intelligence-based predictions, by collating data through sensors, and to ascertain the optimal locations for solar panel installation through machine learning methods. Should the precision of the predicted outcomes be high, the potential energy production without solar panel installation will be estimated through the use of sensors and artificial intelligence. Among the artificial intelligence models used in the study, the Gradient Boosting artificial intelligence model was determined as the most successful model with an accuracy of 97.04% according to the R^2 performance evaluation metric.

Keywords: Solar Panel, Artificial Intelligence, Machine Learning

1.GİRİŞ

Teknoloji gelişimi ile birlikte nüfus artışı nedeniyle her geçen gün enerji tüketimi artmaktadır [1]. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklarına olarak ilgi ve yatırımlar da hızlanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından biri de güneştir. Yaşamın kaynağı olan güneş, doğanın enerjisinin büyük bir bölümünü sağlamaktadır. Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde hidrojenin helyuma dönüşmesi sonucu ortaya çıkan güçlü bir enerji biçimidir. Güneş ışınları yoluyla dünyamıza ulaşan bu enerji, güneş kolektörleri, güneş santralleri ve fotovoltaik piller gibi farklı teknolojilerle değerlendirilmektedir. Bu teknolojiler, güneş enerjisini doğrudan ısıya veya dolaylı yollardan elektrik enerjisine dönüştürmemize olanak sağlamaktadır [2]. Fotovoltaik paneller, güneş enerjisini elektrik enerjisine üretmek için kullanılan en yaygın teknolojidir [3]. Fotovoltaik panellerden elde edilen elektrik enerjisinin verimliliği, coğrafi konum, iklim koşulları ve kurulum şekline göre farklılık gösterebilmektedir. Bu yüzden, güvenli ve ekonomik güç çıkışı değerlerini tahmin etmek ve sürece etki eden parametreleri belirlemek oldukça önemlidir. Fotovoltaik panellerin yaygınlaşmasıyla birlikte, değişken çevre koşullarına bağlı olarak üretilen enerjinin tahmini ve panel çıkış gücünü etkileyen faktörlerin detaylı bir biçimde incelenmesi oldukça önemlidir [4]. Güneş panellerinin ve diğer bileşenlerin etkin bir şekilde yönetilmesi de bir diğer önemli noktadır. Bu faktörlerin incelenmesinde sıklıkla yapay zekâ yöntemleri kullanılmaktadır. Yapay zekâ bilgisayarın akıl yürütme, problem çözme, anlam çıkarma ve genelleme gibi üst düzey bilişsel beceriler sergilemesi, yani insana özgü davranışları taklit etmesi olarak tanımlanmaktadır. Yapay zekâ fikrini ortaya ilk olarak çıkaran kişi Alan Turing'dir [5]. Alan Turing, sonradan Turing Testi olarak anılacak bir yöntem önererek, bir makinenin konuşma esnasında bir insan gibi davranıp davranmadığını değerlendirme fikrini sunmuştur. Yapay zekâ yöntemleri, robotik alanında da güvenlik sistemlerinin geliştirilmesi için kullanılmaktadır [6]. Bu test, yapay zekânın gelişimini ölçmek için pratik bir kriter olarak kabul edilmiştir [7]. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme en temel yapay zekâ yapay zekânın alt kümesidir [8]. Makine öğrenmesi, elde edilen veri seti ve algoritma modeli kullanılarak matematik ve istatistik bilimiyle çıkarımlar yapmayı amaçlayan bir yöntemdir [9].

Çalışmada, çalışmaya özgü sıcaklık, nem ve ışık sensörlerinden elde edilen özgün veri seti yapay zekâ algoritmaları ile eğitilerek güneş panellerinin verimliliği ve güç üretim kapasitelerinin analiz edilmesi amaçlanmıştır. Beş farklı makine öğrenme yöntemi kullanılarak sıcaklık, nem ve ışık parametrelerine bağlı olarak güneş panelinin gerilimini belirlemeye çalışılmıştır. Elde edilen eğitim sonuçları test verileri ile analiz edilip performans değerlendirme metriklerine göre değerlendirilerek en başarılı makine öğrenme yöntemi çalışmada kullanılmıştır.

2. AKADEMİK LİTERATÜR

Gerçekleştirilen çalışma ile ilgili akademik literatür incelendiğinde;

Turgut, A. ve arkadaşları (2019), çalışmalarında topladıkları verileri Rastgele Orman ve farklı bir yapay zekâ modeli eğitip hava sıcaklığını tahmin etmişlerdir. Kullanmış oldukları yapay zekâ algoritmaları içerisinde Rastgele Orman algoritması ile %87.72 doğruluk oranını tespit etmişlerdir [10]. Akal, D., ve Umut, İ. (2022), çalışmalarında yapay sinir ağları ve K-Nearest Neighbors (KNN) yöntemi kullanarak sensörler aracılığıyla topladıkları verilerin makine öğrenmesi sonucu fotovoltaik panel (PV) çıkış gücü tahminlemesi yapmışlardır. Yapay sinir ağları (YSA) %98.79 doğruluk değeri ile en başarılı model olarak belirlemişlerdir [4]. Güç, Resul (2016) çalışmasında yapay sinir ağları kullanarak Bilecik ilinin 2013 yılı sıcaklık verilerini %91 doğruluk değeri ile belirlemişlerdir [11]. Gün, Ali Rıza (2023), çalışmasında güneş paneli güç çıkış tahminlemesi yapmıştır. Çalışma içerisinde Tam Kapsamlı Toplu Ampirik Mod Ayırıştırması ve Uyarlanabilir Gürültü (CEEMDAN) ile Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ve farklı yapay zekâ modellerini hibrit ve tekil testlere tabi tutmuştur. Testleri sonucunda %91 doğruluk değeri ile en başarılı modeli CEEMDAN-MLP hibrit modeli olarak tespit etmişlerdir [12]. Reşat, H. G. (2020), Oto-Regresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) ile YSA yapay zekâ modellerini hibrit olarak kullanarak Levenberg-Marquardt optimizasyon tekniği ile enerji tahminlemesi yapmıştır ARIMA yapay zekâ modelinin YSA algoritması ile hibrit kullanımıyla %99 doğruluk oranına ulaşmıştır [13]. Macit Sezikli, N. (2023), çalışmasında Rastgele Orman ve farklı yapay zekâ modelleri eğiterek ve meteorolojik verileri kullanarak güneş enerjisi üretimi tahmini yapmıştır. Kullandığı yapay zekâ modelleri arasında, en yüksek performans değeri %96.84 oranıyla Rastgele Orman modeliyle elde edilmiştir [14]. Akı, O., & Akal, T. T., çalışmasında Destek Vektör Regresyonu (SVR) ve farklı yapay zekâ modellerine makine öğrenimi yaparak fotovoltaik panellerin haftalık enerji üretimlerini tahmin etmişlerdir. SVR yapay zekâ algoritmasında %93 doğruluk oranı ile en yüksek değeri radyal fonksiyonu ile almışlardır [15]. Yüzer, E. Ve arkadaşları (2023), çalışmalarında YSA modelini kullanarak PV sistemlerin çıkış gücü tahminlemesi yapmışlardır. YSA modelini kullanarak PV sistem çıkış gücü için %96.68 oranında performans değeri elde etmişlerdir [16]. Uğuz, S., Oral, O., & Çağlayan, N. (2019), çalışmalarında Çoklu Doğrusal Regresyon (MLR) ve farklı yapay zekâ modellerini veri seti ile eğitip üretilen güneş paneli elektrik gücünü tahmin etmişlerdir.

Yapılan testler sonucu MLR yapay zekâ modeli ile %95.59 performans değeri elde etmişlerdir [17]. Yukarıda incelenen akademik çalışmalara ait özet bilgiler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. İlgili Çalışmalar ile Karşılaştırma Tablosu

İlgili Çalışmaların Karşılaştırması			
Çalışma	Yapay Zekâ Modeli	Performans Değerleri	R² Performans Değerlendirme Metrik Sonuçları
Turgut, A., Temir, A., Aksoy, B., Özsoy, K. (2019)	Rastgele Orman	RMSE=0,052, MAE=0,033	87.72%
Akal, D., & Umut, İ. (2022)	YSA	MSE=0.102, MAE=0.012, MAPE= %3.256	98.79%
Güç, Resul. (2016)	YSA	RMSE=0,052, MAE= 0,033	91%
Gün, Ali Rıza. (2023)	CEEMDAN-MLP Hibrit	RMSE=0.345, MSE=0.119, MAE=0.140	91%
Reşat, H. G. (2020)	ARIMA-YSA Hibrit	MSE=0.03	99%
Macit Sezikli, N. (2023)	Rastgele Orman	MAE=0.012, MSE=0.007, RMSE=0.027	96.84%
Akı, O., & Akal, T. T. (2023)	SVR	MAE=0.18, RMSE=0.262, MAPE=%70.54	93%
Yüzer, E. Ve Arkadaşları (2023)	YSA	RMSE=0.757, MAPE=16,067	96.68%
Uğuz, S., Oral, O., & Çağlayan, N. (2019)	MLR	MAE=0.039, MSE=0.002, MedAE=0.031	95.59%
Çalışmada	Gradient Boosting(GBR)	MSE=0.899, RMSE=0.948, MAE=0.517, MAPE=%4.3	97.04%

3. MATERYAL ve METOT

3.1 Materyal

Çalışmanın materyal bölümü, güneş paneli ve sensörler, Raspberry Pi 5, veri seti, yapay zekâ modelleri, performans değerlendirme metrikleri olmak üzere beş ana başlık altında toplanmıştır. Bu bileşenlere ait detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.1 Güneş Paneli ve Sensörler

Güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren fotovoltaik panelin güç çıkışını ölçmek için özel bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Düzenekte voltaj sensörü ile fotovoltaik panelin voltaj verisi toplanmıştır. Ayrıca sıcaklık ve nem, ışık sensörü ile veri toplanmıştır. Sensörlerden elde edilen verilerin analog olarak okunması için Arduino Uno mikroişlemcisi kullanılmıştır.

3.1.1.1 Güneş Paneli

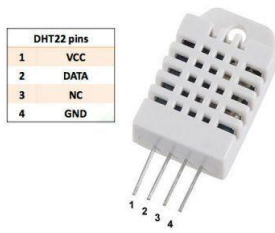
Çalışmada sadece gerilimini ölçmek kaydıyla 25 watt (20,70 Volt × 1,21 Amper) gücünde 36 hücreli monokristal bir fotovoltaik panel kullanılmıştır. Panelin görseli aşağıdaki Şekil 1’de verilmiştir.



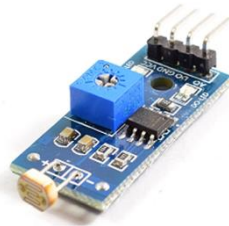
Şekil 1. 25 watt(W) monokristal güneş paneli

3.1.1.2 Sensörler

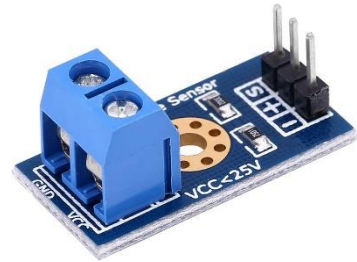
Çalışmada sıcaklık ve nem sensörü, ışık sensörü, voltaj sensörü olmak üzere 3 adet sensör kullanılmıştır. Sensörlerin görselleri aşağıdaki Şekil 2-4’de verilmiştir.



Şekil 2. DHT-22 Sensörü



Şekil 3. LDR-11-LM393 Işık Sensörü



Şekil 4. Voltaj Sensörü Sıcaklık ve Nem

3.1.2 Raspberry Pi Tek Kartlı Bilgisayar

Arduino Uno mikroişlemcisinin kontrolü ve güç beslemesi, ana bilgisayar ile uzaktan bağlantı ve veri toplama işlemi için Raspberry pi tek kartlı bilgisayar kullanılmıştır. Ek olarak uzaktan bağlantı olmasına rağmen internet erişimi kısıtlandığında saat ve tarih ayarlarının değişmemesi için real time clock (RTC) yani gerçek zamanlı saat modülü kullanılıp sistemi yakından kontrol etmek için LCD ekran eklenmiştir. Raspberry Pi 5, Arduino Uno , RTC zaman modülü, LCD ekran görselleri aşağıda bulunan Şekil 5-8’de verilmiştir.



Şekil 5. Raspberry Pi 5



Şekil 6. Arduino UNO R3



Şekil 7. I2C LCD Ekran



Şekil 8. RTC Modülü

3.1.3 Veri Seti

Çalışmada kullanılan sistemde 12.07.2024 ile 12.08.2024 tarihi arasında düzenli olarak panelden ve sensörlerden toplanan değerler kaydedilerek Raspberry Pi 5 tek kartlı bilgisayarına aktarılmıştır. Düzenli olarak sık aralıklarda voltaj, sıcaklık, nem, ışık düzeyine ait toplam 634641 adet veri toplanmıştır.

3.1.4 Yapay Zekâ Modelleri

Çalışmada veri tahmini için kullanılan Lineer Regresyon, Ridge Regresyon, Lasso Regresyon, Rastgele Orman Regresyon, Gradient Boosting yapay zekâ modelleri ve bu modellere ait detaylı bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1.4.1 Lineer Regresyon (Linear Regression)

Lineer Regresyon, Amacı, bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerle olan lineer ilişkisini modelleyerek gelecekteki değerleri tahmin etmektir. Bu model, bağımlı değişkenin, bağımsız değişkenlerin katsayılarıyla çarpımının toplamı olarak ifade edilebileceği varsayımına dayanır. Katsayılar, bağımsız değişkenlerin bağımlı değişken üzerindeki etkilerini gösterir [14].

3.1.4.2 Ridge Regresyon (Ridge Regression)

Ridge Regresyon'da amaç, hata kareleri toplamını en aza indiren katsayıları belirlemektir. Düzenleme şiddeti alpha parametresi ile ayarlanır. Alpha değeri arttıkça düzenleme etkisi artar, bu da modelin daha basit ve düzgün hale gelmesini sağlar. Ancak, alpha değeri azaldığında daha fazla özellik devreye girer ve bu da modelin karmaşıklığını artırır [14].

3.1.4.3 Lasso Regresyon (Lasso Regression)

Lasso Regresyon, doğrusal regresyon modellerinde çoklu bağlantı sorununu çözmek ve Ridge regresyonun tüm değişkenleri modelde tutma dezavantajını ortadan kaldırmak amacıyla üretilmiştir. Lasso Regresyon'da temel hedef, hata kareleri toplamını en aza indiren katsayıları belirlemektir [18].

3.1.4.4 Rastgele Orman Regresyon (Random Forest Regressor)

Rastgele Orman Regresyon, makine öğrenmesinde yaygın olarak kullanılan bir algoritmadır ve hem sınıflandırma hem de regresyon problemlerinde yüksek doğruluk sağlar. Bu model, karar ağaçlarını bir araya getirir ve bu modelleri sırasıyla ekleyerek kayıp fonksiyonunu minimize eder. Sınıflandırma işlemlerinde, veriyi belirli bir sınıfa atamak veya her sınıfın olasılığını hesaplamak amacıyla kullanılır. Regresyon problemlerinde ise, sayısal değerlerin tahmininde etkili bir araçtır [14].

3.1.4.5 Gradient Boosting (GBR)

Gradient Boosting her yeni model, önceki modellerin hatalarını düzeltmeye çalışır. Bu süreç, her iterasyonda hatayı azaltarak güçlü bir tahminleyici oluşturur. Hem regresyon hem de sınıflandırma problemlerinde etkili olan bu teknik, düşük hata oranları ve yüksek yorumlama sağlar [19].

3.1.5 Performans Değerlendirme Metrikleri

Çalışma içerisinde kullanılan beş farklı makine öğrenme algoritmasından elde edilen sonuçların değerlendirilebilmesi için Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Root Mean Square Error (RMSE), MAE, Median Absolute Error (MedAE), R-Squared (R^2) performans metrikleri kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan MSE, RMSE, MAPE, MAE, MedAE, R^2 performans değerlendirme metriklerinin denklemleri sırasıyla, Denklem (1-6)'de verilmiştir [20][21].

$$MSE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Y_i - \hat{Y}_i)^2 \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (Y_i - \hat{Y}_i)^2} \quad (3)$$

$$MAE = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \left[\frac{Y_i - \hat{Y}_i}{Y_i} \right] \quad (4)$$

$$MedAE = median(|Y_i - \hat{Y}_i|) \quad (5)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(Y_i - \hat{Y}_i)^2}{\sum(Y_i - \bar{Y}_i)^2} \quad (6)$$

Denklemlerde kullanılan ifadeler aşağıda belirtilmiştir;

Y_i = Gerçek Değer

\hat{Y}_i = Tahmin Edilen Değer

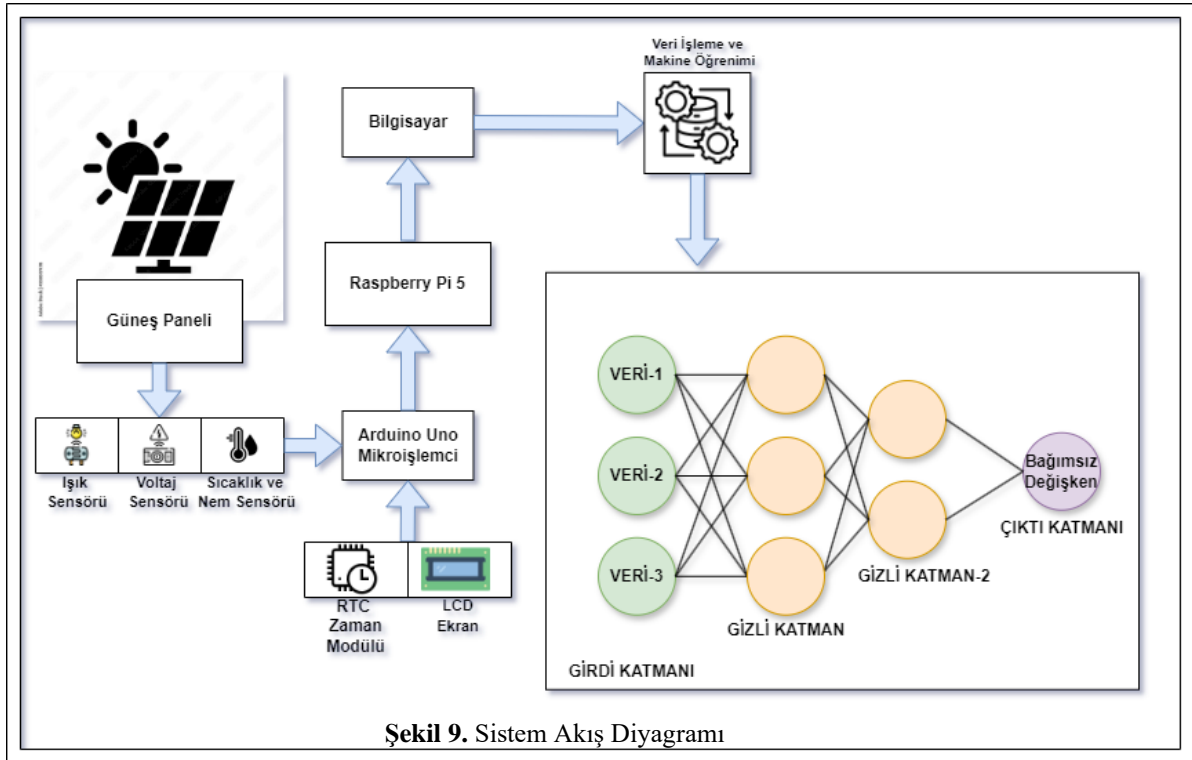
m = Toplam veri noktası

i = Index

3.2. Metot

3.2.1 İş Akış Diyagramı

Çalışmanın iş akış diyagramı Şekil 9'da verilmiştir. Ayrıca iş akış diyagramı açıklanmıştır.

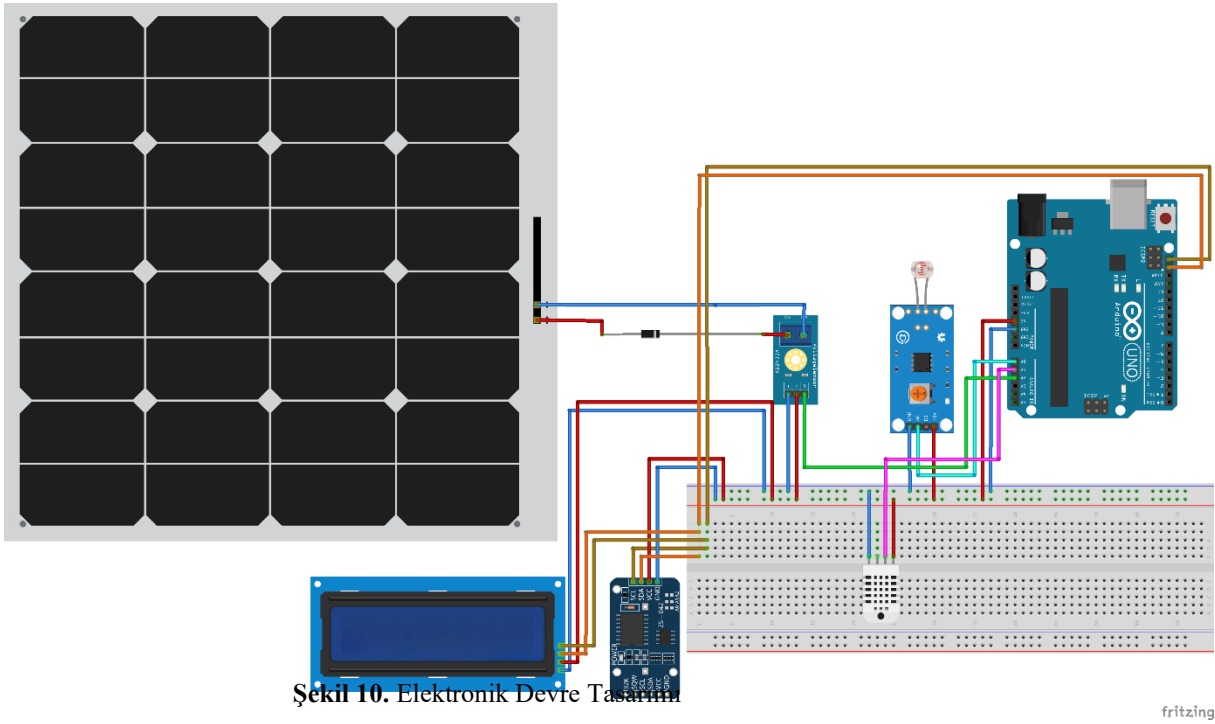


Şekil 9'da görüldüğü gibi çalışmanın ilk aşamasında güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmek için fotovoltaik panel tasarlanmıştır. Tasarlama işlemi tamamlandıktan sonra çevre koşullarının verilerini analog olarak okumak için ışık, sıcaklık ve nem sensörü; fotovoltaik panelin ürettiği elektrik enerjisini analog olarak okumak için voltaj sensörü kullanılmıştır. Ayrıca olası internet erişim problemleri için tarih ve saat ayarlarında herhangi bir problem yaşanmaması için RTC modülü ve sistemi yakından kontrol etmek için LCD ekran kullanılmıştır.

Üçüncü aşamada analog verilerin okunması için Arduino Uno mikroişlemcisi kullanılıp Raspberry Pi 5 gönderilmiştir. Dördüncü aşamada ise Raspberry Pi 5 kartı üzerinde depolanan özgün veri seti hazırlanmıştır. Ayrıca Arduino Uno mikroişlemcisinin yazılım ayarları yapıp ana bilgisayar ile uzaktan bağlantı gerçekleştirilmiştir. Böylece sistemin uzaktan kontrolü de sağlanmıştır. Son aşamada ise elde edilen özgün veri seti verilerin %80 (507712 adet) eğitim %20 (126928 adet) test olacak şekilde rastgele ayrılarak Lineer Regresyon, Ridge Regresyon, Lasso Regresyon, Rastgele Orman, Gradient Boosting yapay zekâ algoritmaları kullanılarak 200 epoch boyunca eğitilmiştir. Eğitim işleminden sonra yapay zekâ modelleri test verileri ile analiz edilerek elde edilen sonuçlar MSE, MAPE, RMSE, MAE, MedAE, R^2 performans değerlendirme metriklerine göre değerlendirilmiştir.

3.2.2 Elektronik Devre Tasarımı

Çalışmanın elektronik devre tasarımı Şekil 10'da verilmiştir. Ayrıca elektronik devre tasarımı açıklanmıştır.



Şekil 10. Elektronik Devre Tasarımı

fritzing

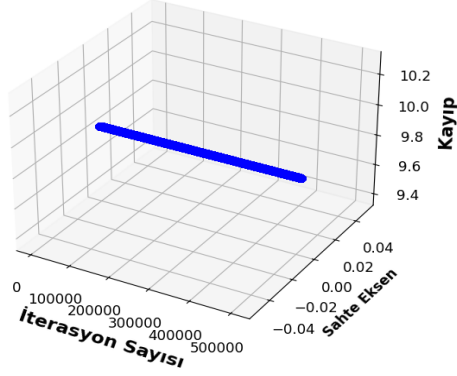
İlk olarak Şekil 10'da görüldüğü üzere fotovoltajik panel, güneşten aldığı ışın enerjisini elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Dönüştürülen elektrik enerjisinin değerini okumak için voltaj sensörüne bağlanmıştır. Ayrıca ışık, sıcaklık ve nem değerini ölçmek için kullanılan LDR-11-LM393 ışık sensörü ve DHT-22 sıcaklık ve nem sensörü de çevreden veri toplamaktadır. Bu üç sensör, sistemi yakından kontrol etmek için kullanılan LCD ekran ve olası internet erişim problemleri için tarih ve saat ayarlarında herhangi bir problem yaşanmaması için kullanılan RTC modülü breadboard aracılığı ile Arduino Uno mikroişlemcisine bağlanmıştır. Sıcaklık ve nem sensörü, ışık sensörü ve voltaj sensörünün sinyal ucu sırasıyla A0, A1, A2 analog girişlerine bağlanmıştır. LCD ekran ve RTC modülünün sinyal uçları da SLA ve SCL uçlarına bağlanmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1 Kayıp Grafikleri

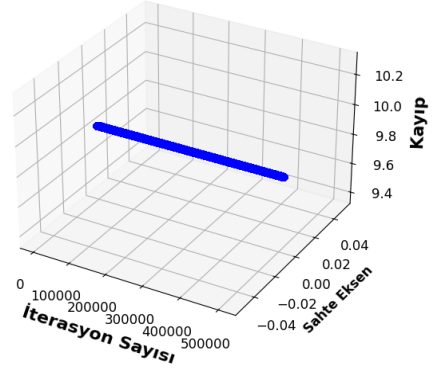
Çalışmada ışık, voltaj, sıcaklık ve nem parametreleri giriş, üretilen elektrik enerjisi miktarı çıkış parametresi olmak üzere toplam 634641 veriler beş farklı makine öğrenme algoritması ile eğitilmiştir. Eğitilen yapay zekâ modellerine ait kayıp grafikleri Şekil 11-14'de gösterilmiştir.

Linear Regresyon - Kayıp (Loss) Grafiği (3D)



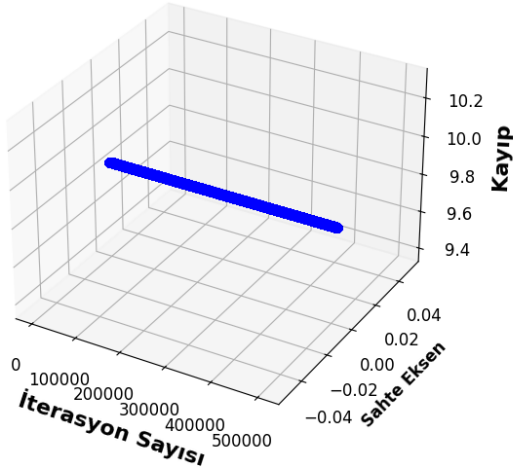
Şekil 11. Linear Regresyon Kayıp Grafiği

Ridge Regresyon - Kayıp (Loss) Grafiği (3D)



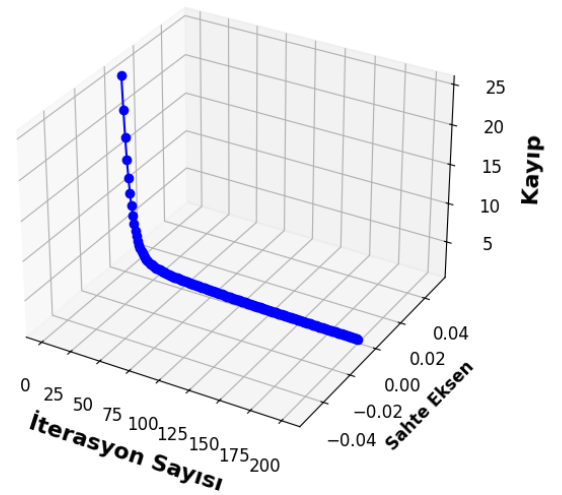
Şekil 12. Ridge Regresyon Kayıp Grafiği

Lasso Regresyon - Kayıp (Loss) Grafiği (3D)



Şekil 13. Lasso Regresyon Kayıp Grafiği

Gradient Boosting - Kayıp (Loss) Grafiği (3D)

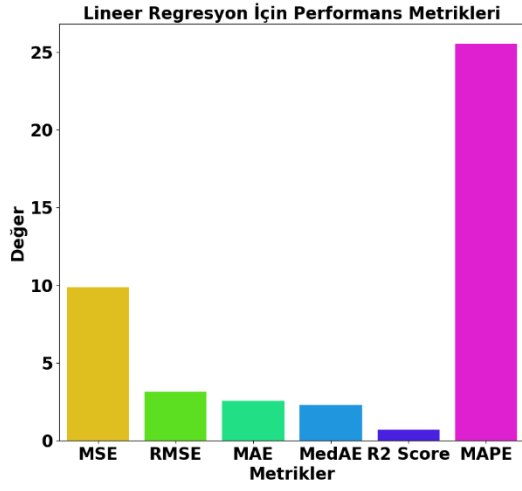


Şekil 14. Gradient Boosting Kayıp Grafiği

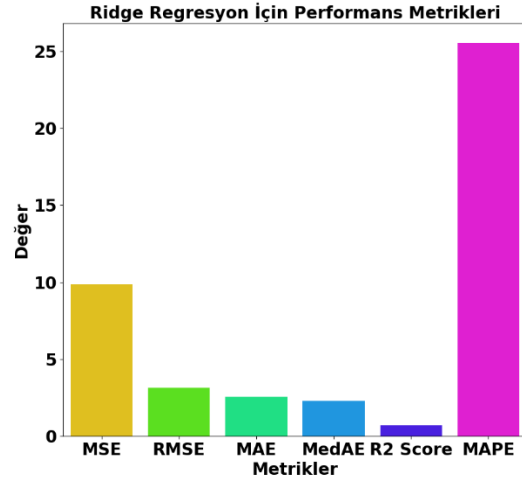
Rastgele Orman yapay zekâ modelinin eğitim sürecinde kaybın nasıl değiştiğini izlemek, modelin doğası gereği mümkün değildir. Çünkü eğitim süreci iteratif değildir ve her bir ağacın kaybı bağımsız olarak değerlendirilir. Çalışmada, Rastgele Orman algoritması haricindeki diğer algoritmalar olan Lineer Regresyon, Ridge Regresyon, Lasso Regresyon algoritmalarının kayıp grafiklerinde herhangi bir değişim gözlenmediğinden dolayı net bir biçimde sonuçlar izlenememiştir. Ancak Gradient Boosting algoritmasının grafiğinde 200 katmandan sonra kayıp olmadığı kayıp değerinin neredeyse sıfıra yakın bir değer olduğu tespit edilmiştir.

4.2 Yapay Zekâ Modellerinin Performans Değerlendirme Metrikleri

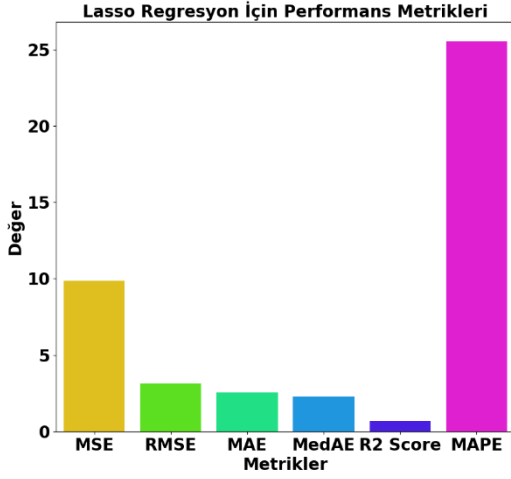
Çalışmanın ikinci aşamasında ise beş farklı yapay zekâ algoritmasının eğitimlerinden elde edilen sonuçlar MSE, MAPE, RMSE, MAE, MedAE, R^2 performans değerlendirme metriklerine göre grafikler oluşturularak aşağıdaki sonuçlar Şekil 15-19'da verilmiştir.



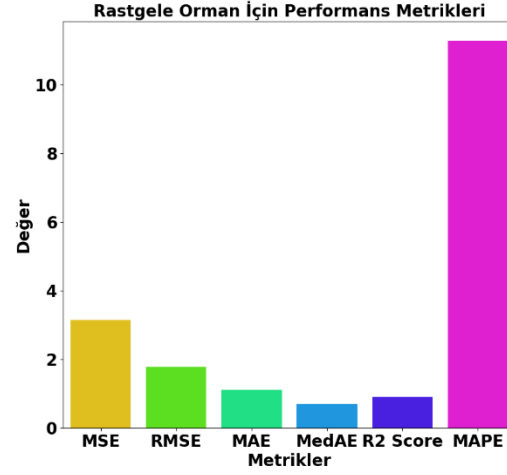
Şekil 15. Lineer Regresyon İçin Performans Metrikleri



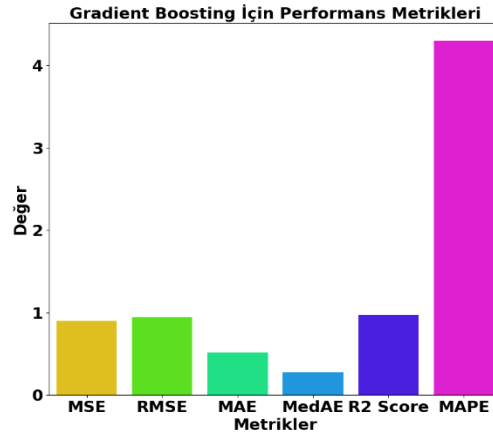
Şekil 16. Ridge Regresyon İçin Performans Metrikleri



Şekil 17. Lasso Regresyon İçin Performans Metrikleri



Şekil 18. Rastgele Orman İçin Performans Metrikleri



Şekil 19. Gradient Boosting İçin Performans Metrikleri

Çalışmada ilk olarak Lineer Regresyon yapay zekâ modeli eğitilerek performans değerlendirme metriklerine göre sonuçları Şekil.13'de gösterilmiştir. Şekil.13 incelendiğinde Lineer Regresyon modelinin MSE değeri 9.86, RMSE değeri 3.14, MAE değeri 2.56, Medyan mutlak hata değeri 2.27, MAPE %25.54, R² değeri %67.93 olarak elde edilmiştir. Lineer Regresyon modelinden elde edilen matematiksel ifade Denklem (7)'de gösterilmiştir.

$$Panel\ Voltajı = -5.74 + 0.20 \times Sıcaklık + 0.03 \times Nem + 0.02 \times Işık\ Değeri \quad (7)$$

Denklem incelendiğinde bütün sensörlerin pozitif etki yaptığı tespit edilmiştir. Tahmin etkisini en yüksek sıcaklık katsayısı (0.20) verirken en düşük etkiyi ışık değeri katsayısı (0.02) sağlamıştır.

Çalışmada ikinci olarak Ridge Regresyon yapay zekâ modeli eğitilerek performans değerlendirme metriklerine göre sonuçları Şekil.14'de gösterilmiştir. Şekil.14 incelendiğinde Ridge Regresyon modelinin MSE değeri 9.86, RMSE değeri 3.14, MAE değeri 2.56, MedAE değeri 2.27, MAPE değeri %25.54, R² değeri %67.93 olarak elde edilmiştir. Ridge Regresyon modelinden elde edilen matematiksel ifade Denklem (8)'de gösterilmiştir.

$$Panel\ Voltajı = -5.74 + 0.20 \times Sıcaklık + 0.03 \times Nem + 0.02 \times Işık\ Değeri \quad (8)$$

Çalışmada üçüncü olarak Lasso Regresyon yapay zekâ modeli eğitilerek performans değerlendirme metriklerine göre sonuçları Şekil.15'de gösterilmiştir. Şekil.15 incelendiğinde Lasso Regresyon modelinin MSE değeri 9.86, RMSE değeri 3.14, MAE değeri 2.56, MedAE değeri 2.26, MAPE değeri %25.53, R² değeri %67.91 olarak elde edilmiştir. Lasso Regresyon modelinden elde edilen matematiksel ifade Denklem (9)'de gösterilmiştir.

$$Panel\ Voltajı = -3.97 + 0.16 \times Sıcaklık + 0.02 \times Nem + 0.02 \times Işık\ Değeri \quad (9)$$

Çalışmada dördüncü olarak Rastgele Orman yapay zekâ modeli eğitilerek performans değerlendirme metriklerine göre sonuçları Şekil.16'da gösterilmiştir. Şekil.16 incelendiğinde Rastgele Orman modelinin MSE değeri 3.13, RMSE değeri 1.77, MAE değeri 1.11, MedAE değeri 0.70, MAPE değeri %11.27, R² değeri %89.80 olarak elde edilmiştir. Veriler incelendiğinde Rastgele Orman modelinin önceki 3 modelden çok daha yüksek doğrulukta tahminlerde bulunduğu görülmektedir.

Rastgele Orman yapay zekâ modelinde karar ağacı tabanlı yöntemler kullanıldığı için doğrusal bir denklem yazmak mümkün değildir. Çünkü bu yapay zekâ modeli verinin karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerini yakalamak için tasarlanmıştır. Bu sebeple bu modelin üzerinde makine öğrenimi için kullanılan özelliklerin önem derecesi Tablo 2'de listelenmiştir.

Tablo 2. Rastgele Orman Önem Derecesi

Işık Değeri	Nem	Sıcaklık
0.8926	0.0538	0.0536

Rastgele Orman modelinin analizine göre, 'Işık Değeri' özelliği, tahminlerde belirleyici bir rol oynamaktadır ve bu özelliğin önemi '0.8926' olarak ölçülmüştür. Buna karşın, 'Nem' ve 'Sıcaklık' özelliklerinin önemi sırasıyla '0.0538' ve '0.0536' olarak bulunmuş, bu da bu iki özelliğin modelin tahminlerinde nispeten düşük etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmada beşinci olarak Gradient Boosting yapay zekâ modeli eğitilerek performans değerlendirme metriklerine göre sonuçları Şekil.17'de gösterilmiştir. Şekil.17 incelendiğinde Rastgele Orman modelinin MSE değeri 0.90, RMSE değeri 0.95, MAE değeri 0.52, MedAE değeri 0.27, MAPE değeri %4.35, R² değeri %98.04 olarak elde edilmiştir.

Gradient Boosting yapay zekâ modelinde karar ağacı tabanlı yöntemler kullanıldığı için doğrusal bir denklem yazmak mümkün değildir. Çünkü bu yapay zekâ modeli verinin karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkilerini

yakalamak için tasarlanmıştır. Bu sebeple bu modelin üzerinde makine öğrenimi için kullanılan özelliklerin önem derecesi Tablo 3’de listelenmiştir.

Tablo 3. Gradient Boosting Önem Derecesi

Işık Değeri	Nem	Sıcaklık
0.8427	0.0825	0.0748

Gradient Boosting modelinin analiz sonuçlarına göre, 'Işık Değeri' özelliği tahminlerde en yüksek öneme sahip olup, bu özelliğin önemi '0.8427' olarak hesaplanmıştır. Buna karşılık, 'Nem' ve 'Sıcaklık' özelliklerinin önem dereceleri sırasıyla '0.0748' ve '0.0825' olarak bulunmuş, bu da bu özelliklerin model tahminlerinde daha az etkili olduğunu göstermektedir.

4.3 Çalışmada kullanılan Yapay Zekâ Modelleri Karşılaştırması

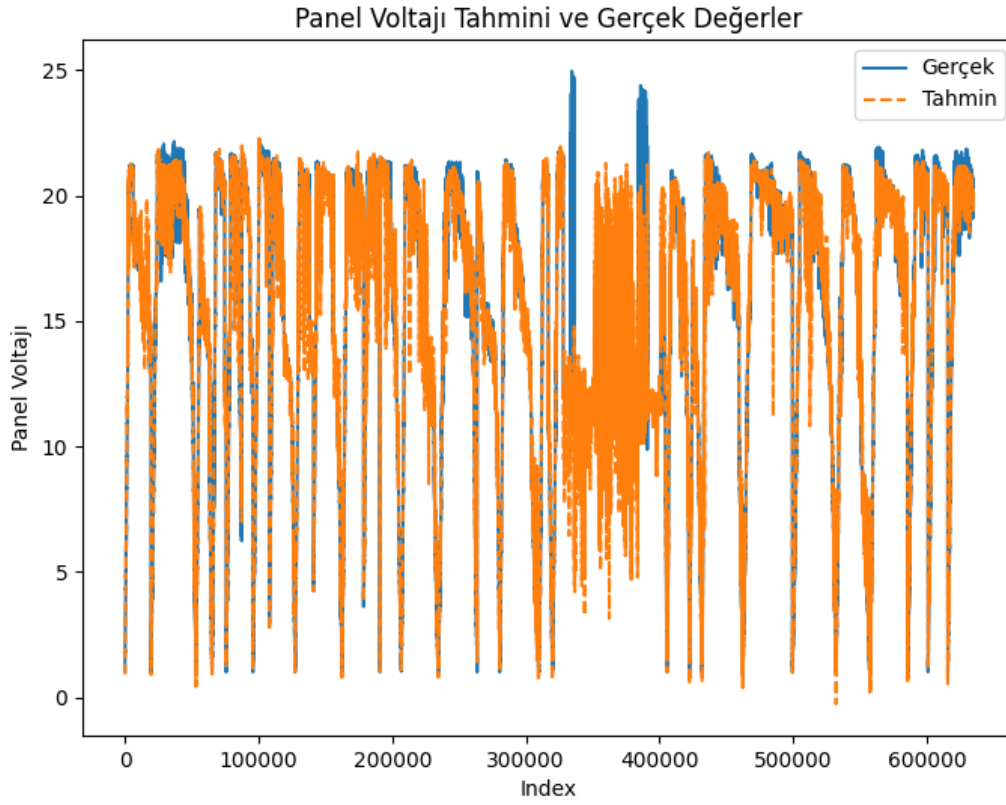
Çalışmada kullanılan beş makine öğrenme algoritmasından elde edilen sonuçlar Tablo 4’de verilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde en başarılı modelin R^2 performans değerlendirme metriğine göre %97,04 doğruluk oranı ile Gradient Boosting algoritması olduğu tespit edilmiştir.

4.4 Panel Voltajı Tahmini ve Gerçek Voltaj Değeri Grafiği

Çalışmada en başarılı yapay zekâ yöntemi olarak belirlenen Gradient Boosting yapay zekâ algoritması için örnek bir aya ait gerçek veriler ile tahmin değerlerine ait grafik Şekil 18’de verilmiştir.

Yapay Zekâ Modelleri- Performans Metrikleri Karşılaştırma Tablosu						
	MSE	RMSE	MAE	MedAE	MAPE	R^2 DEĞERİ
Lineer Regresyon	9,8613	3,1402	2,5652	2,2739	25,541	67,93%
Ridge Regresyon	9,8613	3,1402	2,5652	2,2739	25,541	67,93%
Lasso Regresyon	9,8677	3,1412	2,5683	2,2671	25,5316	67,91%
Rastgele Orman	3,1361	1,7709	1,1182	0,7002	11,2761	89,80%
Gradient Boosting	0,9098	0,9538	0,5233	0,2728	4,3506	97,04%

Tablo 4. Yapay Zekâ Modelleri-Performans Metrikleri Karşılaştırma Grafiği



Şekil 20. Panel voltajı Tahmini ve Gerçek Değerler Karşılaştırma Tablosu

5. SONUÇ

Günümüzde çevre kirliliği dünyanın en önemli problemlerinden birisidir. Özellikle elektrik enerji üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç gün geçtikçe artmaktadır. Önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi de güneşten elde edilen elektrik enerjisidir. Çalışmada prototip düzeyde hazırlanan bir sistem ile güneş enerjisinden elektrik elde edilerek üretim esnasındaki ısı, ışık, nem verileri toplanarak üretilen elektrik enerjisindeki etkin parametreler yapay zekâ yöntemleri ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmaya özgü oluşturulan özgü veri seti beş farklı yapay zekâ algoritması ile eğitilerek elde edilen sonuçlar MSE, MAPE, RMSE, MAE, MedAE, R^2 performans değerlendirme metriklerine göre değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan beş farklı yapay zekâ yönteminden Gradient Boosting yapay zekâ algoritması R^2 performans değerlendirme metriğinin %97,04 doğruluk oranı en başarılı model olarak tespit edilmiştir. Ayrıca bu doğruluk oranına ait matematiksel önem değerleri elde edilerek üretilen elektrik enerjisi miktarına giriş parametre etkisi belirlenmiştir. Bu parametrelerden ışık değerinin üretilen elektrik enerjisi değerine en çok etki eden parametre olduğu belirlenmiştir.

İlerleyen akademik çalışmalarda güneş enerjisinden elde edilen elektrik enerjisi için aşağıda maddeler halinde verilen öneriler dikkate alınarak yeni çalışmalar yapılması hedeflenmektedir.

- Modelin genelleme yeteneğini değerlendirmek için daha fazla farklı veri setleri üzerinde test yapılmalıdır.
- Çapraz doğrulama yöntemi kullanarak modelin verileri sadece ezberleme, ya da aşırı öğrenme(overfitting) yapıp yapmadığı kontrol edilebilir.
- Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlerin etkisi daha ayrıntılı bir şekilde incelenmeli ve modelin tahminlerini yönlendiren önemli faktörler belirlenmelidir.
- Modelin zaman içindeki performans değişimini anlamak için dinamik bir analiz yapılabilir.

- Bu öneriler, regresyon modelinin pratik uygulamalardaki etkinliğini daha da artırmak ve gelecekteki araştırmalara temel teşkil etmek amacıyla sunulmuştur.

6. TEŞEKKÜR

Çalışmanın gerçekleşmesinde 1919B012303682 numaralı proje ile maddi destek sağlayan TÜBİTAK'a teşekkür ederim. Ayrıca Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na teşekkür ederim.

7. KAYNAKLAR

- [1] Çetin, Ö., & Isık, A. H. (2022). Derin Öğrenme ile Güneş Enerjisi Santrallerinde Aylık Elektrik Üretim Tahmini. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(Ek (Suppl.) 1), 382-387.
- [2] Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji kaynakları–yenilenebilir enerji durumu. Mühendis ve Makina, 56(668), 36-47.
- [3] Master, E. (2011). Güneş panelleri için güneş takip mekanizmasının tasarımı (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).
- [4] Akal, D., & Umut, İ. (2022). Fotovoltaik Panellerde Güç Tahminlenmesi için Yapay Zekâ Yöntemlerinin Kullanılması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2), 435-445.
- [5] Pirim, A. G. H. (2006). Yapay zekâ . Yaşar Üniversitesi E-Dergisi, 1(1), 81-93.
- [6] Ozkahraman, M., Yılmaz, C., & Livatyali, H. (2021). Design and validation of a camera-based safety system for fenceless robotic work cells. Applied Sciences, 11(24), 11679.
- [7] Akoglan, C. (2024). Dil, Düşünce ve Turing: Davidson'ın Makine Zekâ sının Sınırlarına İlişkin Görüşleri. Felsefe Dünyası (79), 147-164.
- [8] Aylak, B. L., & Oral, O. (2021). Yapay zekâ ve makine öğrenmesi tekniklerinin lojistik sektöründe kullanımı. El-Cezeri, 8(1), 74-93.
- [9] Arslankaya, S., & Toprak, Ş. (2021). Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Algoritmalarını Kullanarak Hisse Senedi Fiyat Tahmini. International Journal of Engineering Research and Development, 13(1), 178-192.
- [10] Turgut, A., Temir, A., Aksoy, B., & Özsoy, K. (2019). YAPAY ZEKÂ YÖNTEMLERİ İLE HAVA SICAKLIĞI TAHMİNİ İÇİN SİSTEM TASARIMI VE UYGULAMASI. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 3(3), 244-253.
- [11] Güç, R. (2016). Bilecik ili için güneş enerjisi analizi ve yapay sinir ağları ile hava sıcaklığı tahmini (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- [12] Gün, Ali Rıza. (2023). Kısa Dönemli Fotovoltaik Güç Tahmini İçin Geliştirilen Yenilikçi Bir Hibrit Modelin Analizi ve Uygulaması. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik.
- [13] Reşat, H. G. (2020). Sürdürülebilir enerji yönetimi için yapay sinir ağları ve ARIMA metotları kullanılarak melez tahmin modelinin tasarlanması ve geliştirilmesi: Tütün endüstrisinde vaka çalışması. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 35(3), 1129-1140.
- [14] Macit Sezikli, N. (2023). Makine öğrenmesi yöntemiyle yenilenebilir güneş enerjisi üretiminin meteorolojik veriler kullanılarak tahmin analizi (Master's thesis, İstanbul Gelişim Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- [15] Akı, O., & Akal, T. T. DESTEK VEKTÖR REGRESYON (SVR) YÖNTEMİ KULLANILARAK HAFTALIK DÖNEMDE FOTOVOLTAİK PANEL ENERJİ TAHMİNİ.

[16] Yüzer, E. Ö., Bozkurt, A., & Barutçu, İ. Ç. (2023). FOTOVOLTAİK SİSTEM ÇIKIŞ GÜCÜNÜN YAPAY SİNİR AĞLARI VE MATLAB/SİMULİNK MODELLERİNİN ENTEGRASYONU İLE BELİRLENMESİ. *Mühendislik Bilimleri Ve Tasarım Dergisi*, 11(2), 551-563.

[17] Uğuz, S., Oral, O., & Çağlayan, N. (2019). PV Güç Santrallerinden Elde Edilecek Enerjinin Makine Öğrenmesi Metotları Kullanılarak Tahmin Edilmesi. *International Journal of Engineering Research and Development*, 11(3), 769-779.

[18] Aslan, S., & Yıldız, T. (2022). Makine öğrenmesinde rastgele oran ve sıralı küme örnekleme yöntemlerinin doğrusal regresyon modellerine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24(70), 29-36.

[19] Wang, F. K., & Mamo, T. (2020). Gradient boosted Regresyon model for the degradation analysis of prismatic cells. *Computers & Industrial Engineering*, 144, 106494.

[20] Çetiner, H., & Kara, B. (2022). Recurrent neural network based model development for wheat yield forecasting. *Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(16), 204-218.

[21] Shcherbakov, M. V., Brebels, A., Shcherbakova, N. L., Tyukov, A. P., Janovsky, T. A., & Kamaev, V. A. E. (2013). A survey of forecast error measures. *World applied sciences journal*, 24(24), 171-176.



Uzaktan Çalışma Yöntemi ve Bireysel Sosyalleşme: Çalışanların İş Ortamında Sosyal İlişkileri Üzerine Bir İnceleme*

Zeynep AKKUŞ¹

¹ Bağımsız Araştırmacı, İstanbul, TÜRKİYE
Sorumlu Yazar: zeynepbeyazyolakkus@gmail.com

DOI: 10.57120/yalvac.1561116

Öz: Çalışma şekillerinin değişmesiyle birlikte çalışma sınırlarının genişlemesi, iletişimin farklılaşması, iş-yaşam dengesinin değişimi, ekiplerin farklılaşması ve yönetim tarzında yeni bir döneme geçilmiştir. İş dünyasında salgın sonrasında yaygınlaşan yeni çalışma modelleri farklı bir bakış açısı kazandırmış ve çalışma sürecinde avantaja çevirmiştir. Öncelikle uluslararası firmalar olmak üzere yerli firmalar çalışma modellerini değiştirmiş ve teknoloji yatırımları başlamıştır. Microsoft Teams, Google Meet, GoToMeeting, Zoom vb. gibi teknolojik platformların kullanılması için firmalar tarafından eğitimler verilmiş ve aktif olarak kullanılmaya başlanmıştır. Uzaktan çalışma sistemine geçiş ile teknolojinin daha etkin kullanımı önemlidir. Araştırmaya katılan katılımcıların uzaktan çalışma ile ilgili olumlu görüşlerinin olmasına rağmen, bireysel sosyalleşme açısından sorun yaşadıkları gözlenmektedir. İş ortamları çalışanlar için sosyal etkileşim ve bağ kurmalarına destek olan iş ortamını sağlamaktadır. Firmalar için gizli olan bu bağ ekip performansını etkilemekte birlikte sosyalleşme açıdan da önemlidir. Araştırmada uzaktan çalışma yönteminin uzaktan çalışan kişiler üzerindeki etkileri özellikle de iş ortamında sosyalleşmeleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bunun için nitel araştırma yöntemi kullanılmıştır. Kartopu örneklem yöntemiyle veriler toplanmıştır. Araştırmada tekstil, iletişim, sağlık ve perakende gibi farklı üretim sahalarında çalışanlar ile görüşmeler yapılmış görüşmeler yapılmış ve veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler 2020 MAXQDA programı ile analiz edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda uzaktan çalışma yönteminin, çalışanın iş ortamındaki sosyal bağlarını ve ilişkilerini negatif etkilediği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Uzaktan Çalışma, İnovasyon, Teknoloji, Sosyalleşme, Performans*

Remote Working Method and Individual Socialization: A Study on Employees Social Relations

Abstract: With the change in working styles, the expansion of working boundaries, the differentiation of communication, the change of work-life balance, the differentiation of teams and a new era in management style have begun. New working models that have become widespread in the business world after the epidemic have brought a different perspective and turned it into an advantage in the working process. Domestic companies, primarily international companies, have changed their working models and technology investments have begun. Microsoft Teams, Google Meet, GoToMeeting, Zoom etc. Trainings have been provided by companies for the use of technological platforms such as and they have begun to be used actively. With the transition to a remote working

system, more effective use of technology is important. Although the participants in the study had positive opinions about remote working, it was observed that they had problems in terms of individual socialization. Work environments provide a work environment that supports social interaction and bonding for employees. This bond, which is secret for companies, affects team performance and is also important in terms of socialization. The research examined the effects of the remote working method on people working remotely, especially on their socialization in the work environment. For this purpose, qualitative research method was used. Data was collected using the snowball sampling method. In the research, interviews were conducted with employees in different production fields such as textile, communication, health and retail, and data was obtained. The data obtained was analyzed with the 2020 MAXQDA program. As a result of the study, it was revealed that the remote working method negatively affects the social ties and relationships of the employee in the work environment.

Keywords: *Remote Working, Innovation, Technology, Socialization, Performance*

1. Giriş

2020 de yaşanan salgın nedeniyle öncelikle yaşam koşulları, sonrasında iş modellerinde değişiklikler olmuştur. Çalışma koşullarının farklılaşmasıyla birlikte, değişim zorunlu hale gelmiş ve çıktıları tüm iş hayatına yansımıştır. Uzaktan çalışma ile birlikte yeni çalışma modelleri hayatımıza girmiştir. Salgın ile başlayan uzaktan çalışma modeli, verimliliğinin ön plana çıkması ile salgın sonrasında da devam etmiştir.

İş hayatında birçok işletme çalışma modellerini değiştirerek yeni çalışma modelleri arayışına girmişlerdir. Uzaktan çalışmanın ilk uygulamaya başlaması ile iş dünyası tarafından benimsenmiş ve çalışanlar için motivasyon kaynağı olmuştur. Uzaktan çalışma, rahatlığı ve özgürlüğü ile dikkat çekmiş ve çalışanlar tarafından benimsenmiştir. Çalışan personellerin, rahatlık ve özgürlüğü ifade ederken diğerleri için sosyalleşmeden uzak kalmak olarak ifade edilmektedir. Birçok çalışan için farklı yorumlanan uzaktan çalışma genel anlamda esneklik ve rahatlığı ifade etmektedir. Bu ifade çalışma ortamı, ücret, yöneticiye görüşleri ve benzeri sebeplerden dolayı farklılık göstermektedir (Erafşar, 2022, s. 290-316).

Uzaktan çalışma, çalışma koşulları açısından bir alanda ayrılmaktadır. Uzaktan çalışma yönteminde işverenin sağladığı olanaklar ve kurum içerisinde oluşturulan iletişim önemli rol oynamamaktadır. İş yerinde oluşturulan arkadaşlık, iletişim, duygusal ve sosyal bağ açısından önem taşımaktadır. Uzaktan çalışma çalışanlar açısından avantaj gibi görülse de sosyal hayattan uzak olduğu için toplumsal bir yabancılaşmaya neden olabilmektedir (Fu., 2012, s. 415-420).

Uzaktan çalışma kurumdan ve iş ortamından uzaklaşıp bireysel bir yalnızlığa neden olmaktadır. Kurum içerisindeki iletişimin az olması sebebiyle kuruma olan bağımlılığın da azaldığı görülmektedir. Uzaktan çalışma eksik sosyalleşmenin yanı sıra işletmeye sosyal bağlılık açısından da önemlidir. Araştırmada uzaktan çalışma yöntemi ele alınırken çalışma ortamlarında bireysel sosyalleşmenin artı ve eksileriyle inceleyerek literatür araştırması değerlendirilmiştir. (Atalay 2012, s. 900).

2. Uzaktan Çalışma Yöntemi ve Gelişim Süreci

Salgın öncesinde çalışma yerleri ve iş ortamı alanları olarak adlandırdığımız bölümler daha net ifade edilmekteydi. Çalışma kavramının değişmesi ile konaklama yerlerinde para kazanılmaya başlanması ile birlikte yeni bir dönem başlamıştır. Sadece konaklama yeri ile sınırlı olmayan çalışma alanlarına “uzaktan çalışma” ifadesi kullanılmıştır. Uzaktan çalışma kavramının yeni başladığı dönemlerde, uzaktan çalışma sistemiyle yeni tanışan kurumlar tarafından zorluklar yaşanmıştır.

Çalışanlar ve işverenler açısından uzaktan çalışma sisteminin anlaşılması ve uygulamaya başlanması ile birlikte çalışma hayatına girmiştir. Uzaktan çalışma sistemi ile daha esnek ve özgür bir çalışma ortamı sağlamaktadır. Bireysel olarak bağımsız, evden, istenilen yerden çalışılması olarak ifade edilebilir. Çalışma ortamının sadece ev olması gerekli değildir. Uzaktan çalışma yöntemi genellikle evden çalışma ile karıştırılarak aynı anlamda kullanılmaktadır. Kavramsal olarak evden çalışma, daha esnek olması nedeniyle benimsenmektedir. (Karakoyun, 2016, s. 139-160).

Günümüzde, dijitalleşmenin hız kazanması ve yeni teknolojilerinin etkisiyle yeni iş model ve iş uygulamaları, zaman ve mekân sınırları esneklik katarak yaygınlaşmaktadır. İşletmeler, giderlerini düşürmesi ve verimliliğini arttırması gibi nedenlerden dolayı çalışanlarını daha çok uzaktan çalışmaya yönlendirmektedir. 2020 yılının Şubat ayında Türkiye’de patlak veren salgın ile birlikte, iş dünyasında uygulamaya giren uzaktan çalışma uygulamaları, çalışma hayatı için yeni bir dönem olmuştur. Teknolojik gelişmeler ve dijitalleşme ile çalışma hayatına yeni bir döneme geçiş yapılmıştır.

3. Uzaktan Çalışmaya ve Literatüre Genel Bakış

2020 yılların başında yaygınlaşmış uzaktan çalışma terimi, dijital iletişim, bilgisayar bilimleri gibi kavramlar ile yeni dönemin başladığını ifade etmektedir. Çalışma yaşamında özgürlük kazandıran uzaktan çalışma kavramı yer sınırlandırılması olmaksızın serbest alanlarda çalışma imkânı vermektedir.

Çalışanlar açısından uzaktan çalışma ortamının oluşturulması için ağ bağlantısı ve gerekli alt yapı ile çalışma olanağı sağlanmaktadır. İşletmeler de çalışanların teknolojiye dair yeteneklerini tespit edilmeli, tespitler çerçevesinde eğitim düzenlenmeli ve teknolojik düzeneklerin oluşturularak verimli bir hale getirilmelidir. Uzaktan çalışma, zaman esnekliği sayesinde iş-yaşam dengesini netleştirir ve özel hayata daha fazla zaman ayırma konusunda esneklik sağlamaktadır. Uzaktan çalışmanın avantajlarının yanında dezavantajları ile ilgili çalışmaların literatürde yoğunlukla tartışıldığı görülmektedir (Bozkurt, 2020: 100-105).

Yeni çalışma modeli, iş dünyasında yaşam tarzlarının gündeme getirmeye başlamıştır. Özellikle bireysel Özellikle bireysel yaşam modelini destekleyen çalışma modeli insanları yalnızlık, bireysel motivasyon düşüklüğü, düşük performans gibi iş yaşamındaki enerjiyi düşüren konular gündeme getirilmiştir. Salgın özellikle bireyler üzerinde önce iş sonra özel hayatı olumsuz etkilediği görülmektedir (Tutar, 2007, s. 130-132). Uzaktan çalışma daha esnek olarak algılandığı da sürekli sisteme bağlanma zorunluluğu oluşturmakta ve çalışmada sürekliliği gereği çalışanları strese sokabilmektedir. Zamandan bağımsız ve esnek çalışma saatleri toplantılar çalışanlar üzerinde bitmeyen mesai kavramını oluşturmuş ve *online- zoom yorgunluğu* olarak ifade edilmeye başlamıştır (Rogers, 2020) . İşletmelerin alt yapı olarak hazırlanmaya yeterli süre olmaması nedeniyle için uygulamalar zamanla öğrenilmiş ve çalışanlar tarafından benimsenmiştir. Uzaktan çalışma geleneksel olan ofis ortamının farklılaşarak çalışma hayatında değişikliklerinin görülmesi olarak ifade edilmektedir (Remote Year,2020).

Uzaktan çalışmanın çalışanlar üzerinde; sosyal bozulma, düzensiz çalışma saatleri ve ekip ruhunun azalması gibi etkiler yaratarak işten ve çalışmadan soğumaya yol açtığı değerlendirilmektedir. Özellikle kadın çalışanların evde olması durumunda zorluk derecesi artmakta ve uzaktan çalışmanın olumsuz etkisi olarak değerlendirildiği öne sürülmektedir.

4. Yöntem

4.1. Araştırmanın Amacı

Araştırmada, uzaktan çalışma yönteminin katılımcılar üzerindeki etkilerini anlamak, onların bireysel sosyalleşmelerini ve bu yöntemin iş ortamındaki sosyal ilişkiler açısından avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymak amaçlanmaktadır. Katılımcıları bireysel sosyalleşmesini ve uzaktan çalışmanın iş ortamındaki sosyal ilişkileri açısından avantaj ve dezavantajlarını ortaya çıkarmaktır.

4.2. Araştırma Deseni

Bu araştırma, İstanbul'da özel sektörde tekstil, üretim, sağlık ve turizm alanlarında faaliyet gösteren işletmelerde çalışan bireylerin sosyalleşme ile ilgili görüşlerini ele alan nitel bir araştırma deseniştir. Veriler görüşme tekniği ile toplanmıştır. Fenomenoloji deseni kullanılmıştır. Fenomenoloji nitel bir metodoloji olup, yaşanan deneyim ve bilgilerin birlikte aktarılmasıdır. (Creswell, 2020, s. 86). Araştırmada veri toplama yöntemi olarak görüşme ve röportaj tekniği kullanılmıştır.

4.3. Araştırmanın Katılımcıları

Çalışma grubu özel sektörde çalışan 20 kişiden oluşmaktadır. Görüşmelerin verimli ve kaliteli olması için katılımcı grupları 25-40 yaş aralığından seçilmiştir. Araştırma sorularının iyi yorumlanması için deneyim açısından 2 yılı doldurmuş çalışanlar tercih edilmiştir. Örneklem kartopu tekniği kullanılarak hazırlanmıştır. Kartopu örneklem tekniğinde araştırmacı ve görüşmeci işbirliği ile çalışmaktadır. Araştırmaya dâhil edilen sektörlerin seçilme nedeni ise, iş sahasının geniş olması ve bu alanda örnek bir çalışma yapma fırsatı bulunmasıdır. Derinlemesine bir analiz yapılabilmesi amacıyla katılımcı sayısı 25 kişi olarak belirlenmiş ve bu kişilerin sosyalleşme açısından incelenmesi hedeflenmiştir.

4.4. Veri Toplama Araçları ve Verilerin Analizi

Çalışmada katılımcılardan verileri elde etmek için yarı yapılandırılmış görüşme formu oluşturulmuştur. Katılımcılar ile görüşme takvimleri oluşturulmuş ve görüşme formları toplanmıştır. Görüşmeler 2023 yılı Mart-Haziran aylarında tamamlanmış ve 40 dakika sürmüştür. Etik ilkeler gereğince katılımcılara önceden bilgilendirme yapılmıştır. Uzaktan çalışma uygulaması nedeniyle bazı katılımcılar ile zoom üzerinden görüşülerek görüşmeler gerçekleştirilmiştir. Görüşmelerde katılımcıların onayı ile ses kaydı alınmış ve kayıtlar tekrar dinlenmiştir.

Araştırmaya katılanların yaş, eğitim, cinsiyet, deneyim ile ilgili bilgileri alınarak araştırmada kullanılmıştır. Araştırmadaki verileri 2020 MAXQDA programına aktararak analiz edilmiştir. Elde edilen bilgiler manuel kodlar ve öne çıkan kodlar oluşturmuştur. 2020 MAXQDA sisteminde ana kod ve alt kodlar olacak şekilde belirlenmiştir. Kişisel verileri koruma kanunu kapsamında katılımcıların korunması amacıyla katılımcılar Z harfine numara verilerek kodlandırılmıştır. Araştırmada uzaktan çalışma yönteminde bireysel sosyalleşme ve çalışanların iş ortamlarındaki sosyal ilişkileri incelenmiştir. Araştırmada uzaktan çalışma yönteminin katılımcılara yansımalarını anlamak, katılımcıların sosyalleşmesi ve iş ortamındaki sosyal ilişkileri açısından avantaj ve uzaktan çalışmanın iş ortamındaki sosyal ilişkileri açısından avantaj ve dezavantajlarını ortaya çıkarmaktır.

4.5. Etik Kurul İzni

Yapılan bu araştırma Süleyman Demirel Üniversitesi Etik Kurulu tarafından 05.03.2024 tarihli 146/16 sayılı kararlar etik olarak uygun görülmüştür.

5. Araştırma Bulguları

Çalışmada katılımcılara ait eğitimleri, çalışanların sayıları, cinsiyetleri, yaş ve aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 1

Katılımcıların Demografik Bilgiler

Katılımcı Kodu	Cinsiyet (K/E)	Yaş	Eğitim
Z1	K	42	Lise
Z2	K	35	Lise
Z3	E	27	Lise
Z4	E	39	Lisans
Z5	K	34	Lise
Z6	K	42	Yüksek lisans
Z7	K	29	Lise
Z8	E	37	Ön Lisans
Z9	E	39	Lise
Z10	E	31	Ön Lisans
Z11	E	37	Lisans
Z12	E	28	Lisans
Z13	K	33	Yüksek lisans
Z14	E	28	Lise
Z15	E	30	Lisans
Z16	K	48	Lise
Z17	E	31	Lisans
Z18	K	28	Lisans
Z19	K	25	Lise
Z20	E	29	Ön Lisans

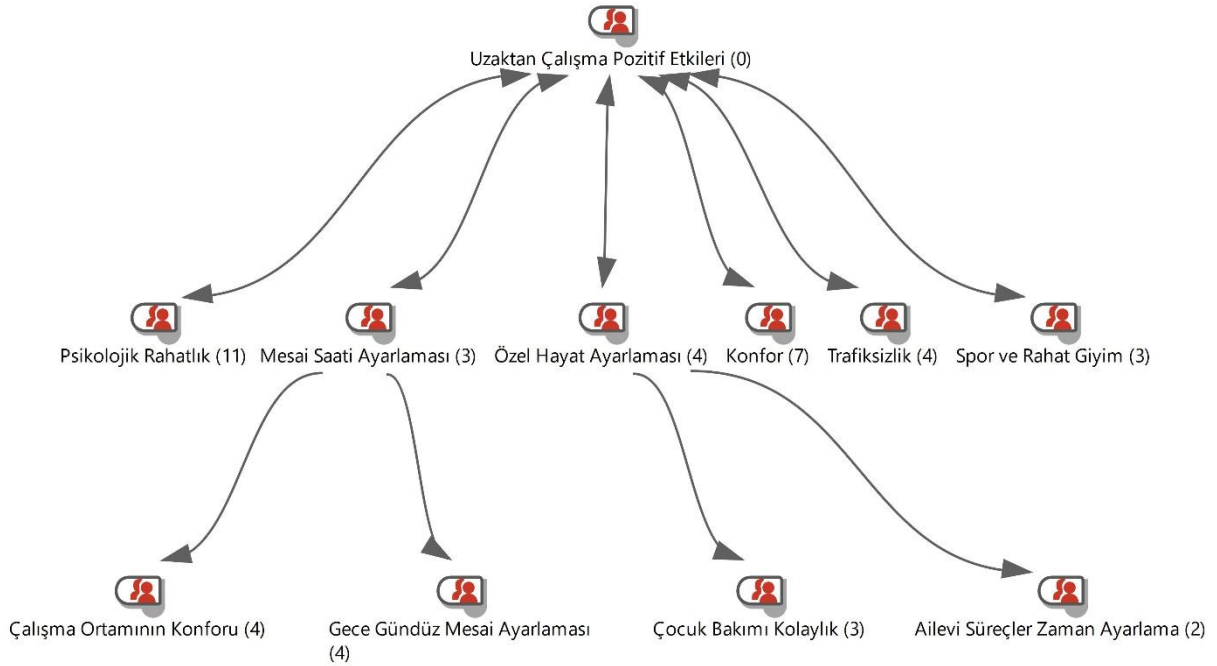
Tablo 1’de görüldüğü üzere katılımcıların 9’u kadın, 11’i erkektir. En küçük yaşa sahip olan katılımcı 25 iken, en büyüğü 48 yaşındadır. Katılımcılardan 9’u lise mezunu, 3’ü ön lisans mezunu, 6’sı ise lisans mezunu, 2’si ise Yüksek Lisans mezunudur.

Araştırmaya katılan katılımcıların görev tanımları ve yetkinlikleri analiz edilerek “*Meslek Dağılımı*” Tablo 1’de aktarılmıştır.

Tablo 2*Meslek Dağılımı*

Katılımcı Kodu	Meslek Dağılımı Kişi Sayısı
İnsan Kaynakları Departmanı	3
Arge	3
Üretim	2
Satış Uzmanı	2
Müşteri Temsilcisi	2
Muhasebeci	3
Bilgi İşlem	1
Dış Ticaret	4

Katılımcıların iş tanımlarına göre görev dağılımı, insan kaynaklarında 3 kişi, arge 3 kişi, üretim 2, satış uzmanı 2, müşteri temsilcisi 2 kişi, muhasebeci 3 kişi, bilgi işlem 1 kişi, dış ticarete 4 kişi olduğu görülmektedir.

Şekil 1*Uzaktan Çalışmanın Pozitif Etkileri*

Araştırmaya katılan katılımcılara birinci olarak uzaktan çalışmanın çalışma hayatında iş ve yaşam performansını nasıl etkilediği ve avantajları sorulmuştur. Katılımcılar uzaktan çalışmada pozitif etkilerini temasına Şekil 1’de yer verilmiştir.

Z1: “Satış uzmanı olarak çalışmaktayım. Uzaktan çalışmanın satış sektörünü için önemli olduğunu düşünmekteyim. Çalışma mekânını bazen ben bile ayarlayabilirim. Hatta müşteriyle dışarıda bile görüşüyoruz.”

Z12: “Uzaktan çalışma son dönemlerde çok fazla yayılmaktadır. Ama çalıştığımız kurumun görüşlerinin önemli olduğunu ve teknolojik alt yapının hazır olması gerekmektedir.”

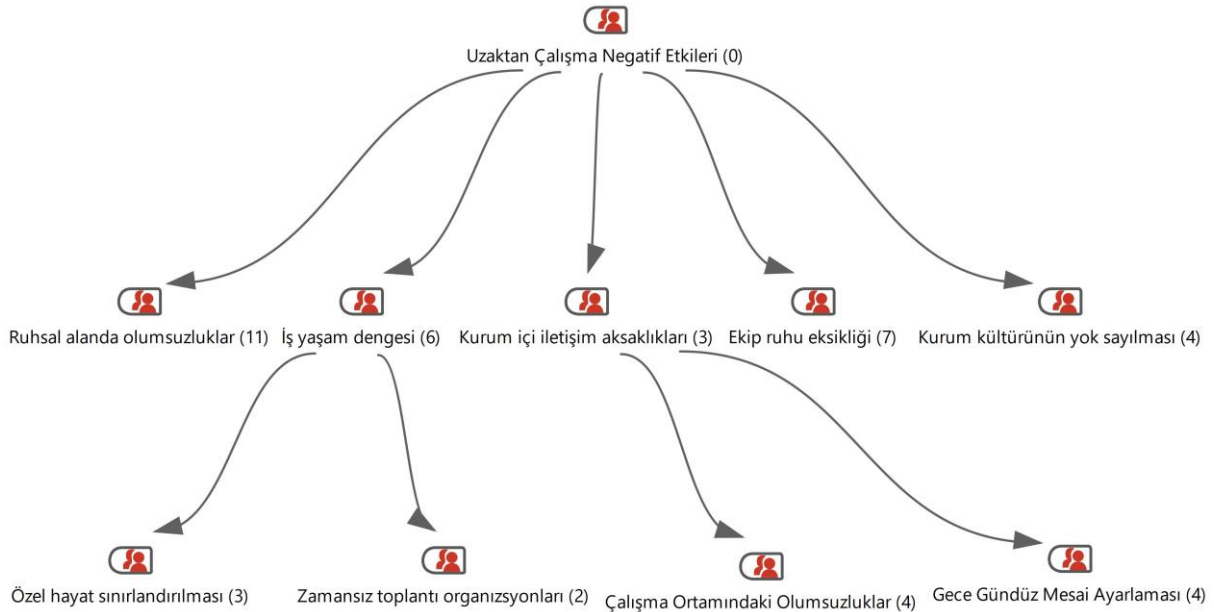
Z8: “Sektöre bağlı çalışma şekilleri tekrar gözden geçirilmeli ve kanunlar düzenlenmelidir. Uzaktan çalışma şekilleri gibi kanunları da değiştirmelidir. Özellikle özel hayata önem vermeye başladık. Çalışma ortamımıza biz karar verebiliriz.”

Z17: “Dünya farklı bir noktaya gidiyor. Özellikle salgın ile birlikte gündeme geldi. Teknoloji ve uzaktan çalışma değişimin başında gelmektedir. Uzaktan çalışma sayesinde işyerlerinde teknoloji ve kıyafet devrimi oldu. Teknolojiyi önce işyerleri öğrenmeli sonra çalışanlar.”

Z5: “Bazen özel işimiz olduğunda zaman ayırabiliyoruz ve daha sonra ilerleyen saatlerde telafi edebiliyoruz. Gerçi bu durum bazen gece ve gündüz dengesini bozmakta ama özel işler için verimli oluyor.”

Şekil 2

Uzaktan Çalışma Negatif Etkileri



Araştırmaya katılan katılımcıların uzaktan çalışma ile ilgili negatif görüşleri sorulduğunda 11 kez ruhsal alanda olumsuzluklar, 6 defa iş yaşam dengesi, 3 defa kurum içi iletişim aksaklıkları, 7 defa ekip ruhu eksikliği, 4 defa ise kurum kültürünün yok olmasının tekrarlandığı görülmektedir. İfadelerden bazıları aşağıda verilmiştir;

Z4: “Sürekli toplantıya girmekteyiz. Bir toplantıdan diğerine geçiyoruz ve işlerimi akşam yapmak zorunda kalıyoruz. İş yerinde olsak mesaiye kalmak gibi zor oluyor.”

Z13: “ Bazı ekip üyelerimiz iş yerine gidip ortamı kokluyorlar. Bu şekilde yöneticiler ile daha iyi iletişim kurmuş oluyorlar. Uzaktan çalışanlar sanki dışlanıyor ve ekip dışı gibi oluyor. Hani sigara içmeyenler firma dedikodularını bilmez ya onun gibi bir süreç oldu. Ekip ruhunu bozduğunu düşünüyorum.”

Z19: “ Özel hayat diye bir kavram kalmadı. Yöneticim gün içinde uzaktan çalışmadaki boşlukları zamansız toplantılar düzenleyerek rahatsız edilmekteyiz. Toplantı organizasyonlarında daha önce müsait olup olmadığımız sorulurdu ama uzaktan çalışmada hiç öneri alınmadan toplantı organize edilmektedir.”

Z2:” Uzaktan çalışma yüzünden yaratıcı düşünce tarzım gitmek üzeredir. Eskiden sürekli projeler üretir ve inovasyon peşinde koşardık. Şimdi ise teknoloji ne diyorsa onu yapıyoruz.”

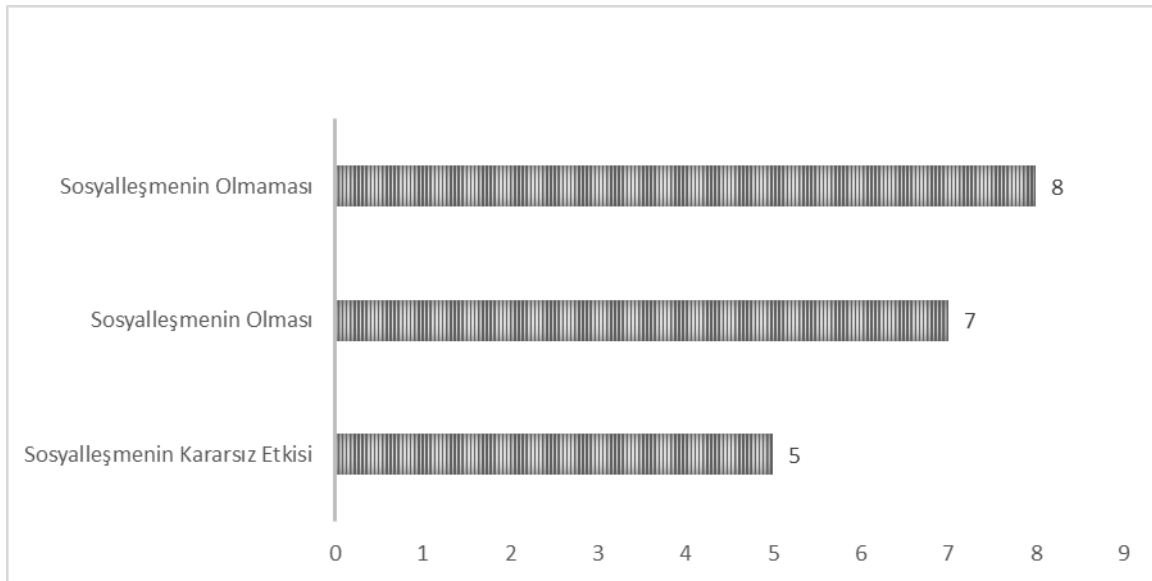
Z13: “ Herkesin evi müsait olmadığı içi bazı psikolojik sorunlar çıkmaktadır. Özellikle bu süreçte evden çalışma yüzünden boşanan arkadaşlarım oldu. Evde olunca eşi ile sürekli kavga etmek ve kendini işe verememektedir. Bazen evden çıkmak ruhsal açıdan daha sağlıklı oluyor.”

Z8: “Uzaktan çalışma ile birlikte çalışma yerindeki olumsuzlar eve taşınmış gibi oldu. Çalışma ortamında nasıl kümeleşme var ise uzaktan çalışma ortamında da kümeleşmeler olmaktadır. Özellikle toplantı zamanlarında insanlar ayrıca yazışma yaparak toplantıyı sabote edebiliyorlar. Aslında masadaki olumsuzluklar online ortama taşındı. Tek farklı online anlaşılıyor. Teknolojide yenilik olmalı ve bunun eğitimi verilmedir.”

Araştırmaya katılımcılara uzaktan çalışma ve sosyalleşme bakış açısının ile ilgili soru sorulmuştur. Verilen cevaplarda “Katılımcıların Uzaktan Çalışma Konusundaki Sosyalleşme Bakışı Kodlu- Temelli Frekans Grafiği” başlığı Şekil 3’de verilmiştir.

Şekil 3

Katılımcıların Uzaktan Çalışma Konusundaki Sosyalleşme Bakışı Kodlu- Temelli Frekans Grafiği



Katılımcıların uzaktan çalışma konusundaki sosyalleşme analizinde 8 kişinin uzaktan çalışmanın sonunda sosyal bir ortamdan sosyalleşmenin gözlenmediği, 8 kişinin sosyal ortamlarda olduğu, 5 kişinin ise sosyalleşmenin kararsız etkisi gözlenmiştir. İfadelerden bazıları şekildedir:

Z15: “ Çoğu zaman mesai bittiğinde görüşme imkânı olamamaktadır. Şayet bir konu var ise telefon ile görüşüyoruz.”

Z8: “Uzaktan çalışma olduğu için yeni işe başlayan birçok kişiyi tanımıyorum. Farklı departman da olursa hiç tanımıyorum. Sadece yeni gelen kişileri duyurulardan takip ediyoruz”

Z16: “ Firmada çalışan kişileri tanımıyorum. Bir organizasyon olunca görme fırsatım oluyor. O zaman da aidiyet olmuyor.”

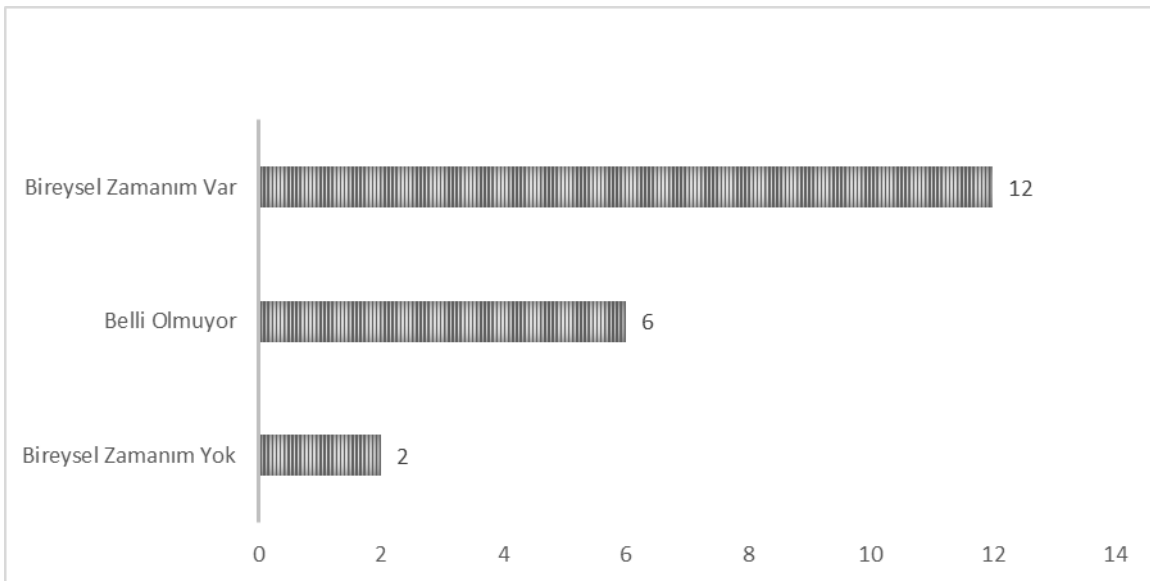
Z11:“Ekip üyelerinin çoğunu tanımıyoruz. Ofis günlerinde belki görüşürüz diye düşündüğümde vardiyalarımız uymuyor. Sosyalleşme imkânı bulamıyoruz aslında birbirimizi de tanımıyoruz.”

Z6: “ Aynı şirkette 8 yıldır çalışmaktayım. Salgın öncesindeki çalışma arkadaşlarımla hala görüşüyorum. Salgın sonrasında kimseyi tanımıyorum. Tanımadığım birçok kişi var. Bazen firma yemekleri oluyor ama birbirimizi tanımadığımız için sosyalleşme olmamaktadır.”

Araştırmaya katılan katılımcılara dördüncü olarak bireysel zaman algıları ve bireysel keşifleri sorulmuştur. Doğru sosyalleşme için kendilerini tanıma algısının belirlenmesi amaçlanmıştır. Sorulan soru ile “ Bireysel Zaman Algısı Kodlu Bölüm Temelli Frekans Grafiği” Şekil 4’te yer verilmiştir.

Şekil 4

Bireysel Zaman Algısı Kodlu Bölüm Temelli Frekans Grafiği



Katılımcılara bireysel zaman algısı sorulduğunda 12 kişi bireysel zamanının olduğunu, 6 kişi bireysel zamanının belli olmadığını, 2 kişi ise bireysel olarak kendisine hiç zaman ayırmadığını belirtmiştir. Katılımcıların çoğu bireysel zaman konusunda kendilerine zaman verdikleri yönündedir. Uzaktan çalışma sayesinde ulaşım ve bireysel bakım ile ilgili çok zaman harcamadıkları için vakitten tasarruf ettiklerini belirtmişleridir. Katılımcıların ifadelerinde;

Z11: “Uzaktan çalışma sayesinde hiç makyaj yapmıyorum. Özellikle giyim konusunda çok tasarrufum oldu. Sadece maddi değil zaman anlamında da tasarruf ediyorum.”

Z3: “Büyükşehir de yaşadığım için trafik çok büyük bir sorun. Özellikle uzaktan çalışma ile trafikte geçecek zaman bana kalmaktadır. Hem stresi hem de maddi kayıplarını düşünürsek bana avantajlı gelmektedir. Zaman bana kalmaktadır.”

Z16: “ Uzaktan çalışma sayesinde teknoloji öğrendim. Yoksa geride kalacaktım ”

Z17: “Belli aralıklarla değişkenlik göstermektedir. Zaman ayırdığım ya da ayırmadığım zamanlar oluyor. Bazı dönemlerde o kadar çok işim oluyor ki kendimi kaybediyorum. Bazen de vakit buluyorum. Aslında işin yoğunluğu ile ilgili oluyor.”

Z19: “ Zaman kalıyor ama bana gelene kadar zaman kalmıyor. Sürekli farklı bir iş çıkıyor ve onun peşinde oluyorum. Çocuğun okulu, kursu, alışveriş derken uzaktan çalışmada kalan zaman etrafıma harcıyorum ne yazık ki..”

Z1: “Büyükşehir insanın en büyük sorunu trafik olunca haklı olarak trafikte geçmeyen zaman kazanım olarak görülmektedir.”

Z4: “Uzaktan çalışma yapınca çevrem çalışmadığımı düşünüyor. En önemlisi de eşimden aldığım tepkidir. Evin işlerini sürekli bana yüklüyor. Ofiste olsam bu durum değişebilir diye düşünüyorum.”

Katılımcılara uzaktan çalışma ile ilgili sorular sorulduğunda verilen cevaplara istinaden birtakım analizler yapılmıştır. Analizler çerçevesinde kelime frekans analizi oluşturulmuştur. Kelime frekansında “*Uzaktan Çalışma Yönteminde Bireyin Sosyalleşmesi Üzerindeki Etkileri*” ne yönelik anahtar kelimeler belirlenmiştir. Kelime bulutu Şekil 5’de gösterilmektedir.

Şekil 5

Kelime Bulutu



Katılımcılara uzaktan çalışma ile ilgili kelime frekans analizinde “ uzaktan çalışma (94), toplantı(72), mesai(65), bireysel(63), sosyalleşme (54) kelimeleri kullanılmıştır. Çalışmada en çok frekans uzaktan çalışma kelimesi en çok vurgulanmaktadır. Stres (45), zaman (32), zorluk (31), fırsat (25), ekip(24) ifadeler de yoğun şekilde kullanılmıştır.

6. Sonuç ve Öneriler

21. yüzyılda modern iş hayatındaki yeniliklerle birlikte yeni çalışma modelleri iş dünyasına girmiştir. Yeni modellerden birisi olan uzaktan çalışma modeli iş hayatında büyük bir dönüşüme neden olmuştur. Uzaktan çalışma modeli, salgın ve uzaktan çalışma teknolojilerinin gelişimi gibi etkenlere bağlı olarak gelişmiş ve salgınla birlikte yaygınlaşmıştır (Acar, 2020, s. 480). İnsan sağlığının birinci sırada olduğu salgın döneminde, uzaktan çalışma hem işveren hem de çalışan için birden fazla anlam barındırmaktadır. Hem çalışan açısından, hem de işveren açısından birçok kalemde tasarrufu yansıtmaktadır. Çalışmanın yapıldığı sektördeki meslek gruplarının aktarımına göre satış danışmanı ve müşteri temsilcilerinin diğer mesleklerden daha fazla iletişim kurdukları görülmektedir. Araştırma sorularında satış danışmanı ve müşteri temsilcilerinin birbiriyle örtüşen cevaplar verdiği gözlenmektedir. Ortaya konulan analizlerde uzaktan çalışmanın en pozitif yönü olarak zaman yönetiminde esnek olması, dış etkilerden korunma fırsatı, konforlu bir çalışma ortamının ve en önemlisi aile ile daha uzun süreler birlikte olma avantajı olduğu tespit edilmiştir. Büyükşehirdeki en büyük sorunlardan biri olan trafik sorununu çözmek için önemli bir fırsat sunulmuştur. Uzaktan çalışma avantajları göz önüne aldığımız zaman tercih edilen bir çalışma modeli olmaktadır. Uzaktan çalışmayı avantaj olarak gören Türkmenbaş'ın (2020) yaptığı çalışmada çalışan için birçok avantajı öne sürmüştür. Özellikle giyimde özgürlük ve stresin olmadığı bir yaşam tarzının mevcut olduğunu belirtmişlerdir. Negatif açıdan değerlendirildiğinde ise, çalışanlar arasında iletişimdeki yetersizlikler, fiziksel ve psikolojik yönden olumsuzluklar, çalışma yerine karşı aidiyet hissini zayıflaması, özel yaşam ve iş hayatı arasındaki çizgilerin bulanıklaşması olarak ifade edilmektedir (Akıncioğlu, 2020, s. 10).

Uzaktan çalışma planının hayata geçmesi için birden fazla bileşenin aktif olması gerekmektedir. Çalışanların uzaktan çalışma sistemine uyum yeteneğinin olması ve işveren tarafından teknolojinin takibi ve uygulanabilirliği oldukça önemlidir.

İnovasyon, teknoloji ve uzaktan çalışma arasında güçlü bir bağ bulunmaktadır. Sosyalleşmenin eklenmesi, çalışma koşullarını daha yenilikçi ve idealist bir perspektiften yansıtarak, bireylerin iş yaşamında daha tatmin edici ve verimli bir deneyim elde etmelerine katkı sağlanmaktadır. Uzaktan çalışma sisteminde inovasyon ve teknolojinin kullanımı ile işvereni olumlu etkilemiştir. Çalışma sisteminde teknoloji ve dijitalleşmeyle artan teknoloji kullanımından dolayı uzaktan çalışmada maliyet tasarrufu sağlamıştır. Teknolojik uyum sürecinde eğitimler verilmeli ve çalışanlar açısından uzaktan çalışmayı desteklemelidir. Katılımcılar, uzaktan çalışmanın inovasyon üzerindeki etkisi konusunda eleştirel bir bakış açısına sahiptir. Araştırmada uzaktan çalışma sistemi inovasyon sürecini olumsuz etkilediği görüşü bildirilmiştir. Teknolojinin sınırsız kullanımı “uzak inovasyon” yapılmasına sevk etmiş ve ruhunun olmadığı belirtilmiştir.

Araştırmanın bulgularına göre, uzaktan çalışma sistemi hazırlık yapılmadan ve aniden uygulanması sistem sorunlarını ortaya koymaktadır. Uzaktan çalışma sisteminde alt yapı ve sosyal sistemde olan eksiklikler için uygulama aşamasında bazı çözümler tavsiye edilebilir. Öneri olarak şirketlerde çalışan personeller için psikoloji ve iletişim aktivitelerinin artırılması gelmektedir. Firma tarafından ücretsiz olarak organize edilecek olan aktiviteler online sistemde ve canlı sistemde gerçekleştirilebilir. Örnek olarak; çalışanlar için zihin ve bedeni dinlendirme programları, duygu paylaşım grupları, yoga ve egzersiz programları, kariyer gelişim atölyeleri ve sanat terapisi gibi ücretsiz programlardan yararlanabilir.

Sonuç olarak değerlendirildiğinde firmalar hedefleri ve sistem alt yapıları gözden geçirmelidir. Uzaktan çalışma ile ortaya çıkan sorunlar ile baş etmek için haftanın ve ayın belirli günlerinde hibrit ve ofis ortamında çalışma organize edilebilir. Sosyalleşmenin ve kuruma olan bağlılığın çalışanlar tarafından arttığını izlenebilir. Ekip üyeleri arasındaki sosyal denge için, departman içerisinde stratejiler ve sonuçlar paylaşılmalıdır. Firma tarafından ekip üyeleri belirli takvimler ile bir araya gelerek (yüz yüze) geri bildirim mekanizma programları düzenlenebilir.

Uzaktan çalışma sistemi fiziksel sıkıntıların giderilmesi için işveren tarafından imkânlar sağlanmalıdır. İşçi sağlığı ve güvenliği kapsamında ofis ortamında sağlanan birçok araç gereç uzaktan çalışma ortamında da sağlanmalıdır. Ayrıca uzaktan çalışmada sosyalleşmeyi olumsuz etkileyen bir madde ise; uzun çalışma saatlerinin sonunda molaların kullanılmadığı aktarılmıştır. Mesai saatlerinin uzaması ve bitmeyen toplantılar uzaktan çalışmaya negatif bir etki yaratmaktadır. Uzun süren çalışma saatleri çalışanları sosyalleşmelerini ve bedensel sağlıklarını olumsuz etkilemektedir. Uzaktan çalışmada sosyal ilişkileri artırmak aynı zamana aidiyet ve performansı da olumlu etkilemektedir. Daha esnek sosyal etkileşim alanları oluşturularak çalışanlar arasında motivasyon sağlanmış olur.

Araştırmanın sonucunda, uzaktan çalışma yönteminin sosyalleşmeye negatif bir etki yaptığı gözlenmektedir. Uzaktan çalışma sisteminin, ekip ruhunu zedelediği ve performansı olumsuz etkilediği görülmektedir. Uzaktan çalışmanın en önemli negatif etkisi ise sosyalleşme sorunu olduğu göstermektedir. İletişimdeki boşluklar, motivasyon kaybı ve bağlılık problemleri uzaktan çalışmanın en önemli başlıkları olarak belirlenmiştir. Ekip

ruhunun oluşmasının en önemli sebebi olarak çalışanların sosyal bağlarının olmaması ve ekip üyelerini tanımamasından gelmektedir. Aralarındaki bağ e-posta yoluyla kurulmakta ve sanal bir duygu yönetilmektedir. Şirket kültürü bünyesinde oluşturulacak organizasyonlar ve aktiviteler sayesinde çalışanlar arasında bağ kurularak sosyalleşme artacaktır. Katılımcıların bir bölümü uzaktan çalışmayı olumlu olarak anladıklarını belirtse de; çoğunluğu uzaktan çalışmanın sosyal anlamda bireyi olumsuz etkilediğini paylaşmıştır. Araştırma verileri de bu yönde bulunmaktadır.

Uzaktan çalışma sistemi maliyetler açısından düşüldüğünde işverenler tarafından olumlu karşılanmaktadır. Çalışanlar için ise sosyal anlamda olumsuz bir çalışma şekli olarak ifade edilmektedir. Uzaktan çalışma birey üzerinde sosyal ortamlarda yaşadıkları endişe ve korkuyu arttırdığı ifade edilmektedir. Sosyal ortam korkusunun artması ile ofis ortamında tekrar çalışma olanağı ile bireyde sıkıntılar yaşanabilmesi ön görülmektedir. Çalışanlar için iş değişikliği sonunda oryantasyon sürecinin zorlu olduğunu düşünerekten, uzaktan çalışmadaki tek kişi olarak çalışmanın sonucunda sosyalleşmek daha da karmaşık hale gelecektir. Uzaktan çalışmanın çalışanlar üzerinde sosyal etkisinin negatif etkilerini azaltmak için sosyal aktivitenin artırılması ve hibrit sisteminde kullanılması önerilmektedir. İşbirliğine dayalı hedef odaklı projeler çalışanlar ve firma arasında bağların derinleşmesine yardımcı olabilir. Araştırmanın sonuçları ve önerileri, gelecekteki çalışmalar için faydalı bir kaynak teşkil etmesi beklenmektedir

Kaynakça

- Acar, A. C. (2020). COVID-19 krizinin istihdam ve çalışma yöntemlerine etkisi. Şeker, M., Özer, A., & Korkut, C. (Ed.). *Küresel salgının anatomisi insan ve toplumun geleceği* içinde (s. 480), Türkiye Bilimler Akademisi.
- Akincioğlu, R. (2020). *İnsan kaynakları aktiviteleri ve karlılık arasındaki ilişkinin incelenmesi: BIST-100 şirketleri üzerine bir araştırma*. [Yüksek Lisans Tezi]. Kırklareli Üniversitesi.
- Atalay, A. (2012, Nisan12-15). *Bireylerin sosyal algı ve sosyalleşme düzeylerinin gelişiminde rekreasyonel uygulamaların önemi*. Antalya: I. Rekreasyon Araştırmaları Kongresi Bildiri Kitabı, 900
- Erafşar, R. B. (2022). Türk iş hukukunda evden çalışma. *Yıldırım Beyazıt Hukuk Dergisi*, (1), 290-316.
- Bozkurt, V. (2020), "Working During a Pandemic: Economic Concerns, Digitalization, and Productivity", *The COVID-19 Pandemic and Its Economic, Social, and Political Impacts*, 100-105.
- Creswell, J. W. (2020). *Nitel araştırma yöntemleri: Beş yaklaşıma göre nitel araştırma ve araştırma deseni*, (Çev. Ed: Bütün, M. & Demir, S.B.). Siyasal Kitabevi.
- Fu, M., Kelly, J. A., Clinch, J. P., & King, F. (2012). Environmental policy implications of working from home: Modelling the impacts of land-use, Infrastructure and Sociodemographics. *Energy Policy*, 47, 415-420.
- Karakoyun, F. (2016). Home ofis-evden çalışma-yöntemi ve vergi hukukundaki düzenlemeler. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 12(29), 139-160.
- Tutar, H. (2007). Katı olan her "iş" sanallaşıyor veya işgörenin artan yalnızlığı üzerine: Kuramsal bir yaklaşım. *İş Güç The Journal of Industrial Relations and Human Resources*, 9(2), 130-132
- Rogers, Y. (2020), "Is Remote the New Normal? Reflections on Covid-19, Technology, and Humankind", *Interactions*, Vol. 27, No. 4, 40-42.
- Remote Year. (2020). What is remote work? <https://www.remoteyear.com/blog/what-is-remote-work> Erişim Tarihi: 2.08.2021.



Yalvaç Akademi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/yalvac>

COMPARISON OF SPATIAL RELATIONS IN *MENZİL* COMPLEXES ON THE HISTORIC ROUTES OF ANATOLIA

Funda Gençer 

Manisa Celal Bayar University, Faculty of Fine Arts, Design and Architecture, Department of Architecture, Manisa, Turkey

Sorumlu Yazar: funda.gencer@cbu.edu.tr

DOI: 10.57120/yalvac.1538297

Abstract: *Menzil* Complexes were constructed at the crossroads of significant trade routes since the Anatolian Seljuk period. These social structures promoted the growth of cities, facilitated commerce, and ensured safety in the Ottoman period. In the design of *menzil* complexes, it is critical to thoroughly examine the interconnections and interactions between commercial, residential, religious, and educational spaces. The study aims to determine the relationship between the functions in the *Menzil* complex by Visibility Graph Analysis (VGA) connectivity (the connection between spaces) and through vision (movement path) analysis. In this way, the position and significance of the different functions in the design of the *menzil* complexes, established to promote urban development and trade, will be determined. The method of the study consists of two steps. In the first step, the functions of the spaces and the transitions between spaces were identified. In the second phase, the relation between the spaces that have different functions is investigated with the VGA connectivity, and through vision analysis by DepthMapX 0.8.0. As a result, it is seen that the complexes could be designed with different sizes and functions depending on the budget determined for their construction as well as the characteristics of their nearby surroundings. The plan organization of the complexes is not similar in terms of their region and route, however, the primary targets about the spatial relations and usage of architectural elements in all complexes are conserved. Ensuring spatial relationships while protecting the main design ideas in different plan organizations shows the development of the architectural planning approach of that period.

Keywords: *Menzil* Complexes, Visibility Graph Analysis, Plan Organization.

ANADOLU’NUN TARİHİ GÜZERGAHLARINDA YER ALAN MENZİL KÜLLİYELERİNİN MEKÂNSAL İLİŞKİLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Özet:

Menzil Külliyesi, Anadolu Selçuklu döneminden itibaren önemli ticaret yollarının kavşağında inşa edilmiştir. Bu sosyal yapılar Osmanlı döneminde şehirlerin büyümesini teşvik etmiş, ticareti kolaylaştırmış ve güvenliği sağlamıştır. Külliyelerin tasarımında ticari, konaklama, dini ve eğitim mekanları arasındaki ilişkilerin analitik olarak incelenmesi ve mekanların ilişkisini belirleyen ilkelerin ortaya çıkarılması önemlidir. Çalışma, menzil külliyelerindeki farklı fonksiyonlar arasındaki ilişkiyi Görüş Grafiği Analizi (VGA) bağlantısallık (mekanlar arası bağlantı) ve görsel algı (dolaşım rotası) analizi yoluyla belirlemeyi amaçlamaktadır. Böylece kentsel gelişmeyi ve ticareti teşvik etmek amacıyla kurulan *menzil* külliyelerinin tasarımında farklı fonksiyonların konumu ve önemi belirlenecektir. Çalışmanın yöntemi iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada yapılarıdaki mekânların fonksiyonları ve mekânlar arası geçişler belirlenmiştir. İkinci aşamada, DepthMapX 0.8.0 yazılımı kullanılarak farklı işlevli mekânlar arasındaki bağlantısallık ve dolaşım rotası incelemiştir. Çalışmanın sonucunda, külliyelerin inşa edildiği alanın çevresel ve topografik özelliklerinin yanı sıra inşası için ayrılan bütçeye göre farklı boyutlarda ve işlevlerde tasarlanmış olduğu görülmüştür. Külliyelerin plan organizasyonları bölgeye veya rotaya göre benzerlik göstermemiş, ancak tüm külliyelerde mekânsal ilişki ve mimari eleman kullanımı ile ilgili ana kararlar korunmuştur. Farklı plan organizasyonlarında mekânsal ilişkilerin ana tasarım kararlarını koruyarak sağlanması, o dönemin mimari planlama yaklaşımının gelişimini göstermektedir.

Anahtar sözcükler: Menzil Külliyesi, Görüş Grafiği Analizi, Plan Organizasyonu.

1. INTRODUCTION

The *Ulak* system was a postal or communication organization that existed in the early Ottoman period. With the institutionalization of the *ulak* system, the *menzil* organization was established in the mid-sixteenth century. [1]. *Menzil*, literally means a place where one breaks or stays to rest during a journey, is a form of transportation-based communication [2, 3]. The Ottoman Empire built different structures along the main Anatolian and Rumelia *menzil* routes like small bridges, fountains, wells, *hans*, and *menzil* complexes. Although *menzil* complexes were residential buildings situated along the interstate roadways, certain facilities were also offered to pilgrims, traders, tourists, and even those with military training to make their stay more comfortable and secure. These social buildings promoted the growth of the cities, facilitated commerce, and ensured safety. Caravanserais (a large *han* built for the accommodation of caravans on the main roads) and *arastas* (a bazaar is a group of stores arranged in rows along an open or closed axis, where traders sell similar goods in Ottoman architecture) are crucial components of *menzil* complexes [3-4]. The creation of *menzil* complexes in the sixteenth century was greatly influenced by roadways' topographical factors. *Menzil* complexes are located on main roads, in addition to existing settlements, or in the areas called *Derbent* [4].

There are some critical roads in Anatolia and Rumelia in the Ottoman period. Most of the roads followed the ancient routes. In the Roman and Byzantine eras, roads in the Anatolian

peninsula were divided into three primary directions: north, south, and center. The development of Anatolia routes continued in the Seljukid period [5]. In the Ottoman Empire, the routes were divided into three main roads in Anatolia and Rumelia. These were called "right, middle, and left branches" [3]. Among the Ottoman roads, two routes are particularly noteworthy. The first is the middle branch in Rumelia, the main road extending from Istanbul to Belgrade. The second route is the right branch in Anatolia, or, in other words, the pilgrimage route. The Romans used the Rumelia Middle Branch before the Byzantines and the Ottomans. On the road that shaped the Ottoman conquests in Rumelia, various *Menzil* complexes were built to increase the commercial and political importance of the road [6-7]. The second critical route is the Anatolian Right Branch, alternatively referred to as the Istanbul-Holy Land Road. This road served as a multifunctional main road for military, commercial, communication, and pilgrimage purposes. The Right Branch primarily functioned as a route for religious pilgrimages [3]. Pilgrim convoys, commercial travelers, and military supply chains derive advantages from utilizing these routes [8]. Thus *menzil* complexes have different functions such as *arasta*, caravanserais, *tabhane* (a place of rest in the Ottoman period), *imaret* (a place where large amounts of meals are cooked, distributed and eaten for those staying in the social complex and the needy people in the surrounding area), *bedesten* (an Ottoman covered bazaar covered with equally sized domes selling valuable goods), *medrese* (a school graded between secondary and higher education where Islamic and other sciences are generally taught) and *sıbyan mektep* (a primary education school where children learn how to read the Quran and pray) [3, 9, 10]. There are many studies focused on the characteristics of the *menzil* complexes. Müderrisoğlu (1993) focused on the *menzil* complexes on the Anatolia-right and Rumelia Middle Branch [3]. Cezar (1983) typologically classified commercial buildings of the Ottoman Classical Period according to their plan features. He examined complexes in the city and out of town within this classification [11]. Ertaş (2006) has a study compiling *menzil* complexes' maintenance and repair works on the Anatolian right road [7]. Sınmaz (2017) examined the spatial characteristics of *menzil* complexes [12]. Cantay (2023) examined the Ottoman Period complexes and *menzil* complexes in detail [13]. Numerous studies have been conducted to investigate the properties of a *menzil* complex or to emphasize a specific type of function inside a complex [14-24]. Numerical analysis of the relationships between the areas for commerce, lodging, religion, and education is crucial, as is the identification of the principles behind the arrangement of these spaces within social complex designs. There are studies analysing visual relations of the different functional spaces in historical buildings and heritage sites [25-28, 32]. However, the spatial organization of the historic *menzil* complexes was not investigated. The study aims to determine the relationship between the different functional spaces in the *menzil* complex through Visibility Graph Analysis (VGA) connectivity (connection between spaces) and through vision analysis (movement path). The emphasis is also placed on the relations between spatial organization and the location of the complexes. In this way, the importance and relations of the functions in the design of the range complexes established to promote urban development and trade will be determined.

2. METHOD

Within the scope of the study, the complexes in the *menzil* routes on the south of Anatolia, the Anatolian right branch, and the secondary road connecting to this right branch, were

examined. The case studies are Öküz Mehmet Paşa Complex, Sokullu Mehmet Paşa Complex, and Lala Mustafa Paşa Complex, located on the Anatolian Right Branch, and Kara Mustafa Paşa Complex and Sinan Paşa Complex, located on the secondary road. The buildings are located in different climates and geographies. Sokullu Complex in the Mediterranean region; there are Öküz Mehmet Lala Mustafa Paşa, Kara Mustafa Paşa, and Yeni Han in the Central Anatolia region (Figure 1).



Figure 1. Position of the studied *menzil* complexes [3]

The analysis consists of two steps. In the first step, the spaces in the buildings and the transitions between the spaces were identified. In the second phase, the relation between the spaces is analyzed in terms of VGA connectivity and through vision via DepthmapX 0.8.0 software. VGA is a method used to measure space arrangement in regular units. It helps determine how this arrangement relates to human behavior within that space. It is a tool that allows for examining the relationship between the spaces and their occupants by analyzing specific spatial properties, particularly those related to visibility [29-32]. VGA connectivity refers to the number of direct connections a cell (or point) has with other cells. That is, the more direct visual contacts a given cell has with other cells around it, the higher the connectivity value of that cell. High connectivity means a cell has more connections, making it easier to move directly from that cell to other cells. This indicates that a space is more open and accessible. If a cell has a small number of connections, this indicates that movement in that cell may be made by deviations. This is low connectivity [30].

Through vision, identify areas more likely to be visited or be used because they are directly on the path between two positions in a building or city. It can be identified as the prediction of user movements. It allows for the examination of the spatial distance between distinct areas in a plan as well as the relationships between these locations. This aids in identifying the areas inside a given location that users more use [29].

2.1. Complexes

Sokullu Complex consists of an *arasta* located in the north-south direction, a *tabhahe*, *imaret*, and caravanserai in the east of the *arasta*, and a madrasah, mosque, bath, and *sıbyan mektep* in the west of the *arasta*. The masses are located adjacent to each other. *Tabhahe*, *imaret*, and caravanserai are located around the courtyard, and the madrasah has a small open courtyard. The *imaret* and *tabhane* also have small gardens. A temperate climate prevails in the region but receives abundant rainfall. However, the complex is introverted. This could be that the need for security is high [8, 11, 34] (Figure 2).

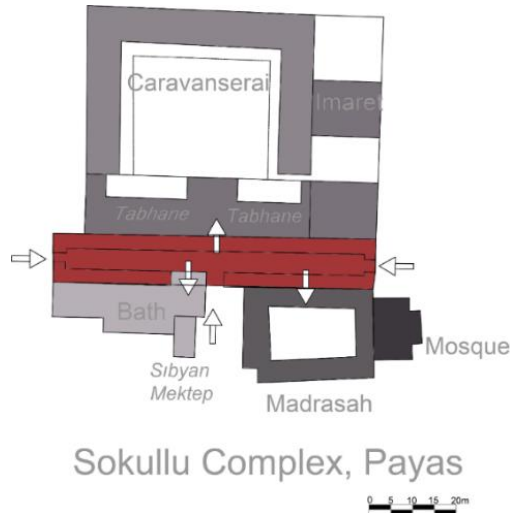


Figure 2. Distribution of functions in Sokullu Complex, Payas [8, 11, 33]

The Öküz Mehmet Paşa Complex, located in the southeast of the Central Anatolia Region, has two caravanserais in the north and south and a bath in the south of the linearly planned *arasta*. The caravanserai, located in the north of the complex, has a courtyard. All spaces can be reached from the *arasta*. In the southeast, there is a mosque independent of the complex. Located in a continental climate, open spaces in the building are limited (Figure 3).

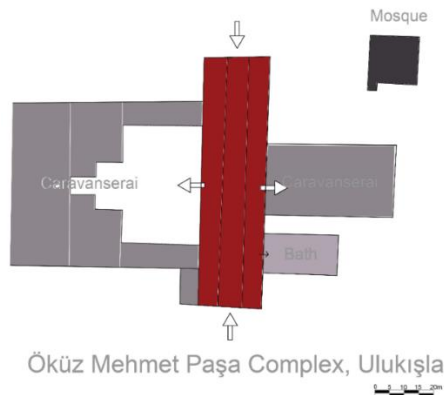


Figure 3. Distribution of spaces in Öküz Paşa Complex in Ulukışla [11, 33]

Lala Mustafa Paşa Complex is located in the Iğın district on the Anatolian Right Branch. The *arasta* situates in the east-west direction. The western side of the *arasta* was designed as an open space. Caravanserai, *tabhane*, mosque, *sıbyan mektep*, and *imaret* surround a courtyard in the south of the *arasta*. The courtyard is reached with a single passage from the *arasta*, and there is access to the mosque, *imaret*, *sıbyan mektep*, and *tabhane* from the courtyard. Access to the spaces except *arasta* is highly controlled (Figure 4).

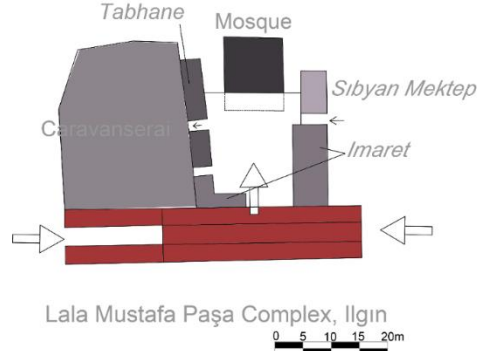


Figure 4. Distribution of spaces in Lala Mustafa Complex in Iğın [11, 35]

There is a caravanserai northeast of the Kara Mustafa Paşa Complex, located on the secondary road branching off from the Anatolian right-way branch to the northeast, and a mosque, a madrasah, and a bath are in the southwest. The *arasta* is designed as an open space. The courtyard of the mosque and madrasa can be accessed from the outside and the *arasta*. It is noteworthy that the use of open space is relatively high in the complex although it is in harsh climates (Figure 5).

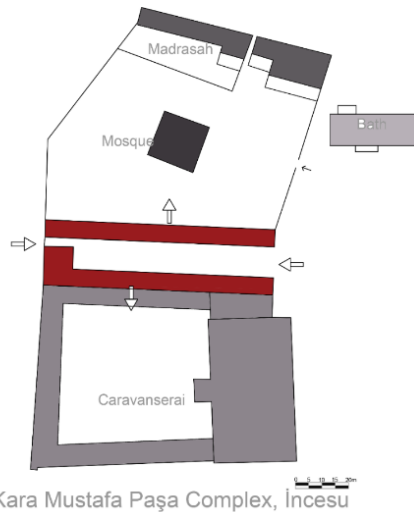


Figure 5. Distribution of functions in Kara Mustafa Paşa Complex in İncesu [11, 35]

There are caravanserais adjacent to the north and south of the *arasta* situated in the central axis of the Yeni Han Complex, located in a similar climate to Kara Mustafa Paşa Complex. Unlike the Kara Mustafa Paşa Complex, there is no open space in Yeni Han (Figure 6).

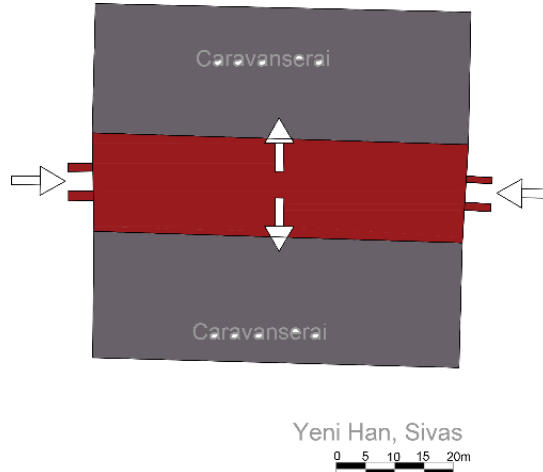


Figure 6. Distribution of spaces in Yeni Han Complex in Sivas [11]

3. FINDINGS

In the study, functions such as *arasta*, caravanserai, madrasah, mosque, bath, *imaret*, *tabhane*, and *sıbyan mektep* were identified within the *menzil* complexes. We can classify the functions as trade, accommodation, religion, nutrition, and education. Although the masses that constitute these functions in the *menzil* complexes are adjacent, open courtyards between the masses or belonging to a single mass, also draw attention. The highest usage of open space is in Kurşunlu and Kara Mustafa Paşa Complexes. There is no open space in Yeni Han. All complexes have *arastas*, caravanserais, and mosques. Then, the most preferred functions are bath and *imaret*. Sokullu Complex includes all the functions mentioned. It is noteworthy that while one complex on the route contains all functions, the next complex has only accommodation and trade functions (Table 1).

Table 1. Functions in *Menzil* Complexes

Complex	<i>Arasta</i>	Caravanserai	Madrasah	Mosque	Bath	<i>İmaret</i>	<i>Tabhane</i>	<i>Sıbyan Mektep</i>

Kara Mustafa Paşa Complex, İncesu	✓	✓	✓	✓	✓			
The Öküz Mehmet Paşa Complex	✓	✓		✓	✓			
The Sokullu Complex, Payas	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Lala Mustafa Paşa Complex	✓	✓		✓		✓	✓	✓
Yeni Han, Sivas	✓	✓		✓		✓		

It was noted that each of the complexes featured entrances that led from the *arasta*. Kara Mustafa Paşa and Lala Mustafa Paşa also have entrances from the courtyard. Upon analysis, it has been noted that the Sokullu Complex has multiple functions, leading to a corresponding increase in the number of entrances. The study revealed that the *arasta* gates predominantly opened into the caravanserai or the courtyard in which the caravanserai is situated. In Öküz Mehmet Paşa and Yeni Han, there are caravanserais on both sides of the *arasta* and there are passages to these caravanserais (Table 2).

Table 2. Connection between the different functioned masses

Name of the complex	Location of the Entrance Gates		<i>Arasta</i> Gate 1 opens to	<i>Arasta</i> Gate 2 opens to	<i>Arasta</i> Gate 3 opens to
	<i>Arasta</i>	Courtyard			
Kara Mustafa Paşa Complex, İncesu	2	1	Caravanserai	Courtyard Mosque Madrasah	
The Öküz Mehmet Paşa Complex	2		Caravanserai (Winter)	Caravanserai (Summer)	
The Sokullu Complex, Payas	3		Caravanserai	Bath	Madrasah
Lala Mustafa Paşa Complex	2	1	Courtyard Mosque, <i>İmaret</i> , Caravanserai		
Yeni Han, Sivas	2		Caravanserai	Caravanserai	

The results of connectivity and through vision analysis are presented in Figure 7. The VGA procedure assigns different values (color-coded from red for "very high" measures to dark blue for "very low" measures) to each grid square for representation. The graphs are color-coded to indicate connection and visibility. While each cell receives a connection value for precise numerical analysis, color coding enables the quick and intuitive interpretation of data.

The results of the Kara Mustafa Paşa Complex show that the *arasta* and madrasah cells have low connectivity values. The courtyards of the caravanserai, mosque, and madrasah have the highest connectivity values. Therefore, they are visually and socially integrated into the plan. The integration between *arasta* and courtyards is low. Since this complex has large courtyards, the courtyards have high connectivity values. The through-vision analysis of Kara Mustafa Paşa shows that users tend to go towards the circulation area of the *arasta* and the courtyards. The reddest area that has been used chiefly is the caravanserai courtyard (Figure 7).

The results show that the *tabhane*, *imaret*, and *sıbyan mektep* have low connectivity values in the Lala Mustafa Paşa Complex. The courtyards surrounded by the mosque, *imaret*, and *tabhane* have the highest connectivity. This means that the courtyard has the most connection with other spaces. The caravanserai also has high connectivity. The circulation area of the *arasta* has low connectivity. The result of a through vision analysis of Lala Mustafa Paşa shows that users mostly use the circulation area of the *arasta*, the passage between the *arasta* and the courtyard, and the route between the courtyard and the caravanserai. The analysis determined that the courtyard is the most active area. *Tabhane*, *imaret*, and *sıbyan mektep* have low through vision value (Figure 7).

The results show that the bath and closed spaces of the caravanserai-looking courtyard have low connectivity values in Öküz Mehmet Paşa Complex—the caravanserai courtyard and the middle of the *arasta* have the highest values. The highest values present a linear axe between caravansaries and *arasta*. The result of through vision analysis of Öküz Paşa Complex shows that users mostly use the circulation area of the *arasta* and the main axes between the *arasta* and the caravanserai. The most frequently used area is in the middle of the *arasta*. The bath has the lowest through vision value (Figure 7).

In Taşhan, which contains only a caravanserai and an *arasta*, high connectivity and through vision were detected in the transitions between the caravanserai and *arasta* (Figure 7).

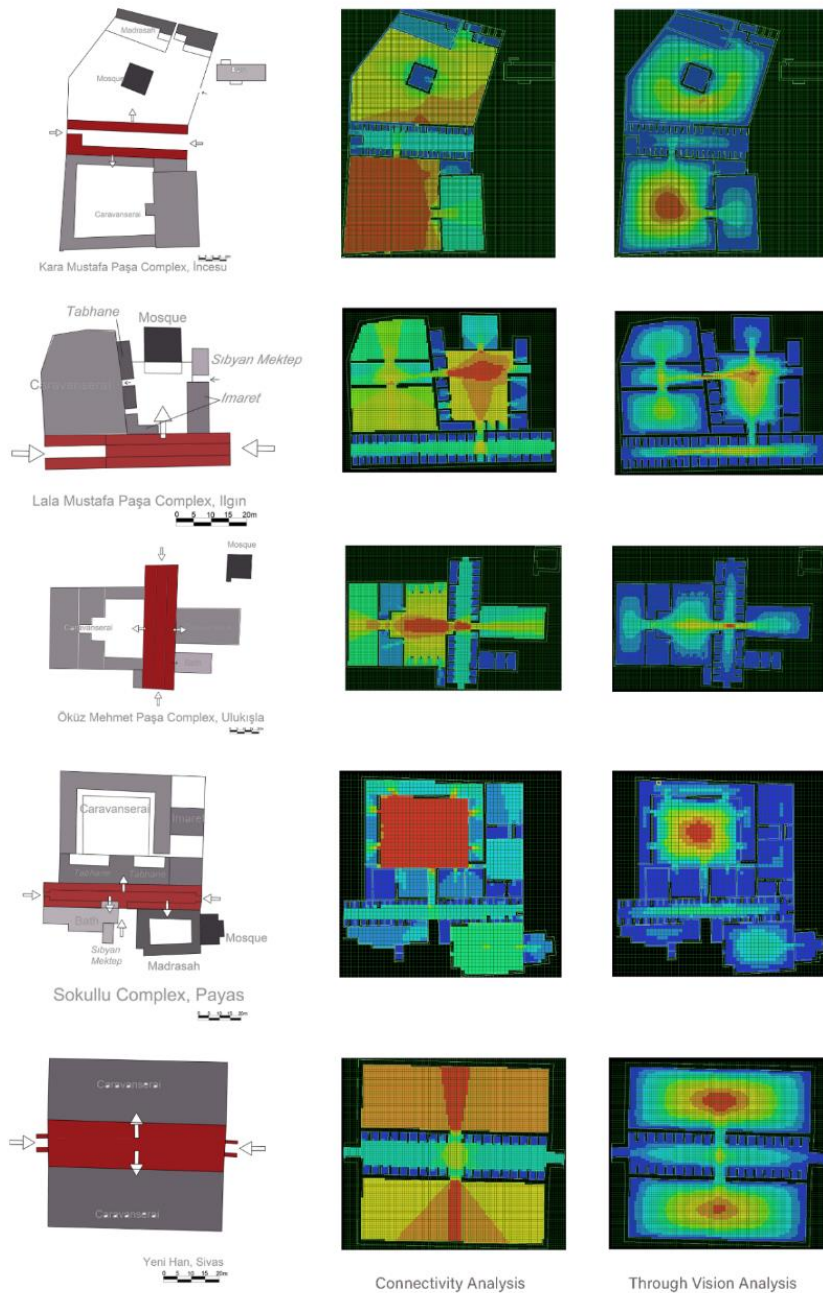


Figure 7. The results of connectivity and through vision analysis (color-coded from red for "very high" measures to dark blue for "very low" measures)

4. CONCLUSION

Menzil complexes are designed by integrating different functions depending on the characteristics of the area they are located in. It is essential to examine the relationships between commercial, accommodation, religious, and educational spaces numerically and to reveal the principles that determine the positions of the spaces in the design of the *menzil* complexes. Many studies focused on the characteristics of the *menzil* routes and complexes. However, the spatial organization of the historic social complexes in the Ottoman period was not investigated numerically. Although *menzil* complexes were residential buildings situated along interstate roadways, certain facilities were also offered to pilgrims, traders, tourists, and even those with military training to make their stay more comfortable and secure. These social buildings promoted the growth of Ottoman cities, facilitated commerce, and ensured safety. In this way, this study is essential to understand the urban and trade development of the Ottoman Empire since connectivity and through vision analysis of the plan organizations of the *menzil* complexes were done.

The functions in case study complexes include trade, accommodation, religion, nutrition, and educational facilities. The *arasta*, caravanserai, madrasah, mosque, bath, *imaret*, *tabhane*, and *sıbyan mektep* functions were determined in the *menzil* complexes. Although the masses that constitute these functions in the complexes are located adjacent to each other, the use of open courtyards between the masses or belonging to a single mass also draws attention. The highest use of open space is in Kurşunlu and Kara Mustafa Paşa Complexes. There is no use of open space in Yeni Han. It is seen that all the complexes have *arastas*, caravanserais, and mosques. All the buildings had entrances from the *arasta*. *Arasta* gates mostly open to the caravanserai or the courtyard where the caravanserai was located.

VGA Connectivity analysis results identified more open and accessible areas in the *menzil* complexes as courtyards of caravanserais. The transition between the most used passes through caravanserai and *arasta*. It was determined that connectivity (accessible areas) was intense along the axes or on the squares (areas). In examples where different functional masses were added adjacent to the *arasta*, connectivity is concentrated in the transition axis of the *arasta* and in the transition axes from the *arasta* to other masses positioned perpendicular to this axis. In the case studies where the courtyard was reached from the *arasta*, it was observed that the connectivity was higher in the courtyards than in the *arasta*. Spaces with high connectivity mostly contain commercial or accommodation functions. However, the high connectivity observed in the courtyards of the Kara Mustafa Paşa Complex surrounded by the mosque and madrasah. In Lala Mustafa Paşa, it was observed that connectivity was high in the courtyard surrounded by the *tabhane*, *imaret*, and *sıbyan mektep*. The example where the linear connectivity axis is the most clearly identified is the Öküz Mehmet Paşa Social Complex. While the connectivity values are the highest in the courtyard of the Sokullu Complex, which is in the Mediterranean region on the Anatolian right route, the connectivity values are higher in the axes in the complexes located in the Central Anatolia region. However, in Kara Mustafa Paşa, located on the secondary road, it was observed that the *arasta's* connectivity was lower than the courtyards.

The places with higher accessibility and usage are caravanserais' courtyards and *arastas'* circulation areas. This shows that trade and accommodation were at the forefront of the *menzil* complexes. The mosques in Kayseri Kara Mustafa Paşa and Lala Mustafa Paşa Social Complexes have high connectivity and through vision due to their position in the complex. The mosque is also adjacent to the Sokullu Complex, but it is not in a location with intense accessibility. Functions such as *imaret*, bath, and madrasah are the areas with the lowest accessibility.

As a result, it was seen that the *arastas* were placed in the middle axes to highlight the commercial functions, and access to the courtyards or caravanserais was provided from these axes. It is seen that spatial relations were constructed consciously. Commercial and accommodation spaces strategically had been designed as accessible areas. The accessibility of the religious spaces was lower than that of commercial ones. A similar or common plan organization in the *menzil* complexes could not be identified, the each complex is unique. Complexes were probably designed depending on the environmental and topographic characteristics of the area and the budget allocated for the complex. It is seen that there is no clear distinction between plan organizations in terms of region or route, but the primary targets are preserved in terms of spatial organization. Ensuring spatial relationships while protecting the main objectives in different plan organizations shows the development of the architectural planning approach of that period.

5. REFERENCES

1. Lütü Paşa. (1982). *Asafname*. A. Uğur (Trans.). Ankara: Kültür and Turizm Bakanlığı Publications.
2. Halaçoğlu, Y. (1992). Belen. *Türkiye Diyanet Vakfı İslam Ansiklopedisi*, 5, 403-404.
3. Müderrisoğlu, F. (1999). *Osmanlı İmparatorluğu'nda Menzil Yolları ve Menzil Külliyesi*. (Unpublished PhD Thesis). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
4. Denктаş, M. (1997). İncesu Merzifonlu Kara Mustafa Paşa Külliyesi. *Vakıflar Dergisi*, 26, 193-224.
5. Çetin C. (2014). Anadolu iskeleleri ve kara yolu bağlantıları (XVI. yüzyıl sonları). *International Journal of Social Science*, 28, 349-367.
6. İreçek, K.Y. (1990). *Belgrad-İstanbul Roma Askeri Yolu*. A.K. Balkanlı (Trans.). Ankara: Kültür ve Turizm Bakanlığı.
7. Ertaş, M. Y. (2006). İstanbul-Şam haç güzergâhındaki *menzil* külliyelerinin bakım ve onarımı (1729-1732). *Türk Kültürü İncelemeleri Dergisi*, 15, 1-24.
8. Güngör, Ş. (1997). *İncesu-Kara Mustafa Paşa Medresesi Restorasyon Projesi*. (Unpublished Master Thesis). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
9. Erkan, G. (2005). Tabhane. *Toplum ve Sosyal Hizmet*, 16(2), 53-56.
10. Tanman, B. (1988). *Sinan'ın Mimarisi İmareter, Mimarbaşı Kocasinan Yaşadığı Çağ ve Eserleri I*. Ankara Vakıflar Müdürlüğü Yayınları, Ankara.

11. Cezar, M. (1983). *Typical Commercial Buildings of the Ottoman Classical Period and the Ottoman Construction System*. İstanbul: İş Bankası Yayınları.
12. Sınmaz, S. (2017). Külliyelerin Mekansal Tasarımı: Anadolu'da Külliyelerin Gelişim Süreci ve Kentsel Tasarım Kurgusu. *Kent Akademisi*, 10(32), 381-395.
13. Cantay, G. 2023. *Osmanlı külliyelerinin kuruluşu*. Ankara: Atatürk Kültür Merkezi Başkanlığı.
14. Tokay, H. (1994). *Osmanlı külliyelerinin temel özellikleri ve günümüz ortamında değerlendirilmeleri*. (Unpublished PhD Thesis). Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul.
15. Kuran, A. (1979, October 15-20). 15-16. Yüzyıllarda inşa edilen Osmanlı külliyelerinin mimari esasları hakkında bazı görüşler. *I. Milletlerarası Türkoloji Kongresi*, İstanbul.
16. Ögel, S. (1963). Osmanlı devrinde Türk külliyesi. *Türk Kültürü*, 1(11), 37-41.
17. Kuban, D. (1981). *Osmanlı mimarisinde külliye nedir. Hangi nedenlerle meydana gelmiştir ve nasıl biçimlenmiştir?. 100 Soruda Türkiye Sanatı Tarihi*. İstanbul: Gerçek Yayınevi.
18. Akozan, F. (1969). Türk külliyeler. *Vakıflar Dergisi*, 8, 303-308.
19. Kuran, A. (1971). Orta anadolu'da klasik osmanlı mimarisi çağının sonlarında yapılan iki külliye. *Vakıflar Dergisi*, 9, 239-249.
20. Tokay, H. (1996). *Külliye tanımı, kavramı, kapsamı, oluşum ve gelişimi*. Isparta: S.D.Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Yayını.
21. Topçu, S. M. (2016). Sivas Yıldızeli Kemankeş Mustafa Paşa Menzil Külliyesi. *The Journal of Academic Social Science*, 36, 108-130.
22. Yılmaz, S. (2017). *Klasik Osmanlı Dönemi menzil külliyesi örneği: Eskişehir Kurşunlu Külliyesi*. (Unpublished Master Thesis). Uludağ University, Bursa.
23. Eriş Kızgın, E. (2021). Menzil külliyelerinde yer alan sıbyan mektepleri. *Munzur Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 34-62.
24. Babacan, N. (2021, June 21-22). Sokollu Mehmed Pasha's Menzil Complexes. *International Congress on Art and Design Research and Exhibition*, 73-74. Turkey: Niğde.
25. Sarıhan, E. (2021). Visibility model of tangible heritage. Visualization of the urban heritage environment with spatial analysis methods. *Heritage*, 4(3), 2163–2182.
26. Abeynayake, T., Meethiyagoda, L., Kankanamge, N., & Mahanama, P. K. S. (2022). Imageability and legibility: cognitive analysis and visibility assessment in Galle heritage city. *Journal of Architecture and Urbanism*, 46(2), 126–136.
27. Körmeçli, P. Ş. (2022). Çankırı İstiklal Yolu Parkı'nın görünürlük grafik analizi (VGA) ile değerlendirilmesi. *Artium*, 10(1), 1–11.
28. Güngör, O. & Harman Aslan, E. (2020). Defining urban design strategies: An analysis of Iskenderun city center's imageability. *Open House International*, 45(4), 407–425.

29. Koutsolampros, P., Sailer, K., Varoudis, T., & Haslem, R. (2019, July 8-13). Dissecting visibility graph analysis: The metrics and their role in understanding workplace human behavior. *12th Space Syntax Symposium*. China: Beijing.
30. Germanaite, I., Zaleckis, K., Butleris, R., Lopata, A., & Lopata, A. (2022). General spatial pattern and meta-pattern model for problems that need analytical approach in complex spatial systems. *Applied Sciences*, *12*(1), 302, 1-20.
31. Moreira, A. & Serdoura, F (2024, June 24-28). Evaluating user satisfaction and dwelling program performance and adequacy in studio apartments in Lisbon. *14th Space Syntax Symposium*. Cyprus: Nicosia.
32. Yunitsyna, A. & Shtepani, E. (2023). Investigating the socio-spatial relations of the built environment using the Space Syntax analysis – A case study of Tirana City. *Cities*, *133*, 104147.
33. Nayır, Z. (1975). *Osmanlı Mimarlığında Sultan Ahmet Külliyesi ve sonrası (1606-1690)*. İstanbul: İtü Baskı Atölyesi, İstanbul.
34. Kuran, A. (1986). *Mimar Sinan*. İstanbul: Hürriyet Vakfı Yayını.