

ISSN: 2602-3563



ACTA INFOLOGICA (ACIN)

DECEMBER, 2020
Volume: 4 | Issue: 2

ISTANBUL UNIVERSITY, INFORMATICS DEPARTMENT

dergipark.gov.tr/acin
acin.istanbul.edu.tr





Acta INFOLOGICA (ACIN) | ISSN: 2602-3563

Aralık (December) 2020
Cilt (Volume): 4 | Sayı (Issue): 2

Dergi Sahibi / Owner

İstanbul Üniversitesi Enformatik Bölümü
adına Dr. Sevinç Gülseçen

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor

Dr. Sevinç Gülseçen

Editörler/Editors

Dr. Sevinç Gülseçen
Baş Editör (Editor in Chief)
Dr. Çiğdem Erol
Dr. Serra Çelik
Dr. Emre Akadal
Dr. Fatma Önay Koçoğlu

Dil Editörleri / Language Editors

Alan James Newson
Elizabeth Mary Earl

İletişim / Contact

İstanbul Üniversitesi Enformatik Bölümü
Kalenderhane Mah. 16 Mart Şehitleri Cad. No: 8
Vezneciler Fatih İstanbul Türkiye

+90 212 440 00 00 Ext: 10037
acin@istanbul.edu.tr

Yayın Dili / Publication Language

Türkçe (Turkish)
İngilizce (English)

Yayın Türü / Publication Type

Yaygın Süreli / Periodical

Yayın Sıklığı / Publication Period

Yılda 2 sayı (Haziran ve Aralık)
Biannual (June and December)

Yayıncı / Publisher

İstanbul Üniversitesi Yayınevi
Istanbul University Press
İstanbul Üniversitesi Merkez Kampüsü,
34452 Beyazıt, Fatih / İstanbul - Türkiye
Phone / Telefon: +90 (212) 440 00 00

Editör Kurulu / Editorial Board

Dr. Malgorzata Pankowska

University of Economics in Katowice, Polonya / Poland

Dr. Mehpare Timor

İstanbul Üniversitesi / Istanbul University, Türkiye / Turkey

Dr. Meltem Özturan

Boğaziçi Üniversitesi / Boğaziçi University, Türkiye / Turkey

Dr. Orhan Torkul

Yalova Üniversitesi / Yalova University, Türkiye / Turkey

Dr. Selim Yazıcı

İstanbul Üniversitesi / Istanbul University, Türkiye / Turkey

Dr. Sushil K. Sharma

Ball State University,
Amerika Birleşik Devletleri / United States of America

Dr. Türksel Kaya Bensghir

Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi / Ankara Hacı Bayram
Veli University, Türkiye / Turkey

Dr. Üstün Özen

Erzurum Atatürk Üniversitesi / Erzurum Atatürk University,
Türkiye / Turkey

Dr. Vesselina Nedeva

Trakia University, Bulgaristan / Bulgaria

Dr. Yacine Lafifi

University 8 May 1945 Guelma, Cezayir / Algeria

CONTENTS / İÇİNDEKİLER

Research Articles / Araştırma Makaleleri

- An Effective Security Method Based on Combining 802.1x, DMZ and SSL-VPN for IoT Network Security
IoT Ağ Güvenliği için 802.1x, DMZ ve SSL-VPN Birleştirme Tabanlı Etkili bir Güvenlik Yöntemi
İlhan Fırat Kılınçer, Fatih Ertam, Orhan Yaman, Abdulkadir Şengür 65
- Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren Şirketlerin Finansal Form Okunabilirliğinin Metin Madenciliği
Teknikleriyle Ölçülmesi
Measuring Financial Form Readability of Technology Companies with Text Mining Techniques
M.Fevzi Esen, Tutku Tuncalı Yaman 77
- Collatz Konjektürü'nün Bilgisayar Programı ile Hesaplanmasında Parite Sekansı Yöntemi Yaklaşımı
The Parity Sequence Method Approach in Computing Collatz Conjecture via a Computer Program
Mert Özkenar 97
- Çalışan Sessizliği ve Algılanan Örgütsel Destek Arasındaki İlişkinin Veri Madenciliği ile İncelenmesi
Investigating the Association between Employee Silence and Perceived Organizational Support via Data Mining
Volkan Yüncü, Üzeyir Fidan 123

Review Articles / Derleme Makaleleri

- A Survey on Image Super-Resolution with Generative Adversarial Networks
Üretken Çekişmeli Ağlar ile Görsel Çözünürlük Artırımı Üzerine Bir Araştırma
Hürkal Hüsem, Zeynep Orman 139
- Bulanık Mantık: 2000-2020 Yılları Arası Tez ve Makale Çalışmalarına Yönelik Bir İçerik Analizi
Fuzzy Logic: A Content Analysis For Thesis And Article Studies Between 2000-2020
Oğuzhan Özdemir, Yusuf Kalınkara 155

An Effective Security Method Based on Combining 802.1x, DMZ and SSL-VPN for IoT Network Security

IoT Ağ Güvenliği için 802.1x, DMZ ve SSL-VPN Birleştirme Tabanlı Etkili bir Güvenlik Yöntemi

İlhan Fırat Kılınçer¹, Fatih Ertam¹, Orhan Yaman¹, Abdulkadir Şengür¹



ABSTRACT

IoT applications appear in many areas due to their flexible structures and many advantages they provide. The increase in IoT applications brings many security vulnerabilities. In order to close these security gaps and ensure the security of the created system, some measures should be taken by combining existing technologies with new technologies. In this study, a method that uses various security technologies together is proposed to ensure the security of the IoT application network. Accordingly, 802.1x technology was used to connect wireless sensor devices to a Wi-Fi network. Thus, in the first step, unauthorized users are not allowed to connect to this network. In the second step, IoT data was collected on a central server, and this server was taken to the DMZ zone in the firewall. Thus, access to the server is both restricted, and server access is logged. In the last step, with SSL-VPN configured in the firewall, data can be safely monitored from the external environment. The biggest advantages of the proposed approach are that it can be used easily in existing Wi-Fi networks, provides communication security, and is low cost. Considering these advantages, it is considered to be an important work in the field of IoT network security.

Keywords: IoT, IEEE 802.1x, DMZ, SSL-VPN, Wireless Sensor Networks, Network Security, Wi-Fi Security

¹Firat University, Department of Computer Technology, Elazığ, Turkey

ORCID: İ.F.K. 0000-0001-8090-4998;
F.E. 0000-0002-2306-6008;
O.Y. 0000-0001-9623-2284;
A.Ş. 0000-0002-2306-6008

Corresponding author:

Orhan YAMAN,
Firat University, Department of Computer Technology, Elazığ, Turkey
Telephone: +90 424 237 00 00
E-mail address: orhanyaman@firat.edu.tr

Submitted: 12.08.2020

Revision Requested: 05.12.2020

Last Revision Received: 11.12.2020

Accepted: 16.12.2020

Citation: Kılınçer, İ. F., Ertam, F., Yaman, O., & Şengür, A. (2020). An effective security method based on combining 802.1x, DMZ and SSL-VPN for IoT network security. *Acta Infologica*, 4(2), 65-76. <https://doi.org/10.26650/acin.779547>

ÖZ

IoT uygulamaları, sahip oldukları esnek yapıları ve sağladıkları birçok avantajdan dolayı birçok alanda karşımıza çıkmaktadırlar. IoT uygulamalarındaki artış, birçok güvenlik açığını da getirmektedir. Bu güvenlik açıklarını kapatmak ve oluşturulan sistemin güvenliğini sağlamak için mevcut teknolojiler, yeni teknolojilerle birleştirilerek bazı önlemler alınmalıdır. Bu çalışmada, IoT uygulama ağının güvenliğini sağlamak için, çeşitli güvenlik teknolojilerini bir arada kullanan bir yöntem önerilmiştir. Buna göre, kablosuz sensör cihazlarının, Wi-Fi ağına bağlanması için 802.1x teknolojisini kullanıldı. Böylelikle, ilk adımda yetkisiz kullanıcıların bu ağa bağlanmasına izin verilmez. İkinci adımda IoT verileri merkezi bir sunucu üzerinde toplanmış ve bu sunucu güvenlik duvarındaki DMZ bölgesine alınmıştır. Böylece, sunucuya erişim hem kısıtlanır hem de sunucu erişimlerinin günlüğü tutulur. Son adımda, güvenlik duvarında konfigüre edilen SSL-VPN ile dış ortamdan verilerin güvenli bir şekilde izlenmesi sağlanmıştır. Önerilen yaklaşımın en büyük avantajları, mevcut Wi-Fi ağlarında rahatlıkla kullanılabilir olması, haberleşme güvenliğini sağlaması ve düşük maliyetli olmasıdır. Bu avantajları göz önünde bulundurulduğunda, IoT ağ güvenliği alanında önemli bir çalışma olduğu düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: IoT, IEEE 802.1x, DMZ, SSL-VPN, Kablosuz Sensör Ağları, Ağ Güvenliği, Wi-Fi Güvenliği

1. INTRODUCTION

A. Background

The International Telecommunication Union (ITU) published a report on IoT in 2005. In this report, attention was drawn to the communication between objects. According to this report, a super network covering the whole world can be created by using existing standards and new protocols to be developed. (Union 2005)(Li et al., 2011).

One of the most critical areas of IoT is wireless data communication. Wireless networks are technology that communicates one or more wireless devices in the same environment. In addition to wireless communication, data communication can be made with electromagnetic waves in an air environment (Hucaby 2014). In this article, Wireless Local Area Networks (IEEE802.11) technology, one of the wireless data communication technologies, will be studied. WLAN technology, which is one of the wireless network technologies, operates in the microwave spectrum in the frequency spectrum. Fig.1 shows the frequency spectrum.

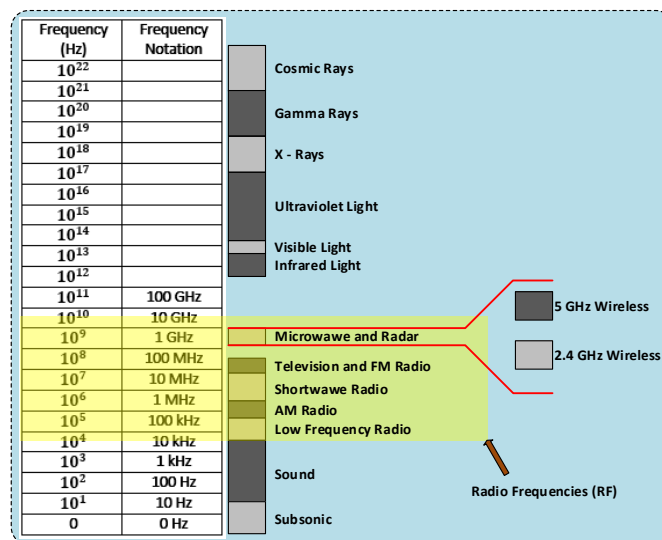


Figure 1. Frequency Spectrum (Hucaby 2014)

As can be seen in Fig.1, WLAN technology broadcasts from the 2.4 GHz and 5 GHz bands. However, not all of the frequency regions in these bands have been used. For the 2.4 GHz band; Frequencies between 2.400 GHz - 2.4835 GHz are used. For 5 GHz band, 5.150 GHz - 5.250 GHz, 5.250 GHz - 5.350 GHz, 5.470 GHz - 5.725 GHz, 5.725 GHz - 5.825 GHz 50 frequencies are used (Hucaby 2014)(Kilinçer et al. 2017).

B. Research Motivation

In addition to traditional Wi-Fi networks, Wi-Fi sensor networks are widely used in many applications that require low power consumption. Studies with Wi-Fi sensor networks are frequently used in IoT applications. Wireless sensors have been widely used in many areas such as personal health monitors, location detection with sensor networks, motion detection, and intrusion detection for military applications. Wireless sensor networks typically consist of small nodes. These nodes have sensing, computing, and wireless communication features. (García-Hernández et al. 2007).

Mendez et al. designed an intelligent wireless sensor network (WSN) for an agricultural area. In their study, Mendez et al. obtained data that affect agriculture, such as temperature, humidity, and water level, with wireless sensor modules. WSN802G model wireless sensors were used in the study. According to the study, data from the WSN802G model sensors were collected on a server, and then various analyses were made from this collected data. The topology of the study is given in Fig. 2 (Mendez and Mukhopadhyay 2013).

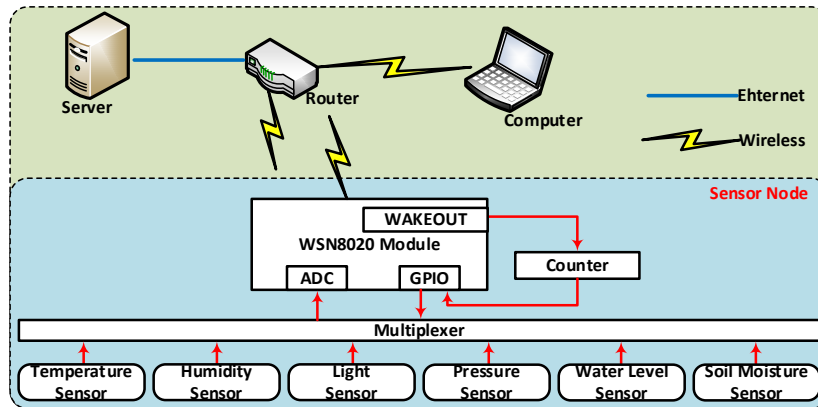


Figure 2. The topology of the system developed by Mendez et al. (Mendez and Mukhopadhyay 2013).

İzzat Din Abdul Aziz et al. have provided automatic control of the greenhouse temperature, which requires a lot of time and effort in traditional farming. Their study developed a system that can monitor and predict temperature and humidity values in greenhouses remotely. For this purpose, they have developed a remote temperature monitoring system by using wireless sensors together with the Short Message Service (SMS). Besides this, they developed an alarm mechanism to keep farmers aware of temperature change with the method they proposed (Aziz et al., 2009).

(Thaker 2016) used the ESP8266 module to implement wireless sensor networks with a Linux-based web service. Raspberry Pi is used as a master server in the system and connects sensor nodes via Wi-Fi on the wireless sensor network. It collects sensor data from different sensors. Data is displayed through an embedded Linux-based Web Server. The block diagram of the wireless sensor network system proposed in the literature is given in Fig. 3.

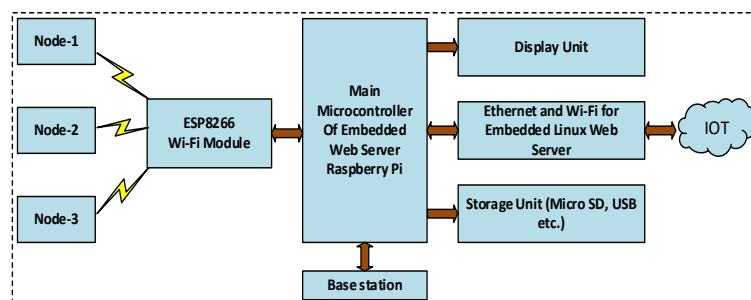


Figure 3. Block diagram of the wireless sensor network system proposed in the literature (Thaker 2016).

Singh et al. have developed an Arduino-based intelligent irrigation system using a water flow sensor, a soil moisture sensor, a temperature sensor, and an esp8266 Wi-Fi module. In this study, an economical and relatively easy-to-use Arduino-based controlled irrigation system has been proposed. The designed system utilizes sensors such as water flow sensors, temperature sensors, and soil moisture sensors to address various environmental factors such as the amount of moisture, temperature, and water needed by the products. Data is collected by Arduino, which can connect to an interactive website that shows real-time values. In this way, the user can control the irrigation pumps from a website and meet the standard values that will help the farmer obtain maximum and quality products (Singh and Saikia 2017).

Saha et al. proposed a data center temperature monitoring and real-time warning system, using an ESP8266-based wireless sensor network. The proposed IoT system has been developed to monitor the temperature at different points in the data center. Temperature data is made visible via the cloud-based dashboard to send SMS and e-mail alerts to pre-defined recipients. The proposed method informs the relevant users when the environment temperature rises above the desired level. In this study, a wireless sensor network was created using a ESP8266 module, a temperature sensor, and a Wi-Fi module (Saha and Majumdar 2017).

Srivastava et al. used ESP8266 to control the hybrid energy system. The ESP8266 regulates the transition between solar and wind energy sources through a website using a Wi-Fi module. Data is wirelessly transmitted to the ESP8266 module that controls energy sources via the website. The transmitted data is controlled remotely using IoT. This system helps the user to control remote energy sources using a smartphone or personal computer (Srivastava et al., 2018).

Srivastava et al., in another study, proposed an IoT-based garden irrigation method using a ESP8266 module. In this study, a sensor module was formed using a water flow sensor, a soil moisture sensor, a temperature sensor, and a pH sensor. The data from the sensor module can be monitored remotely via the ESP8266 module with an Arduino device. The user can run a remote irrigation system (Srivastava et al. 2018b). Pukhanov developed a Wi-Fi-based application for drought detection and early warning system in his master's thesis. A sensor network has been set up using ESP8266 modules to detect over-arid regions in the African continent (Pukhanov 2015). There are a lot of researches developed by using the ESP8266 module in this study (Lin et al. 2014; Kodali and Mahesh 2016b, 2016a; Mahali 2016; Thaker 2016; Pandey et al. 2017; Saha and Majumdar 2017; Škraba et al. 2017; Srivastava et al. 2018b; Tonage et al. 2018)

C. Contributions

In this study, an end-to-end method was proposed for IoT security by combining security technologies such as 802.1x, DMZ, and SSL-VPN, prioritizing privacy. Thus, the security requirements that an IoT network must have have been provided. In this study, a corporate Wi-Fi network was used for both a more flexible and less costly structure. The contributions of this article are as follows;

- Due to the dynamic nature of the proposed sensor network, it is suitable for expansion and can be widely used quickly,
- Communication between nodes is performed safely due to 802.1x, and nodes can secure roaming in different physical areas within the same campus network.
- The server where the data is collected is located in the De Militarized Zone (DMZ) zone configured on a Next-Generation Firewall (NGFW), thereby preventing common cyber-attacks in IoT applications. Behind this, server and node access is done only by users authorized by the firewall.
- A Secure Socket Layer Virtual Private Network (SSL VPN) is used for secure access from outside the campus network.
- An economic model has been created with the low cost of the sensors and the use of a ready-made Wi-Fi network

D. Study Outline

The next sections of the article are planned as follows. In Section 2, information about the IoT network's security and the recommended security standards are given. In Section 3, information is given about the materials used in the IoT system. Data transmission, data collection, and monitoring steps are explained in Section 4. In the data transmission step, the communication steps of the ESP8266 modules using the IEEE 802.1x standard are explained. Also, a flow chart of the proposed method is given. Experimental results are given in Section 5. In Section 6, a comparison of the proposed method with the literature is given. In Section 7, the conclusion of the article is given.

2. IoT SECURITY

A smart home has become an indispensable element in many areas such as smart cities, smart libraries, modern health systems, agriculture, and industrial systems. In addition to the advantages it brings, IoT technology has many security vulnerabilities. One of the most critical issues today is to close these security vulnerabilities. In order to ensure the security of the IoT systems created, there have been studies into developing new technologies and sometimes combining existing security technologies (Amanullah et al. 2020).

There are many studies on IoT security in the literature. Aly et al. conducted a systematic review of IoT security. In this study, security threats in different layers of IoT systems are comprehensively covered (Aly et al., 2019). Sha et al. conducted a review of edge-based security designs for the security of IoT applications. In this study, firewalls, intrusion detection

systems, authentication, and authorization structures are discussed. (Sha et al., 2020). Hussain et al. reviewed encryption and decryption techniques used for IoT security (Hussain and Abdullah 2018). Noor et al. analyzed recent IoT security studies between 2016 and 2018 (Mohamad Noor and Hassan 2019). Amanullah et al. conducted a study with deep learning and big data technologies to process high-volume data generated by IoT applications. Also, the possibilities of combining deep learning and big data technologies for IoT security were investigated in their work (Amanullah et al. 2020). Juma et al. ensured IoT security by combining IPSec VPN and OpenSSL VPN technologies to connect IoT objects (Juma et al., 2020).

Due to the IoT architecture, devices connected to the IoT network can transfer their data to a remote server. In addition, authorized users can connect to the IoT network and perform some operations such as reporting and configuration. Besides such advantages, it also has the problem of IoT security. For this purpose, the following requirements must be met for the IoT network to be secure (Amanullah et al. 2020), (Khattak et al. 2019), (Cho et al. 2011), (Hossain et al. 2015).

- Confidentially: It provides secure communication between all points connected to the IoT network. For this purpose, transactions such as authentication and accounting are critical.
- Integrity: Checks whether the data in the IoT network is changed during communication.
- Availability: Indicates that authorized users can access the IoT network and unauthorized users are denied
- Access Control: Shows users who are authorized to access the IoT network with different security levels (only read, read and write)

In this study, 802.1x, DMZ (Demilitarized Zone), and SSL-VPN (Secure Socket Layer- Virtual Private Network) technologies were used to provide the above security requirements.

- IEEE 802.1x Standard: It is a standard developed for wired networks in the first stage. Later, it was also used in wireless networks due to its security. The main feature of the 802.1x standard is the secure authentication mechanism. With this mechanism, servers and clients can join the network only after their identity is verified. It uses security protocols such as WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access 1), WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2), and WPA3 (Wi-Fi Protected Access 3) for 802.1x standard encryption. WEP is the first produced of these protocols. Also, since the encryption is clear text, passwords can be obtained easily. WPA has emerged due to security vulnerabilities in WEP. Together with WPA, MIC (Message Integrity Check) and TKIP (Temporal Key Integrity Protocol) security mechanisms have been developed. While the MIC mechanism makes the message content more secure against hackers, the switching system has been changed for each data packet with TKIP. Instead of TKIP, AES (Advanced Encryption Standard) was used after a while. Later, the WPA2 standard, which was more secure than the WPA standard, was used. WPA2 used new encryption and authentication mechanisms such as AES and CCMP (Counter Cipher Mode with Block Chaining Message Authentication Code Protocol) to provide more secure networks. WPA3 security mechanism has been created with the arrival of the latest 802.11ax (Wi-Fi 6) standard. (KILINÇER et al., 2020).

In this study, the WPA3 security mechanism was not used because the campus network does not support the 802.11ax standard. The WPA2-AES security mechanism was used.

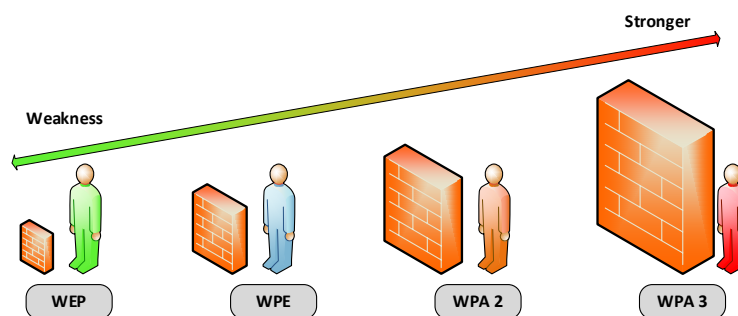


Figure 4. Wireless Security Protocols

- DMZ: It is a security layer that allows servers to be physically or logically separated from the internal network. Thus, access to the server network is controlled by access lists defined on the firewall or router. In this study, to ensure the security of the WIFI_SENSOR_SERVER server, the server was taken to the DMZ zone. Thus, access to this server is both controlled and logged.
- SSL-VPN: It is a virtual private network technology that provides secure access over SSL or TLS protocols. SSL VPN connection is encrypted end-to-end, allowing the data transferred between endpoint devices and the institution’s data sources to be transferred over the internet. SSL-VPN encrypts all traffic. For this reason, connecting to the corporate network by SSL-VPN even in a public area does not create any security problems. Many institutions also use it due to its fast, easy installation and stable operation. In this study, SSL-VPN was used to secure access of external users to the IoT network and IoT server.

3. MATERIALS

In this study, a new method has been proposed using Wi-Fi access points and sensor networks. A dynamic wireless sensor network has been developed by connecting ESP8266 Wi-Fi modules to wireless access points in campus networks. The characteristics of the ESP8266 Wi-Fi module, DHT11, and MQ135 sensors are given in Table 1.

Temperature, humidity, and air quality are measured with the ESP8266 module using DHT11 and MQ135 sensors. Relays and buzzers are triggered as the output unit. The data received from the sensors is transferred to the WIFI_SENSOR_SERVER server and stored. Accessing the server via any device connected to the local network, the temperature, humidity, and air quality values in the sensor nodes are monitored. To test the proposed method, temperature, humidity, and air quality sensor nodes are formed. These sensor nodes are shown in Fig. 5.

Table 1
Features of the ESP8266 Wi-Fi module, DHT11, and MQ135 sensor

Module / Sensor	Parameters	Values
ESP8266	MCU	32bit TenSilica
	Clock Speed	80MHz/160MHz
	RAM	<36Kb
	Operating Voltage	3.0V ~ 3.6V
	Operating Current	80mA (Average)
	Available GPIO pins	10
DHT11	Humidity Range	20-80%
	Temperature Range	0°C ~ 50°C
	Accuracy	±5% (Humd), ±2°C
	Repeatability	±1% (Humd), ±1°C
MQ135 Air Quality	Circuit voltage	5V±0.1
	Heater resistance	33Ω±5%

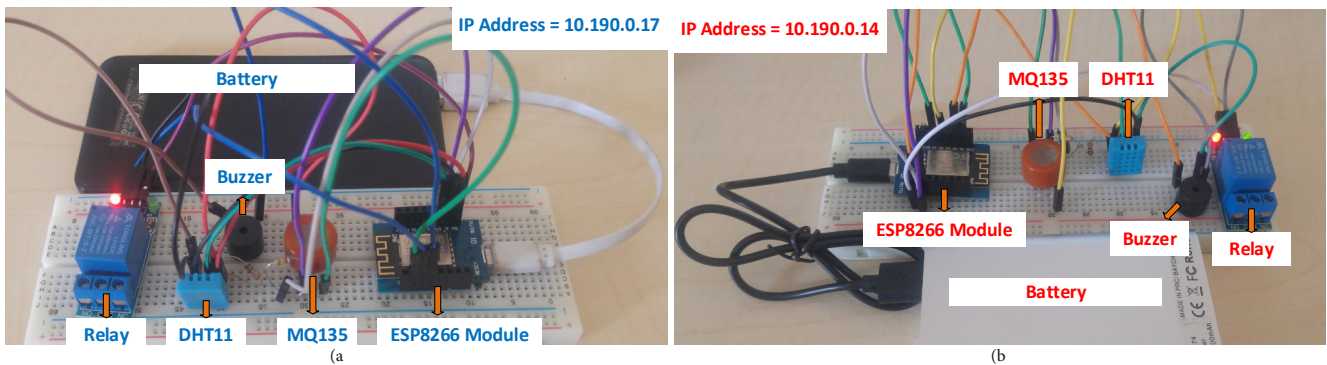


Figure 5. Sensor nodes developed in this study a) Node 1 b) Node 2

The sensor nodes, shown in Fig. 5, make IEEE 802.1x authentication to connect the Wi-Fi campus network. With this authentication method, the wireless sensor network infrastructure is secured. TTLS and PAP protocols are used for IEEE

802.1x authentication. Identity information and password are defined for each node. The ESP8266 modules use these credentials when connecting to the wireless LAN. Thus, the security of the local wireless network is ensured.

4. PROPOSED METHOD

The general topology of the proposed system is given in Fig. 6. The Firat University campus Wi-Fi network was used for the proposed system. The proposed system generally consists of data transfer, data collection, and the display of collected data. The flow diagram in Figure 7 is used in the data transfer step, which is the first step of the system.

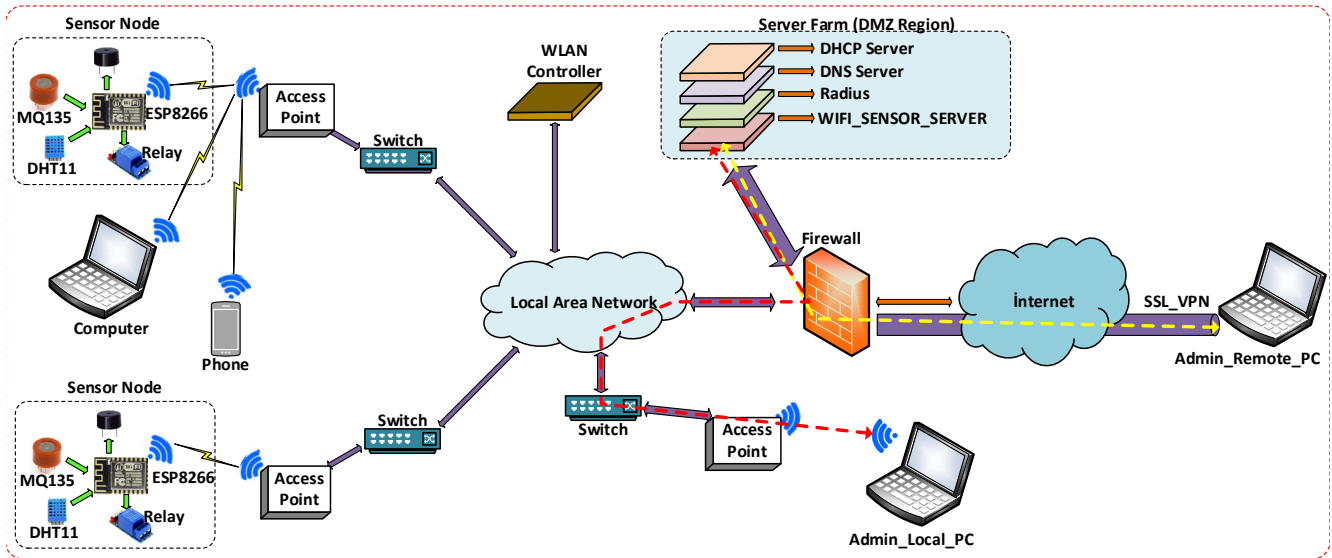


Figure 6. The topology of the proposed system

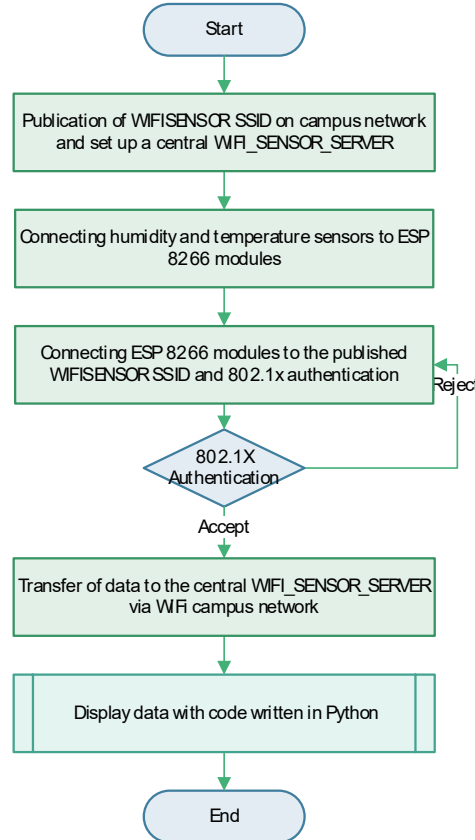


Figure 7. Algorithm of data transmission

The flow chart given in Fig. 7 generally consists of 3 steps. In the first step, according to the flow chart, WIFI_SENSOR SSID was created on the access points to transmit the sensor traffic to the server. Also, the ESP8266 module is integrated into the DHT11 and MQ135 modules, which are humidity, temperature, and air quality sensors. The Microsoft Windows Server 2012 operating system has been installed on the WIFI_SENSOR_SERVER server, which is located on the central server farm, to provide both data collection and IEEE 802.1x authentication.

In the second step, IEEE 802.1x authentication was performed for data transmission. There are three main components in the IEEE 802.1x protocol: the authenticator, the authentication server, and the client to be authenticated. In this study, the Radius server was used as the authentication server. Network Policy Server (NPS) and Active directory features on the Windows Server 2012 operating system were activated. Fig. 8 shows the general 802.1x messaging steps (Chen and Wang 2005; Chen et al. 2005; Fantacci et al. 2007; Gu and Zhang 2010; Zha and Ma 2010; Alabdulatif et al. 2013; Hermaduanti and Riadi 2016).

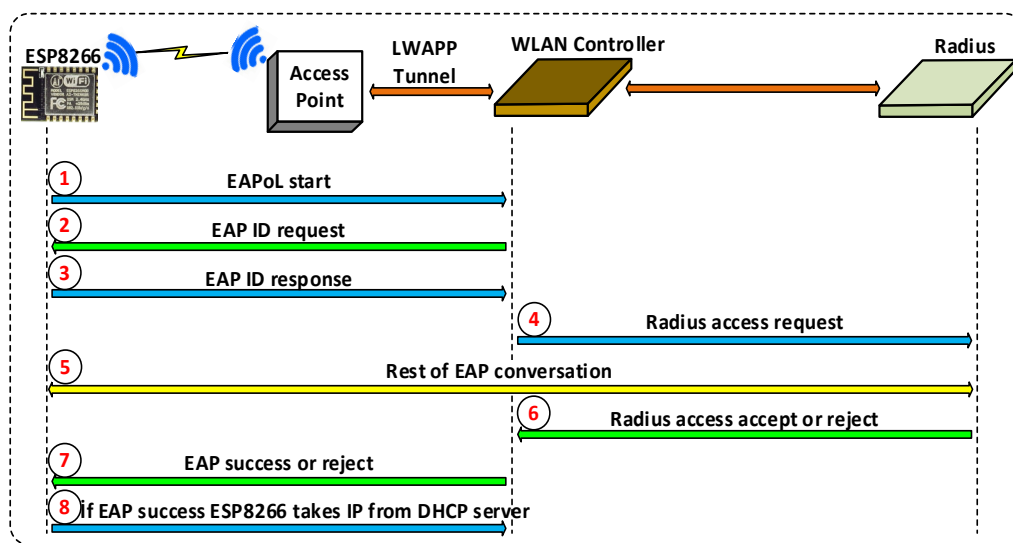


Figure 8. Algorithm of data transmission

When Fig. 8 is examined, the client connects to the wireless network and sends the EAPoL start message to the authenticator device. The authenticator device between the client and the authentication server requests the client to identify itself by sending an EAP-ID Request packet to the client. The client responds to the authenticator device with the EAP-ID Response package. The authenticator encapsulates this package and sends it to the authentication server (Radius Server). As a result of a series of subsequent EAP messaging, the authentication server sends an access-to-accept message to the authentication device if the client has the required user authority. Thus, the authentication device allows the client to join the network. Connected to the WIFI_SENSOR network after the 802.1x authentication step, the ESP 8266 Wi-Fi module gets an automatic IP address through the DHCP server.

The ESP 8266 module sends the humidity, temperature, and air quality data to the central WIFI_SENSOR_SERVER server in the data collection step.

In the last step, the data coming from the sensors to the WIFI_SENSOR_SERVER server is displayed. A code has been written in the python language to display the data.

In this study, after taking the necessary security measures on the local network with 802.1x, the server was moved to the DMZ region of the NGFW. Thus, server security is provided. New generation firewalls (NGFWs) can detect attacks with security principles at application and protocol levels. Thanks to modules such as the Intrusion Prevention System (IPS) on the NGFW, it constantly examines traffic flows and detects vulnerability exploits. Server accesses are restricted to Access-lists defined on the NGFW. Thanks to the NGFW’s features such as threat prevention, URL filtering, and antivirus, the server is prevented from being hacked by an attacker. Thus, the server is protected against threats from internal and external

networks, and server accesses are logged. Authorized users are defined on the NGFW, so authorized users can access nodes and servers securely. An SSL VPN is used for authorized users to access sensors and servers from external networks.

5. EXPERIMENTAL RESULTS

The ESP8266 module is connected to the WIFI_SENSOR network. The Wireshark program is used to listen to the packet.

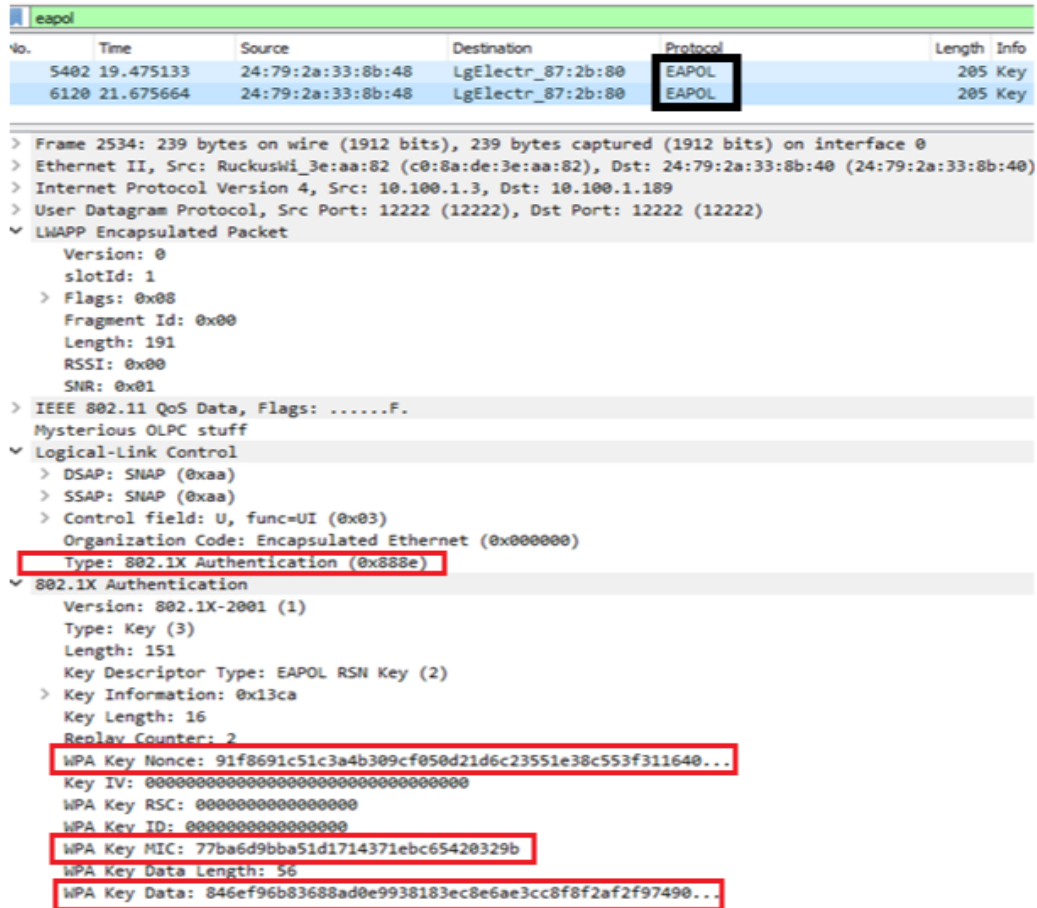


Figure 9. Connection of ESP8266 module to WIFI_SENSOR network and authentication of 802.1x

As shown in the Wireshark output of Fig. 9, each sensor node is connected wireless network using the 802.1x protocol. Once the authentication is complete, the nodes transmit data to the server. A status monitoring interface was developed using the Python programming language and Google Chart technology on the server. This interface is given in Figure 10.

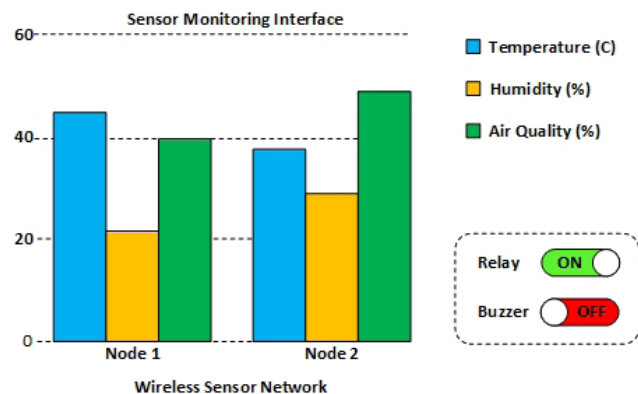


Figure 10. Monitoring of data from sensor nodes

In Fig. 10, the temperature, humidity, and air quality values of each sensor node are monitored. The proposed study is compared with the literature in Table 2.

Table 2
Comparing the proposed method with the literature

Features	Proposed Method	Singh et al	Saha et al	Ocal	Ravi et al	Juma et al
Dynamic Network	✓	X		X	X	X
802.1x	✓	X	X	X	X	X
DMZ Zone	✓	X	X	X	X	X
VPN	✓	X	X	X	X	✓
Add a Dynamic Node	✓	X	✓	X	X	✓
Mutual Device Authentication	✓	X	X	X	X	X
Sensors Used	Temperature, humidity, Air quality, Relay, Buzzer	Water flow Soil moisture Temperature	Temperature, Humidity	Temperature, Gas	Temperature	X

As can be seen in Table 2, five important advantages of the proposed method, according to the literature, are remarkable. Firstly, the proposed method is suitable for the dynamic network structure. The dynamic network is that the wireless sensor nodes can be connected to access points located at any point in the campus network. In the recommended method, the ESP8266 Wi-Fi modules are connected to the local network by connecting to wireless access points on the campus network instead of creating a wireless network by connecting to each other. Thus, even if the sensor nodes move within the campus, they are connected to another access point by roaming. With the roaming feature, the connection of the sensor nodes continues without interruption. The ESP8266 Wi-Fi modules connect to any wireless device within the campus network and communicate with the server very easily. Thus, a portable sensor node is designed within the campus network. The fact that the proposed method has a dynamic structure contributes to the studies conducted earlier. Another advantage of the proposed method is the IEEE 802.1x technology. When the sensor nodes communicate with the central server, the data transfer needs to be done securely. When the studies in the literature are examined, there is no security infrastructure such as 802.1x protocol in data communication between nodes and server. The use of the 802.1x protocol in this study is thought to significantly contribute to the literature. The third advantage of the proposed method is that the server where the data is transferred is in the DMZ region defined on the NGFW. In this way, the system is ensured to be minimally affected by the malware or other attack types in both local and external networks. The fourth advantage of the proposed method is that the logins can be logged through the NGFW. The last advantage of the proposed method is to provide secure access to the systems with an SSL VPN wherever there is internet.

6. DISCUSSION

Continuous expansion and growth of IoT networks have brought many security vulnerabilities. In most of the literature studies, there are no concrete solutions to secure the IoT network. In this study, our priority is to ensure the security of the IoT network. Some types of attacks that can be done on a network are given in Table 3. With the 802.1x technology we use in this study, many attacks such as MiTM, arp spoof, DHCP snooping, and DNS spoofing are prevented as we do not take users into the network without authentication. In addition, by making the 802.1x standard with WPA2-AES, precautions have been taken against de-authentication attacks, which are the most common attack type in Wi-Fi networks. Because even if there is a de-authentication attack on this prepared Wi-Fi network, the data is encrypted with the WPA2 protocol. The server where the IoT data is collected, and the IoT network is protected by the NGFW. Therefore, the IoT network and server are protected against harmful traffic such as malware, DoS, and spyware from outside.

Table 3
Comparing the proposed method with the literature

Attack-types	Proposed Method	Singh et al	Saha et al	Ocal	Ravi et al	Juma et al
Malware	✓	X	X	✓	X	✓
DoS	✓	X	X	✓	X	✓
MiTM	✓	X	X	X	X	X
Deauthentication Attack	✓	X	X	X	X	X
Arp spoof	✓	X	X	X	X	X
DHCP Snooping	✓	X	X	X	X	X

7. CONCLUSIONS

In this study, using wireless access devices in campus networks with wireless sensor networks has been developed. The proposed method uses the DHT11 temperature and humidity sensor and the MQ135 air quality sensor with the ESP8266 Wi-Fi module. The ESP8266 Wi-Fi module connects wireless access points on campus networks with the 802.1x protocol. Temperature, humidity, and air quality values from sensors are transferred to the server and stored. Also, in this study, a secure IoT network was created by using 802.1x, DMZ, and SSL-VPN technologies together. Thus, the IoT system is prevented from being easily captured from attackers' traffic. Compared to the literature, it is clear that the proposed method is original.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Bu çalışma FUBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi) tarafından hibe no: TEKF.20.18. kapsamında desteklenmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

Grant Support: This work was supported by the FUBAP (Firat University Scientific Research Projects Unit) under Grant No: TEKF.20.18.

References

- Alabdulatif A, Ma X, Nolle L. Analysing and attacking the 4-way handshake of IEEE 802.11i standard. In: 2013 8th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions, ICITST 2013. 2013. p. 382–7.
- Aly M, Khomh F, Haoues M, Quintero A, Yacout S. Enforcing security in Internet of Things frameworks: A Systematic Literature Review. *Internet of Things*. 2019;6:100050.
- Amanullah MA, Habeeb RAA, Nasaruddin FH, Gani A, Ahmed E, Nainar ASM, et al. Deep learning and big data technologies for IoT security. Vol. 151, *Computer Communications*. 2020. p. 495–517.
- Aziz IA, Hasan H, Ismail J, Mehat M. Remote Monitoring in Agricultural Greenhouse Using Wireless Sensor and Short Message Service (SMS). *Int J Eng Technol IJET*. 2009;9(9):1–12.
- Chen JC, Jiang MC, Liu YIW. Wireless LAN security and IEEE 802.11i. *IEEE Wireless Communications*. 2005.
- Chen JC, Wang YP. Extensible Authentication Protocol (EAP) and IEEE 802.1x: Tutorial and Empirical Experience. *IEEE Commun Mag*. 2005;
- Cho JS, Yeo SS, Kim SK. Securing against brute-force attack: A hash-based RFID mutual authentication protocol using a secret value. *Comput Commun*. 2011;34(3):391–7.
- Fantacci R, Maccari L, Pecorella T, Frosali F. Analysis of secure handover for IEEE 802.1X-based wireless ad hoc networks. *IEEE Wirel Commun*. 2007;
- García-Hernández C, Ibarguengoytia-González P, García-Hernández J, Pérez-Díaz J. Wireless Sensor Networks and Applications: a Survey. *IJCSNS Int J Comput Sci Netw Secur [Internet]*. 2007;7(3):264–73. Available from: <http://campus.cva.itesm.mx/jdperez/documentos/IJCSNS-WSN-publicado-03-2007.pdf>
- Gu YH, Zhang JX. Research on the security of IEEE 802.1x authentication mechanism in wireless LAN. In: 2nd International Conference on Information Science and Engineering, ICISE2010 - Proceedings. 2010.
- Hermaduanti N, Riadi I. Automation framework for rogue access point mitigation in ieee 802.1X-based WLAN. *J Theor Appl Inf Technol*. 2016;
- Hossain MM, Fotouhi M, Hasan R. Towards an Analysis of Security Issues, Challenges, and Open Problems in the Internet of Things. In: Proceedings - 2015 IEEE World Congress on Services, SERVICES 2015. 2015. p. 21–8.
- Hucaby D. CCNA wireless 640-722 official cert guide [internet]. 2014. Available from: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/ccna-wireless-640-722/9780133445725/>
- Hussain R, Abdullah I. Review of Different Encryption and Decryption Techniques Used for Security and Privacy of IoT in Different Applications. In: 2018 6th IEEE International Conference on Smart Energy Grid Engineering, SEGE 2018. 2018. p. 293–7.
- Juma M, Monem AA, Shaalan K. Hybrid End-to-End VPN Security Approach for Smart IoT Objects. *J Netw Comput Appl*. 2020;158.
- Khattak HA, Shah MA, Khan S, Ali I, Imran M. Perception layer security in Internet of Things. *Futur Gener Comput Syst*. 2019;100:144–64.
- KILINÇER İF, ERTAM F, ŞENGÜR A. Automated Fake Access Point Attack Detection and Prevention System with IoT Devices. *Balk J Electr Comput Eng*. 2020;
- Kılınçer İF, Ertam F, Yaman O, Akbal A. Automatic fault detection with Bayes method in university campus network. In: IDAP 2017 - International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium. 2017.
- Kodali RK, Mahesh KS. A low cost implementation of MQTT using ESP8266. In: Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016. 2016a.
- Kodali RK, Mahesh KS. Low cost ambient monitoring using ESP8266. In: Proceedings of the 2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics, IC3I 2016. 2016b. p. 779–82.
- Li L, Hu X, Chen K, He K. The applications of WiFi-based Wireless Sensor Network in Internet of Things and Smart Grid. In: Proceedings of the 2011 6th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2011. 2011. p. 789–93.

- Lin Y, Kong R, Guan M, She R. Design and implementation of smart home intranet based on ZigBee. *Res J Appl Sci Eng Technol*. 2014;
- Mahali MI. Smart Door Locks Based On Internet Of Things Concept with Mobile Backend as a Service. *J Electron Informatics, Vocat Educ*. 2016;
- Mendez GR, Mukhopadhyay SC. A Wi-Fi based smart wireless sensor network for an agricultural environment. In: *Smart Sensors, Measurement and Instrumentation*. 2013. p. 247–68.
- Mohamad Noor M binti, Hassan WH. Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. *Comput Networks*. 2019;148:283–94.
- Pandey RC, Verma M, Sahu LK. Internet of Things (IOT) Based Gas Leakage Monitoring and Alerting System with MQ-2 Sensor. *Int J Eng Dev Res*. 2017;
- Pukhanov A. Wi-Fi Extension for Drought Early-Warning Detection System Components by. 2015;
- Saha S, Majumdar A. Data centre temperature monitoring with ESP8266 based Wireless Sensor Network and cloud based dashboard with real time alert system. In: *Proceedings of 2nd International Conference on 2017 Devices for Integrated Circuit, DevIC 2017*. 2017. p. 307–10.
- Sha K, Yang TA, Wei W, Davari S. A survey of edge computing based designs for IoT security. *Digit Commun Networks*. 2020;
- Singh P, Saikia S. Arduino-based smart irrigation using water flow sensor, soil moisture sensor, temperature sensor and ESP8266 Wi-Fi module. In: *IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference 2016, R10-HTC 2016 - Proceedings*. 2017.
- Škraba A, Koložvari A, Kofjač D, Stojanović R, Stanovov V, Semenkin E. Prototype of group heart rate monitoring with NODEMCU ESP8266. In: *2017 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2017 - Including ECYPS 2017, Proceedings*. 2017.
- Srivastava P, Bajaj M, Rana AS. IOT based controlling of hybrid energy system using ESP8266. In: *2018 IEEMA Engineer Infinite Conference, eTechNXT 2018*. 2018a. p. 1–5.
- Srivastava P, Bajaj M, Rana AS. Overview of ESP8266 Wi-Fi module based smart irrigation system using IOT. In: *Proceedings of the 4th IEEE International Conference on Advances in Electrical and Electronics, Information, Communication and Bio-Informatics, AEEICB 2018*. 2018b.
- Thaker T. ESP8266 based implementation of wireless sensor network with Linux based web-server. In: *2016 Symposium on Colossal Data Analysis and Networking, CDAN 2016*. 2016.
- Tonage S, Yemul S, Jare R, Patki V. IoT based home automation system using NodeMCU ESP8266 module. *Int J Adv Res Dev*. 2018;
- Union IT. ITU Internet Reports 2005: The Internet of Things. Vol. 4, *Communications Engineer*. 2005.
- Zha X, Ma M. Security improvements of IEEE 802.11i 4-way handshake scheme. In: *12th IEEE International Conference on Communication Systems 2010, ICCS 2010*. 2010. p. 667–71.
- Wireless Security Protocols [Internet]. Available from: <https://ipccisco.com/lesson/wireless-security-protocols/>

Teknoloji Alanında Faaliyet Gösteren Şirketlerin Finansal Form Okunabilirliğinin Metin Madenciliği Teknikleriyle Ölçülmesi

Measuring Financial Form Readability of Technology Companies with Text Mining Techniques

M.Fevzi Esen¹ , Tutku Tuncalı Yaman² 



ÖZ

Finansal piyasalarda işlem gören şirketlerin yükümlülükleri kapsamında bulunan ve işletme operasyonları ile işletmelerin finansal durumlarına ilişkin kapsamlı bilgi sağlayan kamuya açıklama formlarının (Disclosure forms) yatırımcılar tarafından anlaşılabilirliği için, karmaşık olmayan ve anlaşılabilir bir dil kullanılması gerekmektedir. Metinlerin söz dizimsel uzunluğu ve karmaşıklığının tespitinde kullanılan okunabilirlik indeksleri, uygulamalı dilbilim, metin ve söylem analizi ile doğal dil işleme gibi alanlarla yakından ilişkili olup, veri kaynağı olarak metin üzerinden anlamlı bilgi edinilmesini amaçlayan metin madenciliği fonksiyonlarından biridir. Bu çalışmada, 2010 – 2019 yılları arasında New York Borsası'nda (NYSE) işlem gören ve teknoloji alanında faaliyet gösteren 144 şirkete ilişkin farklı türlerde toplam 23.103 adet kamuya açıklama formu kullanılarak, her bir form türüne ilişkin okunabilirlik skorları hesaplanmıştır. Alternatif okunabilirlik indeksleriyle elde edilen skorlar karşılaştırılarak şirket ölçeklerine göre ortalama skorlar değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda, dosya boyutu haricindeki indekslerin birbirine yakın sonuçlar verdiği tespit edilmiş olup, incelenen kamuya açıklama formlarının, lisansüstü eğitime sahip yatırımcıların seviyesinden de yüksek skorda, “çok zor” okunabilirlik düzeyinde olduğu; orta ve büyük ölçekteki teknoloji şirketlerince raporlanan formların ise daha düşük okunabilirlik düzeyine sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Okunabilirlik İndeksi, Finansal Piyasalar, Metin Madenciliği

ABSTRACT

In financial markets, companies are required to disclose a comprehensive review of their business operations and financial positions via filing forms. For these forms to be understood by investors, it is necessary to use plain language without complexity. Readability indexes are used to determine the syntactic length and complexity of the texts, and they are closely related to fields such as applied linguistics, text analysis, and natural language processing. These indexes are one of the text mining functions, which aims to obtain meaningful information from texts as a primary data source. In this study, we calculated the readability scores of a total of 23,103 public disclosure forms of 144 technology companies on the New York Stock Exchange (NYSE) between 2010 - 2019. The scores were evaluated by comparing alternative readability indexes. As a result of the study, it was determined that readability indexes, except for file size, provide similar results, and it was concluded that public disclosure forms are “very difficult” to understand and require higher educational levels than a graduate education. It was also shown that the forms of medium and large-sized technology companies have lower readability levels than other technology companies.

Keywords: Readability Index, Financial Markets, Text Mining

¹Dr. Öğr. Üyesi, Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

²Dr. Öğr. Üyesi, Beykent Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Lojistik Yönetimi, İstanbul, Türkiye

ORCID: M.F.E. 0000-0001-7823-0883;
T.T.Y. 0000-0001-8742-2625

Corresponding author:
M. Fevzi ESEN
Sağlık Bilimleri Üniversitesi, İstanbul, Türkiye
E-mail address: fevzi.esen@sbu.edu.tr

Submitted: 24.10.2020
Revision Requested: 13.11.2020
Last Revision Received: 16.12.2020
Accepted: 16.12.2020

Citation: Esen, M. F. ve Tuncalı Yaman, T. (2020). Teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketlerin finansal form okunabilirliğinin metin madenciliği teknikleriyle ölçülmesi. *Acta Infologica*, 4(2), 77-97.
<https://doi.org/10.26650/acin.815945>

1. GİRİŞ

Günümüzde yazılı ve görsel veri kaynaklarındaki artış, pek çok türde ve uzantıda enformasyonun üretilmesine sebep olmaktadır. Yazılı kaynakların hem basılı hem de elektronik formatta mevcut olmasından dolayı, insanlar pek çok kararı söz konusu kaynaklardan edindikleri bilgiye dayanarak vermektedir. Bu bağlamda, farklı konularda karar alırken gerekli bilginin edinilmesinde yararlanılan metinlerin kolay okunabilirliği, diğer bir ifadeyle, anlaşılabilirliği konusu dikkat çekmektedir. Özellikle Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) uzun yıllardır ele alınan okunabilirlik düzeyi ölçümlemesi sadece istatistiksel araçlarla metnin karmaşıklığının ölçülmesinden ibaret olmayıp, hazırlanan metnin okunabilirlik düzeyinin; araştırmacılar, eğitimciler, dil bilimciler, yönetim, sağlık ve teknik alanlarda bilgilendirici doküman hazırlayanlar gibi tüm uzmanları bağlayıcı bir nitelik taşımaktadır. Teorik olarak uygulamalı dil bilimi, doğal dil işleme algoritmaları veyahut metin madenciliği alanında ele alınan okunabilirlik kavramı, pratikte her alanda doğru anlaşılabilirlik için doğru yazılı materyalin seçilmesinde, farklı alanlarda uzman olan veya olmayan kişilere bilgi aktarılmasında ve yazılı teknik metinler için bir standart oluşturulmasında kullanılmaktadır (Bailin ve Grafstein, 2016).

Finansal piyasalarda yatırımcıların özel durumlar hakkında bilgilendirilmesine yönelik yapılan kamuya açıklama formlarında ve finansal raporlamada, metinlerin ortalama eğitim düzeyine sahip bir yatırımcı tarafından anlaşılabilir olması, piyasalardaki bilgi akışını etkilemekte ve etkin piyasa oluşumuna katkı sağlamaktadır (Lee, 2012). Özellikle menkul kıymetleri piyasada işlem gören şirketler tarafından kamuya açıklanan finansal raporların ve formların okunabilirliği; şirket performansı, finansal planlama etkinliği, yatırımcı kararları ve yatırımlarının verimliliği, kurumsal yönetim, karlılık durumu ve faaliyet etkinliği, likidite ve beklenen getiri ile bilgi asimetrisi gibi birçok faktörle yakından ilişkili olup, piyasanın ve yatırımcıların korunması açısından önemli bir yere sahiptir (Loughran ve McDonald, 2011; Lang ve Stice-Lawrence, 2015; Hasan ve Habib, 2020). Şirketlerin kamuyu bilgilendirirken açıkladığı formların anlaşılabilirliğinin finansal alana özgü terimlere ağırlık verilerek, karmaşık veya uzun cümleler kullanılarak düşürülmesi piyasada bilgi asimetrisi yaratmakta ve yatırımcıların finansal varlıklarını yanlış yönetmesi probleminde de sebep olmaktadır (You ve Zhang, 2009; Bai vd., 2018).

Finansal formların ve raporların düzenlenmesinde uzun ve karmaşık olmayan cümlelerle hazırlanmış, anlaşılır bir metnin kullanılması koşulu, ABD Menkul Kıymetler ve Borsa Komisyonunca (SEC) düzenlenip yürürlüğe konmuştur. Buna göre yayınlanan kılavuzda, finansal formların raporlanmasında kullanılacak esaslar belirlenmiş olup, yalın bir dil kullanılmasının gerekliliği belirtilmiştir (SEC, 1998). Söz konusu kılavuzda ayrıca, kamuya açıklanacak finansal rapor ve formların mümkün olan en fazla sayıda ve farklı profilde yatırımcı tarafından da anlaşılabilirliği için yalın dilin nasıl kullanılması gerektiğine ilişkin dikkat edilmesi gereken standartlar sıralanmaktadır. Bu bağlamda, açıklanan formlardaki metinlerin içeriğindeki sözcüklerin anlaşılmasının zorluğu, söz dizimsel uzunluğu ve karmaşıklığı gibi dilsel özellikleri, metnin okunabilirlik düzeyinin tespit edilmesinde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, ABD'de çeşitli normlarla da düzenlenen okunabilirlik düzeyi aracılığıyla yatırımcıların finansal kararlar alırken başvurdukları kamuyu bilgilendirici formların okunabilirliğinin çeşitli alternatif indekslerle tespit edilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca çalışmada, şirket büyüklüklerine göre her bir form türünün okunabilirlik skorlarının farklılaşp farklılaşmadığı da incelenmiştir. Şirket değerleri göz önünde bulundurularak, özellikle bireysel yatırımcının ilgisini çeken teknoloji şirketleri (NY Times, 2019) çalışmanın örnekleme dahil edilmiştir. Bu ilgiyi ortaya koyan göstergelerden biri olan Finviz (2020) raporunda ele alınan ve son beş yıl için teknoloji şirketlerine ilişkin finansal performans göstergelerine bakıldığında, teknolojinin tüm alt sektörlerinde son 5 yıldaki satış büyüme oranları pozitif (ortalama: %12,89) iken, gelecek 5 yıla ilişkin hisse başı kazanç oranları da önceki 5 yıla göre (ortalama: %13,02) artış eğilimindedir. Ayrıca teknoloji şirketlerinin toplam piyasa değeri 2020 yılı itibarıyla 9,5 trilyon dolar olup, yazılım – altyapı, tüketici elektroniği, yarı iletkenler, yazılım – uygulama, bilgi teknolojileri, iletişim malzemeleri, yarı iletken ekipmanları ve donanım alt sektörlerinin sahip olduğu yüksek fiyat-kazanç oranı, gelecek dönemde yüksek nakit akışına işaret etmektedir (NYSE, 2020).

Yükselen piyasa değerine paralel olarak, yatırımcıların yüksek kazanç beklentisi ile yatırım yaptıkları teknoloji şirketlerinin SEC düzenlemelerine bağlı olarak yayınlamakla yükümlü oldukları formlar (8-K, 10-K, 10-Q, Form 3 ve Form 4) bulunmaktadır. Gerek bireysel gerekse kurumsal yatırımcılar, yatırım kararları öncesinde söz konusu formlara başvurmakta olup, yatırım

kararlarını formlar aracılığıyla açıklanan bilgi ve göstergelere göre almaktadır. Bu bağlam göz önünde bulundurularak çalışmanın araştırma sorusu, “NYSE’de işlem gören teknoloji şirketlerinin 2010-2019 döneminde yayınladıkları 8-K, 10-K, 10-Q, Form 3 ve Form 4 kamuya açıklama formları, SEC’in belirlediği standartlar doğrultusunda yatırımcılar tarafından anlaşılabilir bir düzeyde midir ve söz konusu formların okunabilirlik skorlarının yayınladıkları şirket ölçeğine göre farklılık göstermekte midir?” şeklinde ifade edilebilir. Araştırma sorusunun cevaplanması adına gerçekleştirilen uygulamada, 144 şirkete ait toplam 23.103 adet kamuya açıklama formunun okunabilirlik düzeyleri hakkında karşılaştırmalı bir değerlendirme yapabilmek adına, Loughran ve McDonald (2014) ile Zhou, Jeong ve Green (2017) çalışmalarında belirtilen metodoloji referans alınmıştır.

SEC’in finansal dokümanların oluşturulmasında kamu yararı gözeterek okunabilirliği belirli bir düzeye taşıyabilmek için yayınladığı “Sade İngilizce Kuralı” (The Plain English Rule) göz önünde bulundurulduğunda, yatırımcıya sunulan güncel finansal doküman, form ve raporların okunabilirlik düzeyinin incelenmesi önemlidir. Okunabilirlik kavramı Türkçe yazında da kullanılan bir kavram olmakla birlikte, söz konusu literatür tarandığında (bkz. Bölüm 3) bu kavramın daha çok eğitim bilimleri alanına odaklanan araştırmalarda kullanıldığı görülmektedir. Finansal dokümanların okunabilirliği hakkında ise, SEC örneğine benzer şekilde bir kuralın Türkiye’deki düzenleyici kurumlar tarafından ortaya konmuş olmamasına rağmen, finansal rapor ve formların okunabilirliği konusunun Türkiye’deki yatırımcıların korunması bağlamında da değerlendirilebilir olması, Türkiye’deki piyasalar için oluşturulabilecek Türkçe finansal dokümanlarda kullanılan dilin okunabilirliğinin artırılması ve özellikle kamuya açıklama formlarının yatırımcılar tarafından anlaşılabilir hale getirilmesi gerekmektedir.

Mevcut durumda Türkiye piyasalarında NYSE benzeri bir uygulama olmadığı bilinmekle beraber, alan literatüründe de Türkçe finansal dokümanların okunabilirliği ile ilgili herhangi bir çalışma veya öneriye rastlanmamıştır. Bir anlamda okunabilirlik düzeyinin artmasının da bir sonucu olarak değerlendirilebilecek yatırımcının korunması hususunda konuyu farklı açılardan ele alan iki araştırma bulunmaktadır. Bunlardan ilki, Çakın (2010) tarafından sermaye piyasalarında yatırımcıların korunması konusunda olup, kamuya açıklanan dokümanların okunabilirliği konusuna temas edilmemektedir. Üzeler (2014) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, 6502 sayılı Tüketicinin Korunması Hakkındaki Kanunda tüketici ile sözleşmelerin en az on iki punto büyüklüğünde, anlaşılabilir bir dilde, açık, sade ve okunabilir bir şekilde oluşturulmasına ilişkin hükmünün sermaye piyasası ilişkilerinde uygulama alanı bulabileceğinden bahsedilmektedir. Her iki çalışmada da okunabilirlik kavramına ve bunun uygulamada nasıl sağlanacağı ilişkin net bir ifadeye yer verilmemiştir. Bu açıdan değerlendirildiğinde, çalışmamızın Türkçe literatürde metin madenciligi ve okunabilirliği tanıtıcı bir özelliği barındırması açısından araştırmacılara katkı sağlaması beklenmektedir. Ayrıca, dünya piyasalarında işlem gören ve yukarıda belirtildiği üzere en yüksek piyasa değerine sahip olan teknoloji sektöründe faaliyet gösteren işletmelere ilişkin kamuya açıklama formlarının okunabilirliği üzerine yabancı literatürde de yapılan bir çalışmaya rastlanmamış olması, çalışmanın literatüre katkısını artıran bir diğer neden olarak görülmektedir.

Çalışmanın ilk bölümünde okunabilirlik kavramı, okunabilirlik indeksleri ve bu indekslerin hesaplama adımları hakkında detaylı bilgiye yer verilmiştir. Ardından okunabilirlik indeksleri konusunda yapılmış çalışmalara ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde ise çalışma kapsamında kullanılan veri seti hakkında bilgi verilmiş, farklı analiz teknikleri detaylandırılmıştır. Uygulama bölümünde ise teknoloji alanında faaliyet gösteren ve NYSE’ye kote olmuş 144 şirkete ilişkin farklı kamuya açıklama formlarının okunabilirlikleri çeşitli indeksler kullanılarak analiz edilmiş, bu analizlerden elde edilen bulgulara yer verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde ise, elde edilen bulgulara dayalı olarak değerlendirme ve önerilerde bulunulmuştur.

2. OKUNABİLİRLİK İNDEKSLERİ

Okunabilirlik kavramı, metinlerin okunaklı olması ve anlaşılabilirliği ile ilişkilendirilmekte olup, genel olarak bir metnin okuyucular tarafından hızlı, kolay ve anlaşılabilir şekilde okunabilmesi olarak tanımlanmaktadır (Klare, 1984). Bir önceki bölümde de değinildiği üzere, literatürde okunabilirlik konusunda yapılan teorik ve ampirik çalışmalarda, metnin biçimsel özelliklerinin metnin anlaşılabilirliği üzerindeki etkisi tartışılmış, birçok çalışmada da okuyucunun dikkatini metne çekebilmek için geliştirilebilecek tasarımlara ve tipografik unsurların kullanımına dikkat çekilmiştir (Di Marco, 2010;

Lupton, 2014). Metinlerin okuyucuya uygunluğu ve okurlar tarafından anlaşılabilirliği olan okunabilirlik kavramı, birçok araştırmada metnin dış yapı özelliklerini oluşturan harf büyüklüğü ve stili, vurgular, sayfa düzeni, çözünürlük, özel efektler ve renkler gibi okunaklılığı sağlayan unsurlardan ayrı olarak incelenmektedir (Bailin ve Grafstein, 2016). Metni oluşturan kelimelerin karmaşıklığı olarak da ifade edilen okunabilirlik, kullanılan dildeki yeni kelimelerin sayısı ve bunların kavranmasındaki kolaylık olarak da nitelendirilmektedir (Chandler, 2001).

Okunabilirlik üzerine yapılan matematiksel formül çalışmalarında, metnin yapısal zorluğunun belirlenmesinde tümce ve sözcük özelliklerinin kullanılarak niceliksel bir değerlendirmenin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Buna göre, istatistiksel geçerliliği kanıtlanmış pek çok formül geliştirilmiş olup, üretilen bilgi ve belgelerin okunabilirlik düzeylerinin niceliksel bir değerlendirmeye kolay ve hızlı şekilde tespit edilmesi hedeflenmiştir (Bailin ve Grafstein, 2016).

Metinlerin okunabilirlik düzeylerinin tespiti için Flesch (1948) tarafından yapılan çalışmada, metin içerisindeki kelime ve cümle uzunluğunun metnin anlaşılabilirliği ile ilişkili olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada, bir metinden seçilen 100 kelimelik bir kesit için kelime ve cümle uzunlukları hesaplanmaktadır. Kelime uzunluğunu (wl) belirlemek için toplam hece sayısı toplam kelime sayısına bölünmekte; cümle uzunluğunun (sl) tespiti için ise toplam kelime sayısı toplam cümle sayısına bölünmektedir. Buna göre, Flesch okuma kolaylığı (FRE) formülü aşağıdaki şekilde ifade edilmektedir (Flesch, 1948):

$$FRE=206,835-(0,846 \times wl)-(1,015 \times sl).$$

Hesaplama sonucunda elde edilen okuma kolaylığı skoru, eğitim düzeyi puanını belirlemek için Kincaid vd. (1975) tarafından yeniden uyarlanarak metinlerin tahmini sınıf seviyesindeki karşılığı elde edilmiştir. Uyarlanan Flesch – Kincaid İndeksi (FKI) şu şekilde formüle edilmektedir:

$$FKI=(0,39 \times sl)+(11,8 \times wl)-15.59.$$

Formül sonucunda elde edilen skor, Amerikan eğitim seviyesini yani, ilgili metni anlayabilmek için gerekli olan eğitim yılını vermektedir. Örneğin, işlem sonucunda elde edilen puan 13,2 ise metni okuyan kişinin metni anlayabilmesi için ortalama 13 yıl eğitim almış olması gerekmektedir.

Ortalama cümle uzunluğu ve metin içerisindeki 3 ve daha fazla heceli (multisyllabic- çok heceli veya kompleks) kelime oranı değişkenlerini temel alarak oluşturulan SMOG (Simple Measure of Gobbledygook) okunabilirlik indeksi McLaughlin (1969) tarafından ortaya atılmıştır. Buna göre diğer indekslerden farklı olarak metnin başından, ortasından ve sonundan alınan cümle örneklemelerinin, metnin anlamsal ve söz dizimsel etkileşiminden kaynaklanan olası problemleri elimine edebileceği savunulmaktadır. Çalışmada, bir metindeki toplam kelime sayısının cümle uzunluğu konusunda fikir verdiği ve bu durumun metin içerisindeki karmaşık kelime sayısı ile ilişkili olabileceği belirtilmektedir. Ayrıca, bir metindeki cümle uzunluğu arttıkça kelime başına düşen ortalama hece sayısının da artacağı belirtilmektedir (McLaughlin, 1969). SMOG skoru hesaplanırken en az 30 cümleden oluşan bir metin seçilerek, metinde bulunan çok heceli kelime sayısı tespit edilmektedir. Sonrasında, okuyucunun metni anlayabilmek için sahip olması gereken eğitim yılının bulunabilmesi için aşağıdaki denklem kullanılarak okunabilirlik skoru hesaplanmaktadır:

$$SMOG = 1,0430 \times \sqrt{\text{çok heceli kelime sayısı} \times \frac{30}{\text{cümle sayısı}}} + 3,1291.$$

Gunning (1952) tarafından kitap, dergi ve gazete yazarlarını desteklemek için geliştirilen indekste cümle karmaşıklığını ölçmek için ortalama cümle uzunluğu, kullanılan kelimelerin zorluğunu ölçmek için ise çok heceli kelimelerin sayısı değerlendirilmeye alınmıştır. Gunning-Fog (GF) indeksinde, kısa cümlelerin okunabilirliğinin uzun cümlelere göre daha kolay olduğu yaklaşımı benimsenmektedir. Hecelerin değerlendirilmesinde özel adlar, hece çizgisi olan ve İngilizce -s, -es, -er, -ed, -ing takılarına sahip olan kelimeler çok heceli olarak kabul edilmemektedir (Gunning, 1952). GF İndeksi aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir:

$$GF = 0,4 + \left[\left(\frac{\text{kelime sayısı}}{\text{cümle sayısı}} \right) + \left(100 \times \left(\frac{\text{çok heceli kelime sayısı}}{\text{kelime sayısı}} \right) \right) \right].$$

Amerikan eğitim seviyesine göre skor üreten bir diğer okunabilirlik indeksi, Coleman ve Liau (1975) tarafından geliştirilmiştir. Söz konusu indeks diğerlerinden farklı olarak, kelime başına düşen hece sayısı yerine kelimelerdeki karakter sayısına dayalı hesaplanmaktadır. Metin içerisindeki karakterler bilgisayar programlarıyla çok heceli kelimelere göre daha kolay sayılabildiği için, okunabilirlik skoru daha hızlı elde edilebilmektedir (Coleman ve Liau, 1975). Coleman-Liau İndeksi (CLI) aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$CLI=(0,0588 \times l)-(0,296 \times s)-15,8.$$

Formüle ifade edilen l değişkeni 100 kelimelik kesitteki ortalama karakter sayısını, s değişkeni ise 100 kelimelik kesitteki ortalama cümle sayısını belirtmektedir.

Smith ve Senter (1967) tarafından önerilen Otomatik Okunabilirlik İndeksi (ARI), hesaplamada metnin içerisindeki ortalama kelime uzunluğunun kaç karakterden oluştuğunu göz önünde bulundurmaktadır. Karakterlerin ve kelimelerin elektronik olarak sayımı, cümle ve paragrafların sayımından daha hızlı olduğundan, okunabilirlik skorunun gerçek zamanlı tespitinde söz konusu indeks sıklıkla kullanılmaktadır. ARI skoru aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$ARI = 4,71 \times \left(\frac{\text{karakter sayısı}}{\text{kelime sayısı}} \right) + 0,5 \times \left(\frac{\text{kelime sayısı}}{\text{cümle sayısı}} \right) - 21,43.$$

Belirtilen indeks skorlarına karşılık gelen Amerika Birleşik Devletlerindeki eğitim ve okunabilirlik seviyeleri Tablo 2'deki gibi verilmiştir. Buna göre, skoru 8-9 olan bir metnin standart düzeyde okunabilirlik seviyesine sahip olduğu ve ortalama 9. sınıf ve üzerindeki eğitim seviyesine sahip kişilerin anlayabileceği nitelikte olduğu söylenebilir. 17 ve üzerinde skora sahip metinlerin okunabilirlik düzeyi çok zor olmakla birlikte, lisansüstü seviyede bir eğitim düzeyi gerektirmektedir.

Tablo 2

Eğitim ve Okunabilirlik Seviyelerine Göre İndeks Skorları

İndeks Skoru	Okunabilirlik Düzeyi	Eğitim Düzeyi
0-5	Çok kolay	İlkokul
6	Kolay	6.sınıf
7	Biraz kolay	7. sınıf
8-9	Standart düzeyde	8. ve 9. sınıf
10-12	Biraz zor	10-12. sınıf
13-16	Zor	Üniversite (lisans)
≥17	Çok zor	Yüksek lisans ve üstü

Kaynak: DuBay (2004)

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Okunabilirlik kavramının çeşitli kaynaklardaki tanımına bakıldığında genel olarak herhangi bir metnin farklı düzeydeki okuyucu(lar) tarafından dile ilişkin bağlamlar çerçevesinde anlaşılabilirliği olarak açıklandığı görülmektedir. Çoğunlukla ilişkili olduğu “anlaşılabilirlik” ile karıştırılan okunabilirlik, metnin karakteri ile ilgili olarak anlaşılabilirlik, okunan metnin anlamlandırılacak okuyucunun seviyesi ile doğrudan bağlantılıdır (Güyer vd., 2009: 758). Klare (1963) dilbilimsel bakış açısıyla yaptığı tanımda okunabilirliği anlaşılabilirlik ile harmanlayarak “yazım tarzından dolayı metnin okunması ve anlaşılmasının kolaylığı” olarak ifade etmiştir. DuBay’e (2004) göre ise okunabilirlik bir metnin diğerlerinden daha kolay okunmasıdır ancak bu tanım yazı biçimi ve düzen ile ilişkili olan “okunaklılık” ile karıştırılmaktadır. Buna göre okunabilirlik, bir metnin okuyucu tarafından anlaşılma derecesi olarak ifade edilirken, anlaşılabilirlik ise okuyucunun metni okuyabilmesi için gerekli ve okunabilirlikle direkt ilişkili olan eğitim seviyesi olarak belirtilmektedir (DuBay, 2004).

Hisse senetleri borsada işlem gören şirketler hem finansal yatırımcılar hem de analistleri bilgilendirmek için işletmenin operasyonları ve finansal durumunu açıklayan pek çok doküman yayınlamakla yükümlüdür. Bu dokümanların kapsamı ve içeriği farklı ülkelerin menkul kıymetler borsaları için düzenleyici kurumlar tarafından detaylı olarak tanımlanmıştır. Bu konuda düzenleyici kurum ABD’de SEC¹, Türkiye’de ise Sermaye Piyasası Kuruludur² (SPK). Kamusal yarar gözetilerek

1 SEC’in borsada hisse senetleri işlem gören farklı nitelikteki şirketler için yayınlamayı zorunlu tuttuğu raporların listesi için: <https://www.sec.gov/forms>

2 SPK’nın finansal raporlamaya ilişkin esasları içeren mevzuatı için: <https://www.mevzuat.gov.tr/>

paylaşılması zorunlu kılınan bu metinler de tıpkı sağlık, eğitim veya askeri alanlarda paylaşılan ve öğretici nitelikteki dokümanlar gibi yoğun teknik bilgi ve terim içerir. Bu metinlerin okunabilirliği ise tartışmalıdır. Zira herhangi bir metnin okunabilirliği metnin yapısının yanı sıra okuyucunun dil yeteneği ve eğitim seviyesi ile de ilişkilidir (Al-Tamimi vd., 2014:373). Okuyucunun yeterlilik seviyesi genel olarak gelişim, öğrenim, deneyim ve yıllarca süren kapsamlı bir okuma deneyiminin ürünü olarak ulaşılan bir okuma yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Thomas, 2013: 148-149). Ekonomik İş Birliği ve Kalkınma Örgütüne (OECD) göre temel bir yaşam becerisi olan finansal okuryazarlığı oluşturan faktörler finansal bilgi, finansal tutum ve finansal davranıştır (OECD, 2017). Bu çalışmada ele alınan metinlerin de finansal nitelikli oldukları düşünüldüğünde, doğru anlaşılması ve buradan hareketle doğru finansal kararlar alınabilmesi aynı zamanda finansal okuryazarlık seviyesinin de yeterliliğini gerektirmektedir (Lusardi ve Tufano, 2009).

İlerleyen bölümlerde de detaylandırılacağı üzere, bir metnin okunabilirlik seviyesinin belirlenmesinde farklı analiz ve yaklaşımlardan yararlanılmaktadır. Ele alınan metnin zorluk seviyesi ile ilgili bir değerlendirme yapan Fakhfakh'a (2015) göre metinde yer alan kelimelerin ve cümlelerin uzunluğu okuma gücünün derecesini yükseltmektedir (bkz. Tablo 3). Vajjala ve Meurers'a (2014) göre ise cümle bazında karşılaştırma ve değerlendirme yapabilen güvenilir bir okunabilirlik modeli bulunmamaktadır. Bu kapsamda modellerin geliştirilmesi okunabilirliği zor olan bir metnin nasıl sadeleştirilmesi gerektiği ile ilgili sistematik bir bakış açısı da sunabilecektir.

Tablo 3

Kelimelerin / Cümlelerin Uzunluğuna Göre Metinlerin Dilsel Zorluk Seviyesi

Dilsel Birimler	Karakter Sayısı	Zorluk Seviyesi
Kısa kelimeler	4 ve daha az harf	Düşük
Orta uzunlukta kelimeler	5-9 arası harf	Orta
Uzun kelimeler	10'dan fazla harf	Yüksek
Kısa cümleler	15'den az kelime	Düşük
Orta uzunlukta cümleler	15-20 arası kelime	Orta
Uzun cümleler	20'den fazla kelime	Yüksek

Kaynak: Fakhfakh (2015)

1998 yılında SEC tarafından yayınlanan dokümanda kullanılan "Sade İngilizce" ifadesinin bağlamı, başkan Arthur Levitt tarafından şöyle açıklanmıştır: "Yatırımcıların federal menkul kıymetler yasalarımızla sağlanan korumalardan tam olarak yararlanabilmesi için açıklama belgelerini okuması ve anlaması gerekmektedir. Birçok yatırımcı ne avukat ne muhasebeci ne de yatırım bankacısı olduğundan, belgeleri yatırımcıların anlayabileceği bir dilde yazmaya başlamalıyız." (SEC, 1998:3). Söz konusu düzenleme, genel olarak, araştırmacı ve yatırımcılar ile paylaşılan finansal dokümanlarının hazırlanmasında okuyucunun anlamasını güçleştirecek legal ve teknik terminolojiden kaçınılması, kısa cümleler ve gündelik dil kullanımı, devrik cümlelere yer verilmemesi, karmaşık bilginin tablolar halinde sunulması gibi düzenlemeleri içermektedir (Loughran ve McDonald, 2010). Bu uygulamanın pek çok farklı dilde oluşturulacak finansal dokümanlar için de geçerli olacağı açıktır.

Finansal metinlerin okunabilirliği ile ilgili ABD'de yapılmış ilk çalışmalardan (Still, 1972; Dolphin ve Wagley, 1977) olan metin analizleri günümüzde de yoğun gelişim gösteren yöntemlerden biri olmuştur. Elektronik ortamda toplanan metinlerin hacminin giderek artmasına paralel olarak çeşitlenen analitik yöntemlerden biri olan metin madenciliği; eldeki dilsel verinin işlenmesi, analiz edilmesi, özetlenmesi ve anlaşılabilirliğinin değerlendirilmesinden oluşan yöntemler bütünüdür. Böylelikle herhangi bir konuda oluşturulmuş dağınık ve çok boyutlu metinler bütününe değerlendirilmesinden hareketle karar vericilere kapsayıcı nitelikte bilgi sunulmaktadır. Söz konusu inceleme sağlık, finans gibi özel terimleri barındıran alanlarda, doğal dil işleme teknikleri gerektiren konularda ve metnin semantik olarak doğru düzenlenmesinin değerlendirileceği durumlarda yapıldığında yaklaşımın önemi ortaya çıkmaktadır (Aggarwal ve Zhai, 2012:3). Son yıllarda okunabilirlik analizleri metin madenciliği, doğal dil işleme algoritmaları ve makine öğrenmesi yöntemleri ile birleştirilerek uygulanmaktadır. Pek çok araştırmacı tarafından yapılan farklı çalışmalarda finansal raporlarının okunabilirlik düzeyinin şirketin karlılığının doğrudan tahmincisi olduğu tespit edilmiştir, bunun tersi de geçerlidir (Fisher vd., 2016:168). Konu ile ilgili yabancı kaynaklarda yapılan literatür taraması Tablo 4'de verilmiştir. Loughran ve McDonald (2016:1193) tarafından özellikle 2000 yılı öncesinde konu ile ilgili yapılmış çalışmalarda ele alınan örneklemin yetersizliğinin vurgulanması nedeniyle çalışma kapsamında tarama yapılırken 2005 yılı ve sonrasında gerçekleştirilmiş çalışmalar kapsama alınmıştır.

Tablo 4

Literatür Taraması

Kaynak	Çalışma İçeriği
Li (2008)	Yazar, yıllık finansal raporların okunabilirliğini (örn. 10-Ks) Fog İndeksi ve yıllık raporda yer alan kelime sayısına göre ölçmüştür.
Bloomfield (2008)	Li'nin (2008) bakış açısını takip eden yazar düşük performans gösteren firmaların raporlarında daha uzun kelime ve cümleler kullandığını, firma performansı ile raporların okunabilirlik seviyesi arasındaki ilişkileri göstermiştir.
Biddle, Hilary ve Verdi (2009)	Çalışmada raporlama kalitesi Fog İndeksine göre yüksek olan firmaların daha yüksek sermaye yatırım verimliliğine sahip oldukları tespit edilmiştir.
You ve Zhang (2009)	Çalışmada SEC'in EDGAR 10-K dosyalarının yayınlanma tarihlerine göre anlık ve gecikmeli piyasa tepkisi incelenmiştir. 10-K formlarının yayın tarihlerindeki günlerde alışılmadık işlem hacimleri ve hisse senedi fiyat hareketleri belgelenmiştir. Daha karmaşık 10-K raporları olan şirketler için yatırımcıların fiyat değişikliklerine daha tepkisz oldukları görülmüştür.
Loughran ve McDonald (2010)	1994-2007 yılları arasında 42.357 adet 10-K dokümanı için farklı indekslerle okunabilirlik analizi yapılmıştır. Okunabilirlik düzeyinin incelenen dönem boyunca artan bir trend izlediği gözlenmiştir.
Miller (2010)	Çalışmanın sonuçlarına göre küçük yatırımcılar yüksek Fog İndeksi ve kelime sayısına sahip, diğer bir deyişle okunabilirlik düzeyi düşük 10-K raporları yayınlayan firmalara anlamlı olarak düşük düzeyde yatırım yapmaktadır.
Lehavy, Li ve Merkley (2011)	Çalışmada yazarlar okunabilirlik ile analistlerin düzeyi arasındaki bağlantıya odaklanılmışlardır. Fog İndeksi ile yapılan değerlendirmeye göre daha okunabilir yıllık raporların daha düşük profilli analist dağılımına ve daha yüksek kazanç tahmin doğruluğuna sahip olduğu bulunmuştur.
Rennekamp (2012)	Yazar, okunabilirlik seviyesi farklı ancak içerdiği bilgi düzeyi ve uzunluğu eşit olan perakende sektörüne ait finansal dokümanların 234 katılımcı tarafından değerlendirilmesini isteyerek deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Buna göre SEC "Sade İngilizce" standardına göre okunabilirliği artırılan metinlerdeki pozitif ve negatif nitelikli bilgilere dair katılımcıların tepkileri daha az okunabilir olanlara nazaran daha yüksek çıkmıştır.
Lee (2012)	Çalışma, firmaların zorunlu olarak yayınladıkları çeyrek raporlarının (10-Q) okunabilirliği ile hisse senedi fiyatlarının bilgi etkinliği arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. Okunabilirlik Fog İndeksi ve metnin uzunluğuna dayalı olarak ölçülmüştür.
Lawrance (2013)	Çalışmanın sonuçlarına göre hem Fog İndeksi hem de yıllık rapordaki kelime sayısı perakende sektöründeki yatırımcıların hisse senedi varlıkları ile ilişkilidir. Çalışmanın örnekleminde, ABD'deki toplam 78.000 hane halkı için 1994-1996 dönemine ait gerçek portföy varlıkları bulunmaktadır. Bireysel yatırımcıların yatırım yaptığı firmaların yıllık raporlarının daha az kelime içerdiği ve daha iyi okunabilirliğe sahip olduğu tespit edilmiştir.
Lundholm, Rogo ve Zhang (2014)	Yazarlar hisseleri ABD'deki borsalarda işlem gören yerli ve yabancı firmaların finansal dokümanlarının okunabilirlik düzeylerini Fog İndeksi ile karşılaştırmıştır. Buna göre yabancı menşeli firmaların daha fazla yatırım çekebilmek için yerlilere nazaran daha okunabilir formlar yayınladığı görülmüştür.
Loughran ve McDonald (2014)	Fog İndeksinin finansal uygulamalarda eksik ve hatalı kullanımına karşın 10-K dokümanlarının dosya büyüklüğünün okunabilirlik düzeyi olarak basitçe değerlendirilebilecek bir değişken olduğu ve kullanım kolaylığının yanı sıra Fog İndeksinden daha iyi performans gösterdiği ortaya konmuştur.
De Franco v.d. (2015)	Analist raporlarının okunabilirliğinin de yatırımcı davranışıyla ilişkili olduğu görüşüne dayanan yazarlar, okunabilirlik seviyesi için 2002-2009 döneminde yayınlanan 365.000'den fazla yıllık raporun bir örneğini üç farklı okunabilirlik indeksinin (Fog, Flesch ve Flesch-Kincaid) bir araya getirilmesi ile analiz etmişlerdir. Yazarlar, daha okunabilir analist raporlarının izleyen üç gün içinde önemli ölçüde daha yüksek işlem hacmi ile ilişkilendirildiğini keşfetmiştir.
Fakhfakh (2015)	Yazar okunabilirliği finansal bilgi kalitesi ve finansal iletişim etkinliğini belirleyen bir faktör olarak nitelendirmekte olup, kelime uzunluğu, cümle ve paragraf büyüklüğü gibi dilsel normların okuma zorluğunu ölçen en önemli değişkenlerden olduğu sonucuna varmıştır.
Tan, Wang ve Zhou (2015)	Yazarlar okunabilirliğin (yüksek ve düşük) ve karşılaştırmalı performans tutarlılığının (tutarsız ve tutarsız) yatırımcıların kararlarını nasıl etkilediğini araştırmış ve karşılaştırmalı performans tutarsız olduğunda finansal dokümanın okunabilirlik düzeyinin düşük olduğunu, yatırımcıların da bu tip firmaları yatırım için tercih etmediğini göstermişlerdir.
Loughran ve McDonald (2016)	Çalışmada, finansal metinlerin okunabilirliğinin değerlendirilmesinde yoğun ilgi gören sayısal analizlerin yanı sıra metin analizinin de önemine değinilerek bu alanda bir uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir.
Guay, Samuels ve Taylor (2016)	Fog İndeksi dahil altı farklı okunabilirlik ölçümüne dayanarak incelenen yıllık raporlara göre okunabilirlik düzeyi düşük raporları olan şirketlerin hisse satış ve nakit akışları için yönetime yönelik tahminler yayımlayarak negatif yönlü okunabilirlik etkisini azaltma eğiliminde olduğu tespit edilmiştir.
Bonsall IV vd. (2017)	Yazarlar makalede SEC'in "Sade İngilizce" kurallarını içine alan yeni bir okunabilirlik indeksini (Bog İndeks) önermişlerdir.
Dyer, Lang, ve Stice-Lawrence (2017)	Çalışmada 1996-2013 döneminde yayınlanan 10-K raporlarının okunabilirliğinin incelenmesi Latent Dirichlet Allocation (LDA) yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre metnin içerisinde yer alan gerçeğe uygun değer, iç kontroller ve risk faktörü açıklamaları metnin karakteristiğini açıklamada önemli değişkenler olarak bulunmuştur.
Lahtinen ve Shipe (2017)	Şirket büyüklükleri ve finansal rapor okunabilirliği üzerine yapılan çalışmalarda, şirketlerin sağladığı hizmet sayısı arttıkça kamuya açıklanan rapor ve formların okunabilirliğinin zorlaştığı tespit edilmiştir. Çalışmada, okunabilirliğin zorlaşmasındaki en önemli nedenlerden birinin bireysel yatırımcıların finansal raporlarda okuduklarını anlamak için finansal jargona sahip olmadıkları, yatırım danışmanlarına ihtiyaç duydukları ve bu durumun şirketleri anlaşılması zor bir yazım diline yönelttiği belirtilmektedir.
Bushee, Gow ve Taylor (2018)	Firmaların yayınladığı finansal metinlerdeki dilin karmaşıklığının sağlanan bilginin de karmaşıklığını yansıtacağı varsayımı ile dilsel karmaşıklık bilgisi asimetrisiyle zat ilişkileri olan iki örtük bileşeni (bilgi ve gizleme) bir araya getirdiğinin gösterilmesi amaçlanmıştır.
Lim, Chalmers ve Hanlon (2018)	Çalışmada firmaların iş stratejisinin yıllık finansal rapor okunabilirliğinin belirleyicisi olduğu gösterilmiştir. Okunabilirlik düzeyi ölçütü olarak Fog İndeksi kullanılmıştır.
Chakrabarty vd. (2018)	Çalışma kurumsal yıllık finansal raporların (10-K) okunabilirliği üzerine hisse senedi opsiyonlarına dayalı tazminatın rolünü incelemek üzere gerçekleştirilmiştir.

Luo, Li ve Chen (2018)	Yazarlar 2001-2015 yılları arasında Çin A-hissesi olan 19.221 firma-yıl verisini kullanarak, yıllık rapor okunabilirliği ve kurumsal ajans maliyetleri arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Okunabilirliğin rapor uzunluğu ve / veya dosya boyutu ile temsil edildiği çalışmada yıllık raporlarının okunabilirliği yüksek olan firmaların daha düşük ajans maliyeti ile karşılaştıkları görülmüştür.
Hesarzadeh ve Bazrafshan (2018)	Çalışmanın amacı, kurumsal rapor okunabilirliğinin düzenleyici denetleme riskini azaltıp azaltmadığını araştırmaktır. Çalışmada okunabilirlik Fog İndeksi kullanılarak ölçülmüştür. Bulgular, kurumsal raporların okunabilirliğinin düzenleyici denetleme riskini etkileyen faktörler ile ilişkili olduğunu bu riski azalttığını ortaya koymaktadır.
Boubaker, Gounopoulos ve Rjiba (2019)	Yıllık finansal raporların dilsel karmaşıklığının firmaların stok likiditesi üzerindeki etkisini araştıran çalışmada hesaplamalı dilbilim teknikleri kullanılmış, okunabilirlik düzeyi düşük raporların daha düşük stok likiditesi ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Buna göre çalışmada, okunması zor yıllık raporların yatırımcıların bu raporlarda yer alan bilgileri işleme ve analiz etme yeteneğini engellediğine ve böylece yatırım istekliliklerini azalttığına dair kanıtlar sunulmaktadır.
Luo ve Chen (2018)	Yazarlar okunabilir finansal raporların şirket içerisindeki yöneticilerin fırsatçı yatırım davranışlarını takip etmede kullanılabileceği ve bu durumun temsil maliyetlerinde bir düşüğe sebep olacağını belirtmektedir.
Jha (2019)	Yayımlanan finansal metinler üzerinde sosyal sermayenin etkisi incelenmiştir. Yüksek sosyal sermayeye sahip bölgelerde kurulmuş ABD firmalarının yıllık raporlarının okunabilirlik düzeyinin yüksek olduğu görülmüştür.
Kim, Wang ve Zhang (2019)	Çalışmada okunabilirlik düzeyi düşük 10-K raporlarına sahip firmaların hisse senedi fiyatlarında ani düşüş riski ile karşı karşıya olduğu gösterilmektedir.
Cassell, Cunningham ve Lisic (2019)	Çalışmada işleme akıcılığı teorisi uygulanarak, ele alınan şirketin bir SEC yorum mektubuna ilk tepkisinin okunabilirliği ve incelemiden kaynaklanan olumsuz sonuçlarla ilişkili olup olmadığı incelenmiştir. Buna göre okunabilirlik düzeyi düşük şirket yanıtlarının, daha uzun yanıt süreleri ve şirketin incelenmiş bir dosyayı yeniden düzenleme veya değiştirme olasılığının daha yüksek olması ile ilişkili olduğu görülmüştür.
deHaan vd. (2020)	S&P 500 indeksinde hemen hemen aynı yönetmeliklere, risklere ve brüt getirilere sahip ancak büyük ölçüde farklı fiyatlanabilen fonların açıklamalarındaki örtüklük durumu incelenmiştir. Yatırım fonları için özel olarak tasarlanmış tedbirler kullanarak, yüksek ücretleri gereksiz yere karmaşık açıklamalarla gizlemeye çalışan fonlar tespit edilmiş ve metinlerin okunabilirlik düzeyi ile fiyat dağılımının ilişkisine değinilmiştir.

Ülkemizde okunabilirlik üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde bunların temelde eğitim alanında yoğunlaştığı görülmektedir. Ateşman (1997) tarafından yapılan ölçüme dayalı ilk çalışma, Flesch'in (1948) yaklaşımının Türkçeye uyarlanmasıdır. Bunun yanı sıra Boztaş ve diğerleri (2014) sağlık sektöründeki metinlerin okunabilirliği üzerine bir çalışma gerçekleştirmiş, Adalı (2018) ise yüksek lisans tezinde Sosyal Güvenlik Mevzuatının okunabilirliğini ele alarak farklı alanlarda konunun önemini ve uygulanabilirliğini göstermiştir. Finansal alanda yapılan tek çalışma ise Keskin ve diğerlerine (2020) ait olup; bankacılık, imalat ve telekomünikasyon sektörlerine ait bağımsız denetçi raporlarının Otomatik Okunabilirlik İndeksi (ARI) ile değerlendirilmesi ve bunda cinsiyet rolünün etkisinin tespit edilmesi üzerinedir. Özcan ve Türü (2004) tarafından 1292 yatırımcı ile telefonla anket yöntemiyle gerçekleştirilen çalışmada ise katılımcılara halka açık şirketler ve hisse senetleri ile ilgili önemli bilgiler içeren dokümanlar ile mali tabloları inceleyip incelemedikleri, inceleyenlere de dokümanları anlamakta zorluk çekip çekmedikleri sorulmuştur. Sonuçlara göre yatırımcıların %85'i bu tip raporları ve dokümanları incelemekte ancak anlamakta zorluk çekmektedirler.

4. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada, 01.01.2010-01.10.2019 tarihleri arasında NYSE'de işlem gören ve teknoloji alanında faaliyet gösteren 144 şirkete ilişkin toplam 23.103 adet kamuya açıklama formu kullanılmıştır. İlgili formlar SEC EDGAR elektronik platformundan elde edilmiş olup; tamamlanmamış ve eksik olan form kayıtlarıyla birlikte, form eklerinde bulunan SMS ve e-mail yazışmaları veri setinden çıkartılmıştır. Çalışma kapsamında incelenen formların şirketler tarafından raporlanması ve kamuya açıklanması zorunlu olduğundan, kelimelerin tekil anlamları ve cümlelerde hangi sırada bir araya gelerek cümle anlamını oluşturduğuna ilişkin kurallar, diğer bir deyişle, söz dizimsel ve anlamsal olarak uygunluğu da SEC tarafından düzenlenmiştir. Buna göre formların etken ve kısa cümleli yapıda, sade ve anlaşılır bir dilde, okunaklı bir şekilde ve gerekli olmayan detayları içermeyen sade kelimelerle düzenlenmiş olması gerektiği çeşitli kurullarla zorunlu hale getirilmiştir (SEC, 1998). Çalışmada ayrıca, Lo vd. (2017) tarafından şirket karlılığını ölçen ve finansal form okunabilirliğini etkileyen önemli faktörlerden biri olarak gösterilen şirket büyüklüğü değişkeni kullanılarak, şirket büyüklüklerine göre form okunabilirliklerinin anlamlı derecede farklılaşıp farklılaşmadığı araştırılmıştır.

Veri seti, R programlama dili kullanılarak analiz edilmiş olup, XBRL, XML, pdf ve HTML türündeki formların işlenebilir hale getirilebilmesi için öncelikle metin dosyasına dönüştürme işlemi gerçekleştirilmiştir. Veri ön işleme sürecinde sırasıyla aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Formlarda bulunan grafiklerin veya XML, XBRL türündeki istenmeyen ifadelerin tespit edilerek veri setinden çıkartılması,
2. Unicode ve HTML türündeki metin ifadelerinin ASCII formatına dönüştürülmesi,
3. Formlardaki ifadelerde yer alan para cinsi gibi simge ve sembollerin yazı formatına dönüştürülmesi,
4. Formlardaki söz dizimsel yapının dil bilgisi kurallarına göre çözümlenebilmesi amacıyla ayrıştırma ağacının (parse tree) oluşturulması,
5. Ayrıştırma ağacının temizlenmesi: Metin belgeleri yarı yapılandırılmış veya yapılandırılmamış bir ifadeler yığınından oluşmaktadır. Bu safhada ayrıştırma ağacında bulunan sayfa numaraları, tablolar, istenmeyen XML ve HTML etiketleri gibi unsurların temizlenerek sadece okunabilir yazının kalması amaçlanmıştır.
6. Aynı paragrafa ait tüm cümlelerin aynı satırda gruplandırılması: Okunabilirlik indeksinin hesaplanabilmesi için paragraf sayımı önemli olduğundan, aynı paragrafa ait tüm cümleler aynı satırda gruplandırılarak paragraf yapısı büyük oranda korunmuştur.

Form içerisindeki karakterlerin sayımında, Gillick'in (2009) çalışmasında belirtildiği şekilde, beş veya daha fazla kelimenin oluşturduğu cümleler dikkate alınmıştır. Hece sayımı ise Carnegie Mellon Üniversitesi Telaffuz Sözlüğü (CMUdict) kullanılarak gerçekleştirilmiş olup, ilgili sözlükte bulunmayan telaffuzların varlığı durumunda R programlama dili *NLP* paketi (Hornik ve Hornik, 2018) kullanılarak standart doğal dil işleme yardımıyla hece sayısı hesaplanmıştır. Kelimelerin sayımında kısa çizgi, tırnak işareti, parantez ve denden gibi noktalama işaretleri ihmal edilmiştir. Form içerisindeki cümlelerin tespiti için yukarıda belirtilen çalışmadan hareketle, beş ve daha fazla kelimenin oluşturduğu dizilimler kullanılmıştır. Cümlelerin başlangıç ve bitişinin tespitinde ise, %0,35 hata oranı ile doğru tahmin gerçekleştiren Cümle Sınır Tespiti (SBD) algoritmasından yararlanılmıştır (Gillick, 2009). Bir satır başından diğer satır başına kadar olan kelimeler bütünü olarak tanımlanan paragraf sayımı için, en az on kelimededen oluşan metinler dikkate alınmıştır. HTML uzantılı dosyalarda, temizleme betiği (script) dosya içerisinde <p>,
, , veya <tr> gibi etiketlere rastlandığında satır başı, başka bir deyişle yeni paragraf oluşturmaktadır. Biçimlendirilmiş metin dosyalarında ise boş satırlar yeni paragraf başlangıcını göstermektedir. XML yapısındaki dokümanlar yapılandırılmış içeriğe sahip olduğundan belge yapısında herhangi bir hata yoksa içeriğin bilgi girişi doğru ve eksiksiz kabul edilmekte olup, bu yapı metin madenciliği uygulamalarında da sıklıkla tercih edilmektedir (Chakrabarty v.d., 2018). Veri setini oluşturan finansal formlara ilişkin tanımlar Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5
İncelenen Form Türleri

Form Türü	Tanım
3	Menkul kıymet ihraç eden şirketlerin yöneticileri, çalışanları ve herhangi bir menkul kıymet sınıfının %10'unundan fazlasına sahip olan hissedarlar, gerçekleştirdikleri işlemleri belirlenen süreler içerisinde SEC'e raporlamaktadır. Menkul kıymetlerin mülkiyet beyannamesi niteliğinde doldurulan Form 3 söz konusu yönetici, çalışan ve hak sahiplerinin varlıklarını açıklamak için kullanılmaktadır. Ayrıca ilgili form içeriden öğrenenlerin ticaretini düzenlemek için önemli bir adım olarak nitelendirilmektedir. Form 3 doldurulup raporlandıktan sonra kamu denetimine açık hale gelmektedir. Ayrıca söz konusu kişilerin menkul kıymet borsalarında takibi ve şüpheli davranışlarının tespiti Form 3'de sağlanan bilgiler aracılığıyla gerçekleştirilmektedir. Formda içeriden öğrenenin (insider) kimliği, şirket içerisindeki pozisyonu, sahibi olduğu menkul kıymetin türü, miktarı ve ihraççı şirkete ilişkin beyan bulunmaktadır.
4	İçeriden öğrenenlerin menkul kıymetlerinde meydana gelen değişiklikler Form 4'de raporlanmakta olup, işlemin gerçekleştirildiği günden itibaren iki iş günü içerisinde SEC'e bildirilmelidir. Menkul kıymet hak sahipliğine ilişkin ilk beyan Form 3 ile verilmekte olup, hak sahipliğine ilişkin değişiklikler Form 4'te bildirilmektedir. Formda gerçekleştirilen işlemin tarihi, türü ve miktarı beyan edilmektedir.
8-K	Şirket bünyesinde gerçekleşen ve hissedarları ilgilendiren önemli olayların ve değişikliklerin duyurulmasını sağlayan 8-K, SEC'e bildirilen en önemli formlardan biridir. Mali yıl içerisindeki iflas, şirket devri, yönetici istifası, anlaşma feshi, maddi varlık edinimi veya satışı, tesis değişikliği, hissedar haklarında yapılan değişiklikler, kredi temerrüt takasları, sertifika / ana sözleşme veya tüzük değişiklikleri ve şirket genel kurulu oylama sonuçları gibi olaylar söz konusu formda dört gün içerisinde raporlanmakta ve kamuya duyurulmaktadır.
10-K	10-K formu, halka açık bir şirket tarafından şirketin kendi finansal performansı hakkında SEC'e yıllık olarak sunduğu en kapsamlı rapordur. Form, kamuyu aydınlatma kapsamında şirketlerin raporladıkları en ayrıntılı doküman olmakla birlikte, şirketlerin olağan genel kurullarından önce hissedarlarla paylaşılmaktadır. Söz konusu form şirket geçmişi, organizasyon yapısı, idari tazminatlar, öz sermaye yapısı, bağlı ortaklıklar ve denetlenmiş finansal tablolar gibi bilgileri içermektedir.

10-Q

Menkul kıymet ihraç eden şirketlerin her üç ayda bir SEC'e sunmasının gerekli olduğu 10-Q formu denetlenmemiş olup, 10-K ile benzer nitelikte bilgiler içermektedir. Formda, genellikle şirketlerin finansal pozisyonlarıyla ilgili daha az ayrıntıda bilgi sunulmaktadır. İlgili form yılın ilk üç çeyreği için düzenlenmekte ve son çeyrek için ayrıntılı 10-K formu beyan edilmektedir. Şirketler halka açıklıklarının büyüklüğüne bağlı olarak, çeyrek sonundan itibaren 40, 45 veya 10 gün içerisinde ilgili formu doldurmak zorundadır. Örneğin, şirketin halka açık menkul kıymet değerinin en az 700 milyon dolar olması durumunda, şirketin ilgili çeyrek mali yılını takiben en geç 40 gün sonra 10-Q formunu düzenleyip SEC'e bildirim zorunludur.

Kaynak: Yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Aşağıdaki uygulama bölümünde teknoloji alanında faaliyet gösteren ve NYSE'ye kote olmuş 144 şirkete ilişkin kamuya açıklama formlarının okunabilirlik analizleri ile bu analizlerden elde edilen bulgulara yer verilecektir.

5. UYGULAMA

Formların raporlandığı yıllar itibariyle dağılımlarına bakıldığında çoğunluğu şirketin piyasa değerini etkileyebilecek nitelikteki önemli olayların veya değişikliklerin raporlandığı 8-K formlarının oluşturduğu ve son 15 yılın en büyük değer artışının yaşandığı 2013 yılını takip eden 2014 yılında ise, içeriden öğrenenlerin raporladıkları Form 3 ve 4'lerin sayısında ciddi bir artış kaydedildiği görülmektedir (bkz. Tablo 6). Ayrıca aynı sene içerisinde, sisteme en yüksek sayıda form girişi gerçekleştirildiği görülmektedir. Diğer taraftan 10-K ve 10-Q formlarının dağılımı yaklaşık olarak aynı oranda seyretmekte olup, yıllar itibariyle önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Tablo 6

Yıllara Göre Form Sayıları

Yıllar	Form Türü					Toplam
	10-K	10-Q	3	4	8-K	
2010	114 (%6,6)	337 (%19,5)	19 (%1,1)	106 (%6,1)	1155 (%66,7)	1731 (%100)
2011	113 (%6,4)	342 (%19,4)	24 (%1,4)	81 (%4,6)	1200 (%68,2)	1760 (%100)
2012	118 (%6,5)	355 (%19,5)	21 (%1,2)	91 (%5,0)	1232 (%67,8)	1817 (%100)
2013	117 (%6,2)	360 (%18,9)	25 (%1,3)	106 (5,6%)	1294 (%68,0)	1902 (%100)
2014	127 (%2,7)	393 (%8,4)	153 (%3,3)	2564 (%54,8)	1446 (%30,9)	4683 (%100)
2015	133 (%4,0)	393 (%11,7)	155 (%4,6)	1253 (37,3%)	1421 (%42,4)	3355 (%100)
2016	115 (%5,4)	386 (%18,3)	113 (%5,4)	177 (%8,4)	1321 (%62,5)	2112 (%100)
2017	129 (%6,6)	375 (%19,2)	18 (%0,9)	99 (%5,1)	1329 (%68,2)	1950 (%100)
2018	137 (%6,1)	408 (%18,2)	29 (%1,3)	103 (%4,6)	1561 (%69,7)	2238 (%100)
2019*	105 (%6,8)	278 (%17,9)	29 (%1,9)	69 (%4,4)	1074 (%69,1)	1555 (%100)
Toplam	1208 (%5,2)	3627 (%15,7)	586 (%2,5)	4649 (%20,1)	13033 (%56,4)	23103 (%100)

*01.10.2019 itibariyle.

Tablo 7'de her bir form türüne ilişkin okunabilirlik indeksini oluşturan değişkenlerin tanımsal istatistikî ölçütleri verilmiştir. Ortalama karakter, hece, kelime, cümle, paragraf ve çok heceli kelime sayısı açısından 10-K formları diğer form türlerine göre yüksek bulunmuştur. Metnin fiziki niteliği ve okunabilirliğinin değerlendirilmesinde etkili faktörlerden olan kelime ve cümle uzunluklarının 10-K ve 10-Q formlarında çok yüksek olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın, cümle başına düşen ortalama kelime sayısı ve paragraf başına düşen ortalama kelime sayısının içeriden öğrenenlerin kullandığı Form 3 ve Form 4'de yüksek olduğu görülmektedir. Normallik varsayımı sağlanamadığından dolayı, form türüne göre ortalama skor farklılıklarının araştırılmasında parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır.

Tablo 7

Okunabilirlik Değişkenleri Tanımlayıcı İstatistikler ve Kruskal-Wallis Testi Sonuçları

Değişken	Form Türü	Ortalama Skor	S.S.	Q1	Medyan	Q3	H*
Karakter sayısı	a 10-K (b, c, d, e)	320,376	134,391	243,979	300,712	375,593	11,341**
	b 10-Q (a, c, d, e)	146,371	92,265	84,103	126,973	188,184	
	c Form 3 (a, b, d, e)	3,734	2,180	3	3,181	3,947	
	d Form 4 (a, b, c)	5,938	4,646	4	4,330	6,756	
	e 8-K (a, b, c, d)	13,115	54,687	2,415	3,391	6,782	
Hece sayısı	a 10-K (b, c, d, e)	89,699	37,357	68,280	84,539	105,312	11,329**
	b 10-Q (a, c, d, e)	40,621	25,510	23,096	35,098	52,726	
	c Form 3 (a, b, d, e)	1,019	598	3	881	1,103	
	d Form 4 (a, b, c)	1,593	1,273	4	1,129	1,802	
	e 8-K (a, b, c, d)	3,584	15,227	651	913	1,836	
Kelime sayısı	a 10-K (b, c, d, e)	47,639	20,063	36,341	44,766	55,660	11,456**
	b 10-Q (a, c, d, e)	21,828	13,818	12,542	18,833	28,113	
	c Form 3 (a, b, d, e)	505	238	3	482	589	
	d Form 4 (a, b, c)	511	344	4	438	552	
	e 8-K (a, b, c)	2,004	8,540	362	507	1,010	
Cümle sayısı	a 10-K (b, c, d, e)	1,893	690	1,491	1,820	2,207	17,760**
	b 10-Q (a, c, d, e)	830	431	509	755	1,079	
	c Form 3 (a, b, d, e)	8	5	3	8	10	
	d Form 4 (a, b, c)	7	8	4	6	9	
	e 8-K (a, b, c)	61	171	21	26	40	
Paragraf sayısı	a 10-K (b, c, d, e)	656	274	505	627	770	17,512**
	b 10-Q (a, c, d, e)	292	196	174	258	377	
	c Form 3 (a, b, d, e)	5	10	3	1	7	
	d Form 4 (a, b, c)	2	5	4	1	1	
	e 8-K (a, b, c, d)	28	91	11	13	19	

Çok heceli- kompleks kelime sayısı	a	10-K (b, c, d, e)	12392	5089	9498	11712	14507	11,238**
	b	10-Q (a, c, d, e)	5451	3359	3132	4769	7063	
	c	Form 3 (a, b, d, e)	132	80	92	115	148	
	d	Form 4 (a, b, c)	210	175	111	147	239	
	e	8-K (a, b, c, d)	469	1969	89	126	253	
Cümle başına düşen ortalama kelime sayısı	a	10-K (c, d, e)	25	3	23	25	26	12,711**
	b	10-Q (c, d, e)	26	8	23	25	27	
	c	Form 3 (a, d, e)	76	60	3	64	87	
	d	Form 4 (a, b, c)	123	119	4	85	149	
	e	8-K (a, b, c, d)	23	9	17	20	25	
Paragraf başına düşen ortalama kelime sayısı	a	10-K (c, d, e)	71	18	64	69	74	13,544**
	b	10-Q (c, d, e)	73	18	63	70	78	
	c	Form 3 (a, b, d, e)	288	252	3	278	468	
	d	Form 4 (a, b, c)	300	249	4	229	414	
	e	8-K (a, b, c, d)	46	88	26	33	48	

Not: Tabloda parantez içinde ve *italik* olarak verilen harfler, farklı harflerle kategorize edilmiş form türleri için çoklu karşılaştırma testi sonucunda birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede ($p < 0,01$) farklılaşan grupları göstermektedir.

** $p < 0,01$

Tablo 7’de gösterildiği üzere, form türlerinde ortalama karakter sayısı, hece sayısı, paragraf ve çok heceli kelime sayısı ile birlikte, cümle ve paragraf başına düşen ortalama kelime sayısı %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılaşmaktadır. Kruskal-Wallis testine göre birbirinden istatistiksel olarak anlamlı formları tespit etmek için post-hoc yaklaşımlarından Dunn’ın (1964) sıra toplamlarına dayalı çoklu karşılaştırma testi gerçekleştirilmiştir. Buna göre, ortalama kelime ve cümle sayısında, Form 3 ve Form 4 birbirinden anlamlı derecede farklı olmayıp, diğer form türleri birbirlerinden ve Form 3 ile Form 4’den istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılaşmaktadır. Paragraf başına düşen ortalama kelime sayısı 10-K ve 10-Q formlarında benzer olup, diğer form türlerinde ortalama kelime sayısı istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılaşmaktadır. Genel olarak değerlendirildiğinde, her bir değişkene ilişkin ortalama skorlar 10-K ve 10-Q formlarında yüksek bulunup anlamlı olarak farklılaşsa da Form 3 ve Form 4’ün, diğer form türlerine göre birbirlerine daha yakın skorlara sahip olduğu söylenebilir.

Tablo 8
Farklı Okunabilirlik İndekslerine Ait Skor ve Tanımlayıcı İstatistikler

İndeks Türü	Form Türü	Ortalama Skor	S.S.	Q1	Medyan	Q3	H*
Dosya boyutu (MB)	a 10-K (b, c, d, e)	12,71	8,07	7,46	12,19	16,18	17,156**
	b 10-Q (a, c, d, e)	7,01	4,93	3,66	6,18	9,26	
	c Form 3 (a, b)	0,02	0,11	0,011	0,017	0,020	
	d Form 4 (a, b)	0,01	0,01	0,012	0,015	0,021	
	e 8-K (a, b)	0,53	2,20	0,03	0,11	0,35	
Flesch-Kincaid	a 10-K	16,35	0,96	15,79	16,24	16,75	13,694**
	b 10-Q	16,45	3,10	15,46	16,23	17,03	
	c Form 3 (d)	37,97	26,36	24,79	32,85	39,16	
	d Form 4 (c)	68,65	52,63	36,28	51,99	85,46	
	e 8-K	14,50	3,68	12,14	13,38	15,60	
Gunning Fog	a 10-K	20,40	0,97	19,79	20,31	20,81	13,171**
	b 10-Q	20,39	3,13	19,45	20,18	20,93	
	c Form 3 (d)	40,95	25,13	28,76	35,39	43,90	
	d Form 4 (c)	65,32	50,54	33,81	46,42	78,88	
	e 8-K	18,85	3,73	16,43	17,88	20,07	
Coleman-Liau	a 10-K	22,54	0,62	22,18	22,47	22,83	4,403**
	b 10-Q	22,45	1,25	21,92	22,26	22,65	
	c Form 3 (d)	27,42	11,46	20,55	21,36	30,88	
	d Form 4 (c)	51,54	20,16	35,75	56,55	65,13	
	e 8-K	22,07	1,38	21,15	21,83	22,73	
ARI	a 10-K	22,70	1,28	21,95	22,49	23,15	13,124**
	b 10-Q	23,14	4,20	21,86	22,65	23,79	
	c Form 3 (d)	51,69	34,75	33,62	44,99	53,57	
	d Form 4 (c)	94,44	68,88	52,13	74,57	117,47	
	e 8-K	21,39	4,80	18,36	19,89	22,61	
Smog	a 10-K	17,66	,68	17,24	17,61	17,97	13,240**
	b 10-Q	17,61	1,23	17,00	17,52	18,06	
	c Form 3 (d)	27,76	9,82	22,50	25,78	28,55	
	d Form 4 (c)	41,09	20,76	26,33	34,68	51,27	
	e 8-K	16,33	2,39	14,64	15,73	17,39	

Not: Tabloda parantez içinde ve italik olarak verilen harfler, farklı harflerle kategorize edilmiş form türleri için çoklu karşılaştırma testi sonucunda birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede ($p<0,01$) farklılaşan grupları göstermektedir.

** $p<0,01$

Farklı form türlerinin okunabilirlik indekslerine ilişkin ortalama skorlar ve Kruskal Wallis testine dayalı farklar ve post-hoc sonuçları Tablo 8’de gösterilmiştir. Buna göre, Flesch – Kincaid İndeksine göre 10-K ve 10-Q formlarının skorlarının birbirine benzer olup, en az lisans seviyesinde eğitime sahip kişilerce anlaşılabilir nitelikte, “zor” okunabilirlik düzeyinde olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu formlar için Smog İndeks skoru 17, diğer indeks skorları da 20’nin üzerinde olup, okunabilirlik

düzeyi “çok zor” olarak nitelendirilmektedir. 8-K formu için elde edilen skorlar 10-K ve 10-Q formlarıyla benzerlik göstermekte olup, söz konusu formlara ilişkin skorlar arasında %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılık bulunmamaktadır. Buna karşın, Form 3 ve 4’ün diğer formlardan daha da zor anlaşılabilir olduğu ve söz konusu formlara ilişkin okunabilirlik skorlarının birbirlerinden ve diğer form türlerinden istatistiksel olarak anlamlı derece farklılaştığı sonucuna ulaşılmıştır. Diğer taraftan, Loughran ve McDonald (2014) tarafından gerçekleştirilen finansal tablo açıklamalarının okunabilirliğine ilişkin çalışmada, formların dosya büyüklüğünün okunabilirlik indeksleriyle ilişkili olduğu ve belge ayrıştırma gerektirmeden hesaplanabilen, basit fakat önemli bir değişken olarak nitelendirilebileceği belirtilmektedir. Dosya boyutu açısından bakıldığında, işletmelerin detaylı bilgilerini kamuya açıkladığı 10-K formlarının boyutunun diğer form türlerine göre anlamlı derecede yüksek olduğu, Form 3 ve Form 4’e ait dosya boyutlarının istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılaşmadığı görülmektedir.

Tablo 9

Okunabilirlik İndeksleri Korelasyon Tablosu

İndeks Türü (N: 23.103)	Flesch-Kincaid	Coleman-Liau	Gunning Fog	ARI	Smog	Dosya Boyutu (MB)
Flesch-Kincaid	1	0,811*	0,996*	0,999*	0,987*	-0,057*
Coleman-Liau		1	0,757*	0,828*	0,851*	-0,051*
Gunning Fog			1	0,993*	0,976*	-0,058*
ARI				1	0,988*	-0,065*
Smog					1	-0,047*
Dosya Boyutu (MB)						1

* $p < 0,01$

Tablo 9’da okunabilirlik indeksleri arasındaki doğrusal ilişki Pearson Korelasyon Katsayıları ile incelendiğinde, her bir indekste üretilen skorların birbirleriyle istatistiksel olarak anlamlı pozitif yönlü ve güçlü bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir. Korelasyonun yüksek olması farklı indekslerle ölçüm sonucunda benzer okunabilirlik sonuçlarının alındığını ve dolayısıyla okunabilirlik ölçümlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte tüm indeks skorları ile dosya boyutu arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı ve ters yönlü olduğu görülmektedir. Buna göre dosya boyutu (MB) arttıkça tüm indeks türlerinde okunabilirlik skoru azalmaktadır.

Tablo 10

Şirket Büyüklüğüne Göre Raporlanan Form Sayıları

Form Türü	Şirket Büyüklüğü				Toplam (n=144)
	Mikro (n=38)	Küçük (n=29)	Orta (n=34)	Büyük (n=43)	
10-K	328	232	274	374	1208
10-Q	990	692	823	1122	3627
Form 3	89	147	130	220	586
Form 4	435	1186	1097	1931	4649
8-K	3562	2292	2721	4458	13033
Toplam	5404	4549	5045	8105	23103

Çalışma kapsamında şirket büyüklüğünün, şirketlerin kamuya açıkladıkları finansal formların okunabilirlik düzeyi ile ilişkili olup olmadığının tespiti amacıyla teknoloji alanında faaliyet gösteren ve NYSE’de işlem gören toplam 144 şirket piyasa değerine göre sınıflandırılmıştır. Bu doğrultuda, şirket büyüklüklerine ilişkin büyüklük sınıflarının eşik değerleri belirlenirken persentillere dayalı piyasa değerleri kullanılmıştır. Buna göre, 0 – 300 milyon dolar piyasa değerine kadar olan şirketler “Mikro”, 301 milyon dolar – 2 milyar dolara kadar olan şirketler “Küçük”, 2 – 10 milyar dolar “Orta”, 10 milyar dolar ve üstü şirketler ise “Büyük” olarak etiketlenmiştir. Şirket büyüklüğüne göre incelenen 23.103 formun dağılımı Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 11’de gösterildiği üzere, büyük şirketlerde içeriden öğrenenler statüsüne sahip yönetici ve çalışan sayısının daha fazla olduğu veya söz konusu statüye sahip kişilerin sahip oldukları menkul kıymetlerdeki değişikliklerin daha sık gerçekleştiği / raporlandığı varsayımından hareketle, raporlanan Form 3 ve Form 4 sayısı büyük şirketlerde daha yüksek olarak izlenmektedir.

Tablo 11

Şirket Büyüklüğüne Göre Farklı Okunabilirlik İndekslerine Ait Skor ve Tanımlayıcı İstatistikler

İndeks Türü	Form Türü	Şirket Büyüklüğü							
		(a) Mikro		(b) Küçük		(c) Orta		(d) Büyük	
		Ortalama Skor	S.S.	Ortalama Skor	S.S.	Ortalama Skor	S.S.	Ortalama Skor	S.S.
Flesch-Kincaid	10-K	15,97 (b, c, d)	0,98	16,35 (a, c)	0,90	16,60 (a, b)	0,91	16,50 (a, b)	0,90
	10-Q	16,29 (c, d)	3,95	16,40 (c, d)	4,63	16,58 (a, b)	1,50	16,71 (a, b)	1,52
	Form 3	54,85 (b, d)	49,67	39,38 (a, d)	21,70	33,33 (a)	11,86	32,95 (a, b)	17,67
	Form 4	76,34 (b)	50,04	57,72 (a, c, d)	49,74	78,89 (b)	67,69	67,80 (b)	42,89
	8-K	14,50	3,77	14,46 (d)	3,88	14,54	3,80	14,50 (b)	3,43
Coleman	10-K	22,24 (b, c, d)	0,42	22,59 (a, c)	0,56	22,71 (a, b)	0,65	22,69 (a, b)	0,7
	10-Q	22,21 (c, d)	0,81	22,29 (c, d)	1,16	22,69 (a, b)	1,47	22,60 (a, b)	1,39
	Form 3	37,01 (b, c, d)	15,62	27,20 (a, d)	10,59	24,85 (a)	8,36	25,20 (a, b)	9,52
	Form 4	57,93 (b, c)	17,03	39,25 (a, c, d)	21,88	53,81 (a, d)	19,54	56,36 (b, c)	16,58
	8-K	22,09	1,32	22,14 (d)	1,62	22,07	1,35	22,20 (b)	1,29
Gunning Fog	10-K	20,17 (b, c, d)	1,02	20,36 (a, c)	0,93	20,61 (a, b)	0,95	20,46 (a, b)	0,94
	10-Q	20,30 (c, d)	3,99	20,30 (c, d)	4,72	20,45 (a, b)	1,44	20,50 (a, b)	1,51
	Form 3	55,38 (d)	49,27	42,45 (d)	20,00	36,99	10,88	36,45 (a, b)	16,11
	Form 4	71,54 (b)	49,35	57,42 (a, c, d)	46,67	75,20 (b, d)	65,77	63,15 (b, c)	41,26
	8-K	18,89	3,79	18,77 (d)	3,95	18,89	3,88	18,85 (b)	3,47
ARI	10-K	22,27 (b, c, d)	1,27	22,69 (a, c)	1,23	22,95 (a, b)	1,30	22,89 (a, b)	1,23
	10-Q	22,86 (c, d)	5,36	23,15 (c, d)	6,33	23,21 (a, b)	2,02	23,34 (a, b)	2,00
	Form 3	75,31 (c, d)	64,27	53,31 (d)	29,10	45,35 (a)	16,06	44,80 (a, b)	23,44
	Form 4	105,53 (b)	64,53	78,34 (a, c, d)	65,89	107,96 (b)	88,07	94,14 (b)	55,92
	8-K	21,37 (d)	4,97	21,43 (d)	5,11	21,39	4,95	21,37 (a, b)	4,40
Smog	10-K	17,50 (b, c, d)	0,72	17,64 (a, c)	0,62	17,82 (a, b)	0,65	17,71 (a, b)	0,66
	10-Q	17,52 (c, d)	1,41	17,50 (c, d)	1,55	17,68 (a, b)	0,95	17,71 (a, b)	0,99
	Form 3	33,20 (d)	16,96	28,66 (d)	8,77	26,12	5,18	25,93 (a, b)	7,59
	Form 4	43,79 (b)	20,32	36,10 (a, c, d)	20,28	45,01 (b)	24,61	41,32 (b)	17,97
	8-K	16,35	2,42	16,26 (d)	2,51	16,37	2,47	16,32 (b)	2,25

Not: Tabloda parantez içinde ve italik olarak verilen harfler, farklı harflerle kategorize edilmiş farklı büyüklüklerdeki şirket türleri için Dunn'ın (1964) sıra toplamlarına dayalı çoklu karşılaştırma testi sonucunda birbirinden istatistiksel olarak anlamlı derecede ($p < 0,01$) farklılaşan grupları göstermektedir.

** $p < 0,01$

Şirket büyüklüklerine göre her bir form türü farklı okunabilirlik indeksi skorları bağlamında değerlendirildiğinde, 10-K

formu okunabilirlik skorlarının küçük ve büyük şirketler ile orta ve büyük şirketlerde anlamlı derecede farklılaşmadığı, diğer tüm karşılaştırmalar için ise istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durumda örneğin, mikro şirketler ile küçük şirketlerin 10-K formu okunabilirlik skorları istatistikî olarak anlamlı derecede farklılaşmaktadır. Aynı şekilde, mikro ve orta ölçekteki, mikro ve büyük ölçekteki, küçük ve orta ölçekteki işletmelerin raporladıkları 10-K formlarının okunabilirlik düzeyi %99 güven düzeyinde farklılaşmaktadır. Buna göre okunabilirliği en zor olan ve yüksek lisans üstü seviye gerektiren 10-K formları orta ve büyük ölçekli işletmeler tarafından üretilmektedir. Orta ve büyük, mikro ve küçük şirketlerde 10-Q formları için okunabilirlik skorları anlamlı derecede farklılaşmamakta olup, diğer şirket ölçeği karşılaştırmalarında anlamlı fark görünmektedir. Bu durumda, orta ve büyük ölçekli şirketlerde 10-Q formlarının okunabilirlik düzeyinin diğer şirketlere göre daha yüksek olduğu ve söz konusu formların çok zor anlaşılabilir olarak nitelendirilebileceği söylenebilir. 8-K formu açısından sadece küçük ve büyük işletmeler ile mikro ve büyük işletmelerin tüm indekslerdeki okunabilirlik skorları istatistiksel olarak anlamlı derecede farklılaşmaktadır. Tüm indeks türlerinde küçük ve büyük ölçekteki işletmelerin 8-K formu okunabilirlik skorları arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir.

İçeriden öğrenenlerin raporladıkları Form 3'lerin okunabilirlik düzeylerine bakıldığında, mikro şirketlerce raporlanan formların diğer ölçekteki şirketlerin raporladıkları formlardan anlamlı derecede yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Ayrıca, küçük ölçekteki şirketlerin raporladıkları Form 3'lerin de "çok zor" seviyede okunabilir olduğu ve okunabilirlik skorlarının diğer ölçekteki şirketlerden farklılaştığı tespit edilmiştir. Buna göre, mikro ve küçük ölçekteki şirketlerdeki yönetici, çalışan ve hak sahiplerinin gerçekleştirdikleri işlemleri raporladıkları formun okunabilirlik düzeyi, orta ve büyük ölçekteki şirketlerde raporlanan formların okunabilirlik düzeyinden anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Bütün indeks türlerinde orta ve büyük şirketlerdeki okunabilirlik skorları arasında anlamlı bir fark görülmemektedir.

Aynı şekilde, Form 4'e ilişkin okunabilirlik skorları değerlendirildiğinde tüm ölçeklerdeki şirketlerde raporlanan formların "çok zor" düzeyde olduğu dikkat çekmektedir. İçeriden öğrenenlerin kendi varlıklarında meydana gelen değişiklikleri raporladıkları Form 4'ün okunabilirlik düzeyi küçük ölçekteki işletmelerde "çok zor" seviyede olmasına rağmen, diğer ölçekteki şirketlerde raporlanan form skorlarının küçük ölçekteki şirkette raporlanan form skorlarından anlamlı derecede yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

6. SONUÇ VE TARTIŞMA

Okunabilirlik indeksleri eğitim bilimleri başta olmak üzere, anket çalışmaları, raporlar ve genel olarak bir metnin anlaşılabilirliğini ölçmek amacıyla gerçekleştirilen geniş bir uygulama alanına sahiptir. Çalışmada da gösterildiği üzere, okunabilirlik skorunun elde edilmesinde birçok farklı indeks kullanılmakta olup, anlamsal zorluk ve söz dizimsel karmaşıklık için her indeksin hesaplamasında genel olarak ortalama kelime ve cümle uzunluğuna dayalı skorlar üretilmektedir.

Bu çalışmada ele alınan konu bağlamında araştırma örneğine 01.01.2010 - 01.10.2019 tarihleri arasında NYSE'de işlem gören 144 teknoloji şirketi alınmış olup, toplamda 23.103 adet finansal kamuya açıklama formu incelenmiştir. Yapılan analiz sonucunda, şirketlerin olağan genel kurullarından önce hissedarlarıyla paylaştıkları ve şirketin finansal durumunun ayrıntılı olarak raporlandığı 10-K ve 10-Q formlarındaki karmaşık (kompleks) kelime sayısının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketlerin hissedarları ve yatırımcılarının şirket tarafından raporlanıp kamuya açıklanan formları anlayabilmesi için en az lisansüstü düzeyinde bir eğitim seviyesi veya uzmanlığa sahip olmaları gerektiğine işaret etmektedir. Finans alan yazını içerisinde değerlendirildiğinde bu sonuç, Bonsall vd. (2017) ve Lo vd. (2017) tarafından NYSE'de işlem gören şirketlerin yıllık faaliyet raporlarının okunabilirlik seviyesinin tespiti üzerine gerçekleştirilen çalışmanın sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Buna göre, ilgili formların çok zor okunabilirlik seviyesinde olması piyasalarda bilgi asimetrisi doğurabileceği gibi, menkul kıymet fiyat tahmini, kredi ve risk derecelendirme, borçlanma maliyeti, likidite ve işlem düzeyi, işletme karlılığı ve yatırım etkinliğini de olumsuz yönde etkileyecektir (Hasan, 2018). 10-K ve 10-Q formları şirket büyüklüklerine göre değerlendirildiğinde ise, orta ve büyük ölçekli teknoloji işletmelerinde üretilen formların genel olarak diğer ölçekteki işletmelerin kamuya açıkladığı formlardan daha zor anlaşılabilir bir düzeyde olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu durum, kamuya açıklanan formların "Sade İngilizce" kuralına uygunluğu başta olmak üzere, Lo vd. (2017) ve Hesarzadeh v.d. (2018) çalışmalarında şirket karlılığı, finansal yönetim etkinliği, kurumsal iletişim ve denetim gibi

konularla ilişkilendirilen şirket büyüklüğüyle birlikte, finansal form okunabilirliğinin teknoloji alanında faaliyet gösteren işletmeler için ayrıntılı olarak değerlendirilmesi gerektiğini göstermektedir. Nitekim, Li (2008)'de belirtildiği üzere, şirket büyüklüğü iş operasyonlarındaki ve organizasyondaki karmaşıklığı arttırdığı için daha zor okunabilirlik seviyesinde finansal raporlar üretilmesine sebep olmaktadır. Kim v.d. (2018) çalışmasında ortaya konan, şirket finansal formlarının okunabilirlik düzeyiyle menkul kıymet fiyatlarındaki düşüşün pozitif ilişkisi de göz önünde bulundurulduğunda, teknoloji şirketlerinin finansal piyasalardaki değer artışının yanı sıra; finansal raporların okunabilirlik düzeyindeki artışın menkul kıymet fiyatları açısından bir risk oluşturduğu düşünülebilir. Ayrıca, hissedarları ilgilendiren önemli şirket olaylarının raporlandığı 8-K formlarının da okunabilirlik seviyesinin çok zor olduğu sonucuna ulaşılması, yukarıda belirtilen hususu güçlendirmektedir.

Şirket içerisinde menkul kıymet fiyatlarını etkileme gücüne sahip, ayrıcalıklı veriye erişimi bulunan yönetici ve çalışanların finansal piyasalardaki işlemlerinin kamuya açıklandığı Form 3 ve Form 4'ün okunabilirlik düzeyine bakıldığında ise yatırımcıların, yönetici ve çalışanların menkul kıymetlerinde meydana gelen değişiklikleri okuyup anlamada güçlük çektiği ve yatırımcıların yine en az lisansüstü eğitim düzeyine sahip olması gerektiği göze çarpmaktadır. Bu durum Loughran ve McDonald (2013) çalışmasında da belirtildiği şekilde, teknoloji şirketlerine yatırım yapmak isteyen yatırımcıların şirketin varlıklarına ve kurumsal yönetimine ilişkin risk karakteristiklerini doğru bir şekilde değerlendirememesi ve bununla birlikte gelen menkul kıymet fiyatlarındaki oynaklık problemini ortaya çıkaracaktır. Form 3 ve Form 4 okunabilirlik düzeyinin mikro boyuttaki işletmelerde çok daha yüksek olması ise, söz konusu şirketlerdeki yönetici ve çalışanların finansal piyasalarda gerçekleştirdikleri işlemlerin yatırımcılar tarafından anlaşılmasının çok zor olduğuna işaret etmektedir. Neill vd. (2008) tarafından belirtildiği şekilde, içeriden öğrenenlerin anormal getirilerinin küçük ölçekli işletmelerde daha yüksek olduğu göz önüne alındığında, söz konusu işletmelerdeki içeriden öğrenenlerin Form 3 ve Form 4 gibi işlem raporlarının okunabilirlik düzeyinin finansal getirilerle değerlendirilmesi hususu önem kazanmaktadır.

Genel olarak çalışmada incelenen finansal formların okunabilirlik düzeyinin “çok zor” olması, diğer bir ifadeyle, söz konusu formların yatırımcılar tarafından anlaşılabilmesi, finansal bilgilerin belirsizliğini ve karmaşıklığını arttırmakta olup, piyasalarda asimetrik bilgi sorununu doğuran önemli etkenlerden biridir. Anlaşılması zor ve bilgi eksikliği yaratan finansal formlar yatırımcıların piyasalardaki davranışlarını bozma eğilimi yaratacağından söz konusu formlar yatırımcılar tarafından güvenilir referanslar olarak kabul edilmeyecektir. Bu durum ayrıca, piyasalarda şeffaflığa engel olmakla birlikte, yatırım verimliliği, kurumsal yönetim, şirket etkinliği gibi piyasayı ve yatırımcıları ilgilendiren faktörleri de olumsuz yönde etkileyecektir. Piyasada ortaya çıkabilecek bilgi asimetrisi problemlerine yönelik olarak, şirketlerce yayınlanan rapor ve formların şekil ve içeriği konusunda getirilen standartların geliştirilmesi gerekmekte olup, şirketlerin faaliyet gösterdikleri teknolojik alana ilişkin dilin sadeleştirilerek anlaşılır bir seviyeye getirilmesi, teknik terimlerin form ve raporlarda, gerekirse, açıklama veya dipnot şeklinde verilmesi önerilmektedir.

Yukarıda da belirtildiği üzere mevcut literatürde, şirketlerin kamuyu aydınlatma amacıyla resmî kurumlara bildirdikleri metin dosyasının boyutu, okunabilirliğin bir ölçüsü olarak kabul edilmektedir. Söz konusu ölçüt veri ayrıştırma ve metin çıkarma gibi işlemleri gerektirmemektedir. Bununla birlikte, dosya boyutunun diğer indekslerle korelasyonuna bakıldığında negatif yönde anlamlı ve düşük bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir. Loughran ve McDonald (2014) tarafından belirtildiği üzere, şirketlerin raporladıkları dosya boyutunun kurumsal bilgi ortamı ve menkul kıymet fiyatlarındaki volatilitenin negatif yönde etkilediği göz önünde bulundurulduğunda ise özellikle 10-K ve 10-Q formlarının yüksek boyutta olduğu görülmektedir. Finans bakış açısıyla değerlendirildiğinde bu durum, okunabilirlik indeksleriyle şirketlerin finansal performans göstergeleri arasındaki ilişkinin incelenmesinin faydalı olabileceğini düşündürmektedir.

Diğer taraftan, okunabilirlik indeksleriyle cümle uzunluklarının doğru bir şekilde ölçülmesi amaçlandığı için, form içerisinde bulunan bağlaçlar, noktalama işaretleri, kısaltmalar, bölüm başlıkları, matematiksel semboller ve sektöre ilişkin terminolojik kelimeler, cümle sınırlarının belirlenmesini zorlaştırmaktadır. Bu sebeple, belirli bir işlem yüküne sahip okunabilirlik skoru hesaplama sürecini optimize etmek amacıyla, analiz edilecek finansal dokümanların tanımlanması ve içeriğin anlaşılabilmesinde hibrit doğal dil işleme tekniklerinden yararlanılmasının yazım yanlışları ve imla hatalarının düzeltilerek uzun cümlelerin okunabilirliğinin artırılmasına da katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca söz konusu tekniklerin kullanımı, doküman içerisinde bulunan liste, tablo veya farklı türdeki yapılandırılmamış veri alanlarından hiçbir kısıta bağlı kalmadan anlamlı

ifadelerin elde edilmesinde faydalı olacaktır. Günümüzde işletmelerin kamuya açıkladığı veya işletme faaliyetlerine yönelik ürettiği doküman miktarı düşünüldüğünde, dokümanlar içerisindeki anlamlı bilgilerin çıkarılmasına yönelik olarak özellik seçme, boyut indirgeme gibi işletme maliyetlerini azaltıcı makine öğrenmesi ve derin öğrenme yaklaşımlarının geliştirilmesi önerilmektedir.

Çalışmada, hali hazırda Türkiye örneğinde formların doldurulmasında dikkat edilmesi gerekli olan dilbilimsel standartlara ilişkin referans alınabilecek bir düzenleyici kural veya doküman bulunmaması ve metin madenciliği için finans alanında oluşturulmuş teknik terimler sözlüğü olmaması nedeniyle, uygulama NYSE örnekleme üzerinden gerçekleştirilmiştir. Hem farklı endekslerle ölçümlenen okunabilirlik düzeyleri karşılaştırılmış, hem de şirket ölçeği düzeyinde bir karşılaştırma yapılmıştır. Çalışmada ayrıca, ilerde planlanabilecek Türkiye örneklemleri için şirket ölçeklerine göre okunabilirlik skorlarının değerlendirilmesinin önemine de dikkat çekilmektedir. Çalışma kapsamında ele alınan ve incelenen finansal formların okunabilirlik düzeyi ile ilgili ABD’de SEC tarafından yapılan düzenlemelerin benzerlerinin Borsa İstanbul’da işlem gören şirketlerin kamuya yayınlamakla yükümlü olduğu finansal formlar için de uygulanmasının yerli yatırımcıları korumak ve doğru finansal kararlar alabilmelerini sağlayabilmek adına yasal bir zemine oturtulması önerilmektedir. Okunabilirlik düzeyi ile ilgili Türkçe finansal metinler üzerine çalışmalar gerçekleştirilebilmesi için terimler sözlüğünün oluşturulması da önemlidir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

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

Kaynaklar/References

- Adalı, A. (2018). *Sosyal Güvenlik Mevzuatının Okunabilirlik Düzeyi ve Buna İlişkin Bir Uygulama*. (Yayımlanmamış Y.L. Tezi), Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Denizli.
- Aggarwal, C. C., Zhai, C. (2012). An Introduction to Text Mining. C.C. Aggarwal, C. Zhai, içinde *Mining Text Data* (S. 1-10), Boston: Springer.
- Al Tamimi, A. K., Jaradat, M., Al-Jarrah, N., Ghanem, S. (2014). AARI: Automatic Arabic Readability Index, *The International Arab Journal of Information Technology*, 11(4), 370-378.
- Ateşman, E. (1997). Türkçede Okunabilirliğin Ölçülmesi, *Dil Dergisi*, 58, 171-174.
- Bailin, A., Grafstein, A. (2016). *Readability: Text And Context*, Boston: Springer.
- Biddle, G., Hilary, G., Verdi, R. (2009). How Does Financial Reporting Quality Relate to Investment Efficiency?, *Journal of Accounting And Economics*, 48, 112-31.
- Bloomfield, R. (2008). Discussion of Annual Report Readability, Current Earnings, and Earnings Persistence, *Journal of Accounting and Economics*, 45(2-3), 248-252.
- Bonsall Iv, S. B., Leone, A. J., Miller, B. P., Rennekamp, K. (2017). A Plain English Measure of Financial Reporting Readability. *Journal of Accounting and Economics*, 63(2-3), 329-357.
- Boubaker, S., Gounopoulos, D., Rjiba, H. (2019). Annual Report Readability and Stock Liquidity, *Financial Markets, Institutions and Instruments*, 28(2), 159-186.
- Bushee, B.J., Gow, I.D., Taylor, D.J. (2018). Linguistic Complexity İn Firm Disclosures: Obfuscation or Information?, *Journal of Accounting Research*, 56(1), 85-121.
- Cassell, C. A., Cunningham, L. M., Lisic, L. L. (2019). The Readability of Company Responses to SEC Comment Letters and SEC 10-K Filing Review Outcomes, *Review of Accounting Studies*, 24(4), 1252-1276.
- Kim, C., Wang, K., Zhang, L. (2019). Readability of 10-K Reports and Stock Price Crash Risk. *Contemp Account Res*, 36, 1184-1216.
- Chakrabarty, B., Seetharaman, A., Swanson, Z., Wang, X. (2018). Management Risk Incentives and the Readability of Corporate Disclosures, *Financial Management*, 47(3), 583-616.
- Chakraborty, G., Pagolu, M., Garla, S. (2013). *Text Mining and Analysis: Practical Methods, Examples, and Case Studies Using SAS*, North Carolina: Sas Institute Inc.
- Chandler, S.B. (2001). *Legibility And Comprehension of Onscreen Type*, (Yayımlanmamış Doktora Tezi), Virginia Polytechnic Institute And State University, Blacksburg, Virginia, Usa.
- Coleman, M., Liau, T. L. (1975). A Computer Readability Formula Designed for Machine Scoring, *Journal of Applied Psychology*, 60(2), 283-284.
- Çakın, T. (2010). *Yatırımcıların Korunması Kapsamında Aracılık Faaliyetlerinde İş Yapış Kurallarına İlişkin Yurtdışı Düzenlemeler ve Türkiye İçin*

- Öneriler, 18 Eylül 2020 Tarihinde SPK Hukuk İşleri Dairesi: <https://www.spk.gov.tr/Siteapps/Yayin/Yayingoster/1156> Adresinden Alındı.
- De Franco, G., Hope, O. K., Vyas, D., Zhou, Y. (2015). Analyst Report Readability, *Contemporary Accounting Research*, 32(1), 76-104.
- Dehaan, E., Song, Y., Xie, C., Zhu, C., (2020). *Disclosure Obfuscation in Mutual Funds*, 18 Eylül 2020 Tarihinde [ssrn: https://ssrn.com/abstract=3540215](https://ssrn.com/abstract=3540215) Adresinden Alındı.
- Di Marco, J. (2010). *Digital Design for Print and Web: An Introduction to Theory, Principles and Techniques*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Dolphin, R., Wagley, R. A. (1977). Reading the Annual Report, *Financial Executive*, 45(6), 20–22.
- Drake, M. S., Roulstone, D. T., Thornock, J. R. (2016). The Usefulness of Historical Accounting Reports, *Journal of Accounting And Economics*, 61(2-3), 448-464.
- Dubay, W. H. (2004). *The Principles of Readability*. Costa Mesa: Impact Information.
- Dunn, O. J. (1964). Multiple Comparisons Using Rank Sums, *Technometrics*, 6(3), 241-252.
- Dyer, T., Lang, M., Stice-Lawrence, L. (2017). The Evolution of 10-K Textual Disclosure: Evidence From Latent Dirichlet Allocation, *Journal of Accounting and Economics*, 64(2-3), 221-245.
- Fakhfakh, M. (2015). The Readability of International Illustration of Auditor's Report: An Advanced Reflection on the Compromise Between Normative Principles and Linguistic Requirements, *Journal of Economics, Finance and Administrative Science*, 20(38), 21-29.
- Finviz (2020). *Financial Visualizations*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde Finviz: <https://finviz.com/groups.Ashx?G=industryvesg=technologyvev=210veo=Marketcap> Adresinden Alındı.
- Fisher, I. E., Garnsey, M. R., Hughes, M. E. (2016). Natural Language Processing in Accounting, Auditing and Finance: A Synthesis of the Literature with A Roadmap for Future Research, *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management*, 23(3), 157-214.
- Flesch, R. (1948). A New Readability Yardstick, *Journal of Applied Psychology*, 32, 221-233
- Gillick, D. (2009). Sentence Boundary Detection and the Problem with the Us, *Proceedings of Human Language Technologies: The 2009 Annual Conference of the North American Chapter of The Association for Computational Linguistics, Companion Volume: Short Papers* İçinde, (s. 241-244).
- Guay, W., Samuels, D., Taylor, D. (2016). Guiding through the Fog: Financial Statement Complexity and Voluntary Disclosure, *Journal of Accounting and Economics*, 62(2-3), 234-269.
- Gunning, R. (1952). *The Technique of Clear Writing*, New York: Mcgraw-Hill.
- Güyer T., Temur T. Solmaz E. (2009). Bilgisayar Destekli Metin Okunabilirliği Analizi, *Türk Eğitim Bilimleri Dergisi*, 7(4), 751-766.
- Hasan, M.M. (2020) Readability of Narrative Disclosures in 10-K Reports: Does Managerial Ability Matter?, *European Accounting Review*, 29:1, 147-168
- Hesarzadeh, R., Bazrafshan, A. (2018). Corporate Reporting Readability and Regulatory Review Risk, *Baltic Journal of Management*, 13(4), 488-507.
- Hornik, K., Hornik, M. K. (2018). *Package 'Nlp'*, 21 Eylül 2020 Tarihinde Cran: [Http://cran.salud.gov.sv/web/packages/Nlp/Nlp.Pdf](http://cran.salud.gov.sv/web/packages/Nlp/Nlp.Pdf) Adresinden Alındı.
- Jha, A. (2019). Financial Reports and Social Capital, *Journal of Business Ethics*, 155(2), 567-596.
- Keskin, D. A., Tutar, S., Öktem, B., Akçay, B. (2020). ARI Okunabilirlik Endeksine göre Cinsiyetin Kilit Denetim Konularının Okunabilirliği Üzerine Etkisi: Sektörel Bir İnceleme, *Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Öneri Dergisi*, 15(53), 209-228.
- Kim, C., Wang, K., Zhang, L. (2019). Readability of 10-K Reports and Stock Price Crash Risk, *Contemporary Accounting Research*, 36(2), 1184-1216.
- Kincaid, J. P., Fishburne, R. P., Rogers, R. L., Chissom B. S. (1975). Derivation of New Readability Formulas (Automated Readability Index, Fog Count, and Flesch Reading Ease Formula) for Navy Enlisted Personnel, *Research Branch Report*, 8-75.
- Klare, G. R. (1963). *The Measurement of Readability*, Ames: Iowa State University Press.
- Klare, G. R. (1984). *Readability. Handbook of Reading Research*, New York: Longman.
- Lawrence, A. (2013). Individual Investors and Financial Disclosure, *Journal of Accounting and Economics*, 56(1), 130-147.
- Lee, Y. J. (2012). The Effect of Quarterly Report Readability on Information Efficiency of Stock Prices, *Contemporary Accounting Research*, 29(4), 1137-1170.
- Lehavy, R., Li, F., Merkley, K. (2011). The Effect of Annual Report Readability on Analyst Following and The Properties of Their Earnings Forecasts, *The Accounting Review*, 86(3), 1087–1115.
- Li, F. (2008). Annual Report Readability, Current Earnings, and Earnings Persistence, *Journal of Accounting and Economics*, 45(2-3), 221-247.
- Lim, E. K., Chalmers, K., Hanlon, D. (2018), The Influence of Business Strategy on Annual Report Readability, *Journal of Accounting and Public Policy*, 37(1), 65-81.
- Lo, K., Ramos, F., & Rogo, R. (2017). Earnings management and annual report readability. *Journal of Accounting Research*, 54(4), 1187–1230.
- Loughran, T., Mcdonald, B. (2010). *Measuring Readability in Financial Text*, 21 Temmuz 2020 tarihinde: http://securitieseditor.com/Wp/Wp-Content/Uploads/2014/05/Plain_English_V5.Pdf adresinden alındı.
- Loughran, T., Mcdonald, B. (2013). Ipo First-Day Returns, Offer Price Revisions, Volatility, And Form S-1 Language. *Journal Of Financial Economics*, 109: 307–26.
- Loughran, T., Mcdonald, B. (2014). Measuring Readability in Financial Disclosures, *The Journal of Finance*, 69(4), 1643-1671.
- Loughran, T., Mcdonald, B. (2016). Textual Analysis in Accounting and Finance: A Survey, *Journal of Accounting Research*, 54(4).1187-1230.
- Lundholm, R. J., Rogo, R., Zhang, J. L. (2014). Restoring the Tower of Babel: How Foreign Firms Communicate with US Investors, *The Accounting Review*, 89(4), 1453-1485.
- Luo, J. H., Li, X., Chen, H. (2018). Annual Report Readability and Corporate Agency Costs, *China Journal of Accounting Research*, 11(3), 187-212.
- Lupton, E. (2014). *Type On Screen: A Critical Guide for Designers, Writers, Developers, and Students*. New York: Princeton Architectural Press.

- Lusardi, A., Tufano, P. (2009). *Debt Literacy, Financial Experiences, and over in indebtedness*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde National Bureau of Economic Research: <https://www.nber.org/papers/w14808> adresinden alındı.
- McLaughlin, G. H. (1969). Smog Grading-A New Readability Formula, *Journal of Reading*, 22, 639-646.
- Miller, B. P. (2010). The Effects of Reporting Complexity on Small and Large Investor Trading, *The Accounting Review*, 85(6), 2107-2143.
- Neill, B. J., Sadeghi, M., & Watt, E. (2008). Are insider trades profitable? Evidence from directors' trade on the Australian stock exchange. *Corporate Ownership & Control*, 5(3-1), 176-187.
- NY Times (2019, 11 Aralık). *Big tech is under attack, and investors couldn't care less*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde Ny Times: <https://www.nytimes.com/2019/12/10/Business/Tech-Stocks-Apple-Amazon-Microsoft-Google.html> Adresinden Alındı.
- NYSE (2020). *Why Tech Companies Choose NYSE?*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde NYSE: <https://www.nyse.com/Article/Technology-ipo/Listings/Why-Tech-Companies-Choose-Nyse> Adresinden Alındı.
- OECD (2017). *G20/OECD Infe Report on Adult Financial Literacy in G20 Countries*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde OECD: <http://www.oecd.org/Daf/Fin/Financial-Education/G20-Oecd-Infe-Report-Adult-Financial-Literacy-In-G20-Countries.Pdf> adresinden Alındı.
- Özcan, O., Türü, T. E. (2004). Sermaye Piyasasında Yatırımcı Eğitiminin Önemi. *İktisat İşletme ve Finans*, 19(225), 58-72.
- Rennekamp, K. (2012). Processing Fluency and Investors' Reactions to Disclosure Readability, *Journal of Accounting Research*, 50(5), 1319-1354.
- Sec (1998), A Plain English Handbook: How To Create Clear Sec Disclosure Documents, 21 Temmuz 2020 Tarihinde U.S. Securities and Exchange Commission: <http://www.sec.gov/pdf/handbook.pdf> adresinden alındı.
- Smith, E. A., Senter, R. J. (1967). *Automated Readability Index*, 21 Temmuz 2020 tarihinde Cincinnati University: <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/U2/667273> adresinden alındı.
- Still, M. D. (1972). The Readability of Chairman's Statements, *Accounting and Business Research*, 3(9), 36-39.
- Tan, H. T., Wang, E. Y., Zhou, B. (2015). How Does Readability Influence Investors' Judgments? Consistency of Benchmark Performance Matters, *The Accounting Review*, 90(1), 371-393.
- Tekşan, K. (2016). Ömer Seyfettin'in Hikâyelerinin Okunabilirlik Düzeyleri, *Sosyal ve Liberal Bilimlerde Yeni Yönelimler*, 1, 25-36.
- Thomas, M. (2013). Looking ahead with Hope: Reviving The Reading Maturity Construct as Social Science for Adolescent and Adult Readers, *A Journal of Literacy and Language Arts*, 52(2), 4.
- Üzeler, R.S. (2014). *Yatırım Hizmeti Alımında Yatırımcının Korunması ve Tüketici Hukukunun Sermaye Piyasası Mevzuatında Uygulanabilirliği Sorunu*, 21 Temmuz 2020 Tarihinde SPK Hukuk İşleri Dairesi: <https://www.spk.gov.tr/siteapps/yayin/yayingoster/1117> adresinden alındı.
- Vajjala, S., Meurers, D. (2014). Readability Assessment for Text Simplification: From Analysing Documents to Identifying Sentential Simplifications, *International Journal Of Applied Linguistics*, 165(2), 194-222.
- You, H., Zhang, X. J. (2009). Financial Reporting Complexity and Investor Underreaction to 10-K Information, *Review of Accounting Studies*, 14(4), 559-586
- Zhou, S., Jeong, H., & Green, P. A. (2017). How consistent are the best-known readability equations in estimating the readability of design standards?. *IEEE Transactions on Professional Communication*, 60(1), 97-111.

Collatz Konjektürü'nün Bilgisayar Programı ile Hesaplanmasında Parite Sekansı Yöntemi Yaklaşımı

The Parity Sequence Method Approach in Computing Collatz Conjecture via a Computer Program

Mert Özkenar¹ 



ÖZ

Bu makalede, collatz konjektürü'nün bilgisayar programı ile hesaplanmasında parite sekansı yöntemi yaklaşımı anlatılmıştır. Collatz konjektürüne dair kapsamlı araştırmalar ve çalışmalar yapılmış, tüm bilgilerin makalede yer alması amaçlanmıştır. Collatz konjektürünün hesaplanmasında kullanılacak olan parite sekansı yöntemi üzerinde çalışılmıştır. Yöntem için metodoloji oluşturulmuş, bilgisayar programları geliştirilmiş, sonuçlar bilgisayar çıktıları ve çıktılardan oluşan tablolar olarak paylaşılmış ve grafikler ile zenginleştirilmiştir. Collatz konjektürünün hesaplanmasına yönelik standart yöntemler karşılaştırılmış ve yöntem önerisinde bulunulmuştur. Üzerinde çalışılan yöntemlerin bilgisayar programları sayesinde etkinliği ve performansları ölçümlenmiştir. Önerilen yöntemin standart yöntemle orana daha başarılı olduğu yönünde bulgulara ulaşılmıştır. Tüm çalışmalara ayrıntılı olarak makale içerisinde yer verilmiştir. Makale çalışmasında elde edilen yöntem özet değerleri ve karşılaştırma bilgileri, sonuç kısmında paylaşılmıştır.

Anahtar kelimeler: Collatz Konjektürü, Bilgisayar Hesaplamalı Yöntemler, Parite Sekansı Yöntemi, Lothar Collatz, Dolu Taneleri Problemi

ABSTRACT

In this article, the parity sequence method approach for calculating the Collatz conjecture with a computer program is explained. Extensive research and studies have been conducted on the Collatz conjecture, and all the information obtained as a result of research and studies is intended to be included in the article. The parity sequence method, which will be used to calculate the Collatz conjecture, has been studied. A methodology was created for the method, computer programs were developed, the results were shared in tables consisting of computer outputs and enriched with graphics. Standard methods for calculating the Collatz conjecture were compared and a method was suggested. The efficiency and performance of the methods studied were measured by means of computer programs. It has been found that the proposed method is more successful than the standard method. All studies conducted on the Collatz conjecture and key findings are included in the article in detail. Method summary values and comparison information obtained in the article study are shared in the conclusion.

Keywords: Collatz Conjecture, Computer Computational Methods, Parity Sequence Method, Lothar Collatz, Hailstone Sequence

¹Istanbul Aydın Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

ORCID: M.Ö. 0000-0003-4480-3991

Corresponding author:

Mert ÖZKENAR

İstanbul Aydın Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği, İstanbul, Türkiye

E-mail address: mertozkenar@stu.aydin.edu.tr

Submitted: 19.12.2020

Revision Requested: 23.12.2020

Last Revision Received: 24.12.2020

Accepted: 24.12.2020

Citation: Özkenar, M. (2020). Collatz Konjektürü'nün bilgisayar programı ile hesaplanmasında parite sekansı yöntemi yaklaşımı. *Acta Infologica*, 4(2), 97-121. <https://doi.org/10.26650/acin.843275>

1. GİRİŞ

Makalede Collatz Konjektürü'nün Bilgisayar Programı ile Hesaplanmasında Parite Sekansı Yöntemi Yaklaşımı konu edilmiştir. Collatz Konjektürü'nün hesaplanması için parite sekansı yöntemi üzerinde çalışılacak, yöntem önerisi sunulacak ve önerinin sağladığı fayda bilimsel kanıtlar ile ispat edilecektir.

Makalenin amaçlarından kısaca bahsetmek gerekirse; Collatz Konjektürü'nün yapısını, özelliklerini, işleyiş mekanizmasını tüm yönleriyle inceleyip üzerinde geliştirme çalışmaları yapmaktır. Collatz Konjektürü'nün hesaplanması için yöntemler belirlenecek, yöntemler arasında karşılaştırmalar yapılacak ve yöntem önerisinde bulunulacaktır. Sürecin içerisinde oluşturulan metodolojiye uygun bilgisayar programı geliştirmeleri yapılacak, sonuç kümeleri tablolar halinde paylaşılacak, grafik ve görseller ile konu pekiştirilecektir.

Makale çalışması süresince çok sayıda yerli ve yabancı kaynak incelenmiştir. Özel erişimli kütüphane veritabanları içerisinde araştırmalar yapılmıştır. Springer, IEEE, Web of Science, ScienceDirect, Times Higher Education başta olmak üzere internet kaynakları üzerinden literatür incelemeleri yapılmıştır. Uluslararası bilim, mühendislik ve matematik dergilerinde yayınlanan makaleler okunmuştur. Bazı konferans bildirilerine erişim sağlanmıştır. Yabancı üniversitelerin tez çalışmaları kontrol edilmiş, yerli tez çalışmalarına ise Ulusal Tez Merkezi aracılığıyla erişilmiştir. Kütüphane üzerinden de yayınlanan tezlere fiziksel olarak erişim fırsatı bulunmuştur. Tüm kaynaklara ek olarak Academia ve ResearchGate üzerinde paylaşılan çalışmalar da okunarak makale çalışmasına katkıda bulunulmuştur.

Makale çalışmasının bir de Collatz Konjektürü özelinde hipotezi bulunmaktadır. Çalışmalar içerisinde yaklaşım önerisinde bulunulacaktır. Hipotez ise Collatz Konjektürü işlem hesaplamalarında parite sekansı yönteminin, standart yöntemlere göre hem toplam işlem adımı sayısı bazında hem de tüm işlemlerin tamamlanma süresi bazında daha başarılı olduğu tezidir.

Tez çalışması içerisinde “Collatz Konjektürü işlem hesaplamalarında parite sekansı yönteminin, standart yöntemlere göre hem toplam işlem adımı sayısı bazında hem de tüm işlemlerin tamamlanma süresi bazında daha iyi sonuçlar vermektedir.” hipotezinin ispatı aranacak, oluşturulan metodolojiler temelinde geliştirilen bilgisayar programları sayesinde edinilen veriler ışığında ispatı sağlanacaktır. Yine tüm çalışmalara ait veriler, çıktılar, grafikler ve görsellere detaylıca yer verilecektir. Çalışmalara, edinilen bilgilere ve varılan karara dair sonuç açıklaması da yapılacaktır.

2. COLLATZ KONJEKTÜRÜ

2.1 Lothar Collatz

Lothar Collatz, 6 Temmuz 1910'da Almanya'nın Vestfalya bölgesinde bulunan Arnsberg şehrinde doğdu. Stettin şehrinde büyüdü (Guenther, 1992). 1928'de Greifswald Üniversitesi'nde eğitime başladı (O'Connor & Robertson, 2006). 1933'e kadar Göttingen, Münih ve Berlin'de okudu. Zamanın en önde gelen matematikçilerinden ve bilim adamlarından dersler aldı. 1933'te Staatsexamen'ı matematikte Richard von Mises ve fizikte Erwin Schrödinger'in yönetiminde tamamladı. Siyasi iklim o sırada hızla değişiyordu ve Mises ile yapılan sınav esas olarak gelecekteki bir tez planlarını tartışmaktan ibaretti. Birkaç hafta sonra von Mises Almanya'dan ayrıldı (Guenther, 1992). Lothar Collatz esasında von Mises'in danışmanlığında olsa da 1935 yılında Berlin Üniversitesi'nde resmi olarak Alfred Klose ve Erhard Schmidt danışmanlığında doktorasını tamamladı (Guenther, 1992)(O'Connor & Robertson, 2006). Habilitasyonunu Karlsruhe'de Theodor Pöschl ve Wilhelm Quade altında tamamladı. Ardından 1935-1943 yılları arasında Karlsruhe'deki Institut für Technische Mechanik'te misafir öğretim görevlisi olarak ve Darmstadt'taki Institut für Praktische Mathematik'te çalıştı. 1943'te Technische Hochschule Hannover'de matematik profesörü oldu (Guenther, 1992). 1952'de Hamburg Üniversitesi'ne geçti ve burada Uygulamalı Matematik Enstitüsü'nü kurdu (O'Connor & Robertson, 2006). 1978'de emekli oluncaya kadar burada kaldı. Ölümüne kadar Hamburg'da fahri profesör olarak aktif kaldı ve burada araştırma yapmaya, öğretmeye, konferanslar düzenlemeye, seyahat etmeye, konuşmalar yapmaya ve matematiğin gelişimine katkıda bulunmaya devam etti. 1978'den ölümüne kadar Aequationes Mathematicae de dahil olmak üzere çeşitli dergilerin editörlüğünü yaptı (Guenther, 1992). Kitapları ve akademik yayınlarının yanısıra, çalışmalarından dolayı çeşitli ödül ve nişanlara layık görüldü (O'Connor & Robertson, 2006).

Lothar Collatz kariyerini uygulamalı matematik alanına ve matematiğin uygulanabilirlik aralığını genişletmeye adanmıştı. Matematiğin temel birliğine inanmıştı ve bu nedenle araştırmasında daha geleneksel uygulamalı tekniklerin yanı sıra saf matematik alanlarını kullanma ve geliştirme konusunda hiçbir endişesi yoktu. İlk çalışmalarında sonlu fark yöntemleri ve özdeğer problemleri ile bunların teknik problemlere uygulanmasını ele aldı. Ayrıca kendi dahil etme teoremlerinin ilkinin de kanıtladı. Bu teoremler ilk olarak literatürde Collatz Teoremi olarak anılsa da, kitaplarında hiçbir zaman onlardan bu şekilde bahsetmedi ve çalışmalarını yalnızca kitapları veya dersleri aracılığıyla bilenler pek çok güzel teoremin gerçekte onunla ilgili olduğunu asla anlayamayacaklardı. Hayatı boyunca teknik problemlere olan ilgisini sürdürdü ve amaçlarından biri modern matematiksel araştırmanın sonuçlarını uygulayıcı mühendis için erişilebilir kılmaktı. Araştırmaları ve alanının 1950'li yıllar civarında genel durumu *Eigenwertaufgaben mit technischen Anwendungen*, Akademische Verlagsgesellschaft ve *Numerische Behandlung von Differentialgleichungen* adlı kitaplarında özetlenmiştir (Guenther, 1992).

O sıralarda sayısal matematikteki son teknolojiden açıkça memnun değildi ve özellikle hata analizinde araştırmaya çok ihtiyaç duyulan alanlara işaret etti. Burada önemli katkılarda bulundu. Ellili ve altmışlı yılların başındaki çalışmaları, hata analizi, monotonluk yöntemleri, bir ve birkaç boyutta yaklaşım teorisi ve fonksiyonel analizin sayısal analize uygulamaları ile ilgiliydi. Bu sonuçların çoğu bugün hala kullanılmaktadır ve bunların birçoğu *Funktionalanalysis und numerische Mathematik* adlı iyi bilinen ve geniş çapta tercüme edilmiş kitabında bulunabilir. Lothar Collatz'ın bir alanla ilgilenmeye başladığında, asla vazgeçmeyen bir yapısı vardı. Bu nedenle sonraki yıllarında araştırmasına yukarıdaki tüm alanlarda devam etti ve optimizasyon teorisi ile çatalanma teorisi gibi diğer alanlarda da çalışmalar yaptı (Guenther, 1992).

Matematikte birlikte iki tutkusu daha bulunmaktaydı. İlk olarak oyunları ve bulmacaları severdi. 1955'te oyunlar üzerine ilginç bir kurs verdi. Bu derste oyunları, yapılarını ve adaletlerini analiz etti. Oyunları kendisi icat etti. Ayrıca ifade edilmesi ve anlaşılması kolay, ancak çözülmesi oldukça zor olan Collatz Konjektürü'nü de ortaya koyan kişidir. Diğer tutkusu ise geometrik desenlerdi. Onları analiz etmek için kendi sistemini geliştirdi. İlk makalelerinden birinde, mutlak değerler aracılığıyla örtük olarak tanımlanan desenleri işlemiştir. Not ettiği yeni kalıpları araştırmaktan hoşlanıyordu. Materyallerinin bir kısmını sonraları yayınlamaya başlamıştı (Guenther, 1992).

Muazzam miktarda enerjisi vardı. Çok sayıda konferans verdi. Bu konferanslardan biri de kısa sürede bir olaya dönüşen Collatz Konjektürü konusundaydı. Hamburg'daki enstitüsünü fikir alışverişinde bulunan, birbirine sıkı sıkıya bağlı bir grup haline nasıl getireceğini bilen biriydi. Seyahatlerinde yeni fikirler aradı ve bunları dünya çapında arkadaşları ve meslektaşları ile paylaştı. Hayattan zevk alan, ilgi çekici ve sıcak bir kişiliğe sahipti ayrıca pek çok hobisi vardı. Sonuç olarak gittiği her yerde hoş bir misafirdi. Bir konferans veya geziden sonra fotoğraflarını ve eskizlerini arkadaşları ve katılımcılarıyla paylaşırdı (Guenther, 1992).

Profesör Lothar Collatz, 26 Eylül 1990'da 80 yaşında iken Bulgaristan'ın Varna kentinde düzenlenen Bilgisayar Aritmetiği, Bilimsel Hesaplama ve Matematiksel Modelleme Uluslararası Sempozyumu'na katılımı esnasında öldü. Orada bir makale vermişti ve aktif bir katılımcıydı (Guenther, 1992)(O'Connor & Robertson, 2006).

2.2 Collatz Konjektürü

2.2.1 Ön bilgiler

Lothar Collatz doktorasını tamamladıktan 2 yıl sonra 1937 yılında bir hipotez öne sürdü. Bu hipotez 20. yy'ın başlarından beri matematik çevrelerinde ve uluslararası alanda popüler oldu. Collatz'a göre: "Herhangi bir n pozitif tam sayısından başlayarak $f(n)$ fonksiyonuna sokulan n iterasyonları daima 1 rakamına ulaşır.". Fonksiyona verilen n sayısı tek ise sayı 3 ile çarpılır ve 1 eklenir, n sayısı çift ise sayı 2'ye bölünür. 1 rakamına ulaşana kadar iterasyon devam eder (Hammett, t.y.).

Hipotezin ispatı için çok sayıda çalışma yapıldı. Önemli matematikçiler uzun süreler boyunca üzerinde çalıştılar. Hipotezi ispatlayana Paul Erdős \$500, Bryan Thwaites £1000, Harold Scott MacDonald Coxeter \$50 ve karşı örneğini bulup hipotezi çürütene ise \$100 para ödülü vaadinde bulunmuşlardır. Macar matematikçi Paul Erdős "Matematik bu tip problemler için henüz hazır değil." ifadesini kullanmıştır (Lagarias, 2011).

2.2.1.1 Literatür Taraması

Makale çalışması süresince giriş bölümünde detaylı bilgileri paylaşılan çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte çeşitli deneysel çalışmalar, gözlemler ve çıkarımlar yapılmıştır. Bu çalışmalara makaleyi oluşturan kısımlarında yer verilmiştir. Collatz Konjektürü konusunda geçmişten günümüze kadar çeşitli çalışmalar yapılmış, dergilerde makaleler yayımlanmış, konferanslar verilmiş, tezler yazılmış, özel enstitü ve üniversite araştırmaları yapılmıştır.

Bu başlıkta Collatz Konjektürü konusunda geçmişten bugüne kadar gerek Bilgisayar Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri alanında, gerekse Matematik alanında mil taşı olarak nitelendirilebilecek çalışma özetleri paylaşılacaktır. Bu sayede Collatz Konjektürü'nün başlangıç noktasından gelinen noktaya kadar olan gelişimi konusunda genel bir görünüm oluşturulacaktır.

Muhtelif çalışma kaynaklarının yanı sıra, Jeffrey Clark Lagarias bu konuda oldukça önemli bir çalışmaya imza atmıştır. J. C. Lagarias 2011 yılında “*The 3x+1 Problem: An Annotated Bibliography (1963–1999)*” başlıklı bir çalışma yayımlamıştır. Çalışmasında Collatz Konjektürü'nün çıkış noktasından başlayarak adım adım gelinen noktanın bibliyografyasını çıkarmıştır. Çalışmaların tarihçelerine, özet içeriklerine, yararlandığı önceki kaynaklara atıfta bulunmuştur. Hatta konu ile ilişkili çalışmalara ve sürecin ilerlemesinde katkıda bulunan çalışmalara ve makalelere de yer vermiştir.

Lothar Collatz ilk olarak 1937 yılında hipotezini öne sürmüştür. 1950’de ise International Math’e katılımı esnasında, informal bir konferansta $3x+1$ problemini anlatmıştır. Collatz Konjektürü ile ilgili bilinen ilk yayımlanan referans 1963 yılında Murray Seymour Klamkin’e ait olan “*Problem 63-13*, An Infinite Permutation*” isimli çalışmadır. Collatz Konjektürü hakkında dergide ilk yayımlanan çalışma ise 1971 yılında, Harold Scott MacDonald Coxeter’in 1970 yılına ait ders notlarıdır. Jean-Paul Allouche’un 1979 yılına ait “*Sur la Conjecture de ‘Syracuse-Kakutani-Collatz’*” isimli çalışması ise Helmut Hasse tarafından önerilen formun genelleştirilmiş $3x+1$ fonksiyonlarını incelemiştir. Brian Hayes, 1984 yılında “*Computer Recreations: The Ups and Downs of Hailstone Numbers*” isimli çalışmasında $3x+1$ probleminden, “*Dolu Taneleri Serisi*” ismiyle bahsederek problemi bilinen diğer ismiyle tanıtmıştır. 1989 yılında ise H. Glaser and Hans-Georg Weigand’ın “*Das-ULAM Problem-Computergestützte Entdeckungen*” isimli makalesinde $3x+1$ problemi Matematik ve Bilgisayar Bilimi arasında algoritmik bir problem olarak görülmektedir. Makalede problemin incelenmesinin matematiksel fikirlerin keşfinde eğitim kadar faydalı olduğu görüşü oluşmuştur. Araştırmada bir dizi soru formüle edilir ve bir kısmı yanıtlanır. Bunlardan bazıları Collatz fonksiyonunun belirli bir sayıdan başlayan ters yinelemeli ağaçlarının özellikleriyle ilgilidir. Makalede ayrıca $3x+1$ problemi Pascal gibi programlama dilleri özelinde de tartışılmıştır. 1991 yılında Gaston Gonnet’a ait olan “*Computations on the 3x+1 Conjecture*” isimli makale, MAPLE kullanarak çok büyük n sayılarının $3x+1$ fonksiyonu iterasyonlarını verimli bir şekilde hesaplamak için bilgisayar kodunun nasıl yazılacağını açıklamaktadır. David Applegate and Jeffrey C. Lagarias’ın 1995 yılına ait “*Density Bounds for the 3x+ 1 Problem I. Tree-Search Method*” isimli makalesinde ise $3x+1$ probleminin ağaç arama metodu özelinde yoğunluk sınırları üzerine çalışmaları paylaşılmıştır.

Collatz Konjektürü 1999 yılında Oliveira e Silva tarafından 2×10^{16} ‘ya kadar doğrulanmıştır. Daha sonrasında ise bu sayı Oliveira e Silva ve E. Roosendaal tarafından yapılan birbirinden bağımsız çalışmalarda 2×10^{18} ‘e ulaşmıştır (Lagarias, 2011). 2020 yılı itibarıyla, bilgisayar tarafından doğrulanan başlangıç değerleri sayısı $2^{68} \approx 2.95 \times 10^{20}$ ‘ye ulaşmıştır (Honner, 2020).

Collatz Konjektürü hakkında son dönemde yapılan en önemli çalışma ise Terence Tao’ya aittir. Tao, 2019 yılında yayımladığı “*Almost All Collatz Orbits Attain Almost Bounded Values*” isimli makalesinde hemen hemen tüm Collatz yörüngelerinin sonsuzluğa ıraksayan herhangi bir fonksiyon ile sınırlı olduğunu olasılık kullanarak kanıtlamıştır (Tao, 2019).

2.2.2 Problemin tanımı

Tanım: Herhangi bir n pozitif tam sayısından başlayarak $f(n)$ fonksiyonuna sokulan n iterasyonları daima 1 rakamına ulaşır. Fonksiyona verilen n sayısı tek ise sayı 3 ile çarpılır ve 1 eklenir, n sayısı çift ise sayı 2’ye bölünür. 1 rakamına ulaşana kadar iterasyon devam eder (Hammett, t.y.).

Bu tanımda yer alan fonksiyon aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

- $f : \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$
- $f_0 = n, n \neq 0$
- $f_{i+1} = f_i / 2, f_i$ çift sayı ise
- $f_{i+1} = 3f_i + 1, f_i$ tek sayı ise (Deloin, 2019).

2.2.3 Collatz fonksiyonu

Hipotez n pozitif tam sayısının işleme girdiği $f(n)$ fonksiyonu detaylarına açıkça yer vermektedir. Bu fonksiyon matematiksel notasyonda aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$C : \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$C(n) = \begin{cases} \frac{n}{2}, & n \Rightarrow n \% 2 = 0 \\ 3n + 1, & n \Rightarrow n \% 2 = 1 \end{cases}$$

$$F(n) = \{ n, C(n), C(C(n)), C(C(C(n))) \dots \}$$

$$= \{ n, C(n), C^2(n), C^3(n) \dots \} \quad (\text{Phillips, 2010}).$$

Fonksiyona göre işleyiş mantığı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Herhangi bir n pozitif tam sayısı seçilir.
2. Eğer n sayısı çift ise n 2'ye bölünür.
3. Eğer n sayısı tek ise n 3 ile çarpılır ve 1 eklenir.
4. Fonksiyon sonucunda çıkan sayı 1'e ulaşana kadar iterasyon devam eder (Davies, 2012).

2.2.4 Konjektür notasyonu

Konjektür 1 (Collatz Konjektürü):

Her $n \in \mathbb{Z}^+$ için, $C^k(n) = 1$ olan bir $k \in \mathbb{Z}^+$ vardır.

$$\forall n \in \mathbb{Z}^+, \exists C^k(n) = 1 \quad k \in \mathbb{Z}^+ \quad (\text{Phillips, 2010}).$$

Collatz Konjektürü'nün sade ve anlaşılır bir yapısı bulunmaktadır. Hipotezin tanımı, fonksiyonu ve özellikleri net olarak belirtilmiştir. Buradaki ispat bekleyen konu ise "Bu tanım tüm pozitif tam sayılara uygulandığında sonuç 1'e ulaşır mı?" veya "Bu ifade tüm pozitif tam sayılar için doğru, geçerli midir?" sorusudur.

2020 yılı itibariyle, konjektür bilgisayar tarafından $2^{68} \approx 2.95 \times 10^{20}$ 'ye kadar olan tüm başlangıç değerleri için kontrol edilmiştir. Dolayısıyla karşı örnek arayan birisi yaklaşık 300 kentilyondan itibaren çalışmaya başlayabilir (Honner, 2020).

2^{68} 'e kadar tüm başlangıç değerleri kontrol edilmiş ve karşı bir örneğe rastlanmamıştır. Her defasında fonksiyona giren başlangıç değeri 1 rakamına ulaşarak varsayımı sağlamıştır. Bu nedenle Collatz Konjektürü; "Doğru olduğu düşünülen ancak doğruluğu henüz kanıtlanmamış veya reddedilmemiş matematiksel bir varsayımdır" (Santos, 2020).

2.2.5 Senaryolar ve realizasyonları

Collatz Konjektürü'nün sayılar üzerindeki realizasyonlarına, fonksiyonun çalışma mantığına, fonksiyon iterasyonlarına ve işlem adım sayılarına örnekler üzerinden açıklama yapalım. Bununla birlikte çeşitli senaryoları inceleyelim.

Öncelikle hesaplamanın yapılacağı fonksiyonu belirtelim;

$$C : \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$C(n) = \begin{cases} \frac{n}{2}, & n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2} \\ 3n + 1, & n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2} \end{cases}$$

Örneğin 5 rakamını fonksiyon üzerinden adım adım hesaplayalım;

1. 5 tek sayı $\rightarrow 3n+1$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 16
2. 16 çift sayı $\rightarrow n/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 8
3. 8 çift sayı $\rightarrow n/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 4
4. 4 çift sayı $\rightarrow n/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 2
5. 2 çift sayı $\rightarrow n/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 1

1 (Fonksiyon iterasyonu 1 rakamına ulaştı, işlemi sonlandır.)

Bu örnekte seçilen 5 rakamı fonksiyon üzerinden işleme verildi. Toplamda 5 adımda 1 rakamına ulaştı.

Şimdi de 1'den 10'a kadar olan sayılar için hesaplanan serileri inceleyelim;

$$C(1) = \{ 1 \},$$

$$C(2) = \{ 2, 1 \},$$

$$C(3) = \{ 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(4) = \{ 4, 2, 1 \},$$

$$C(5) = \{ 5, 16, 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(6) = \{ 6, 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(7) = \{ 7, 22, 11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(8) = \{ 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(9) = \{ 9, 28, 14, 7, 22, 11, 34, 17, 52, 26, 13, 40, 20, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \},$$

$$C(10) = \{ 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \}$$

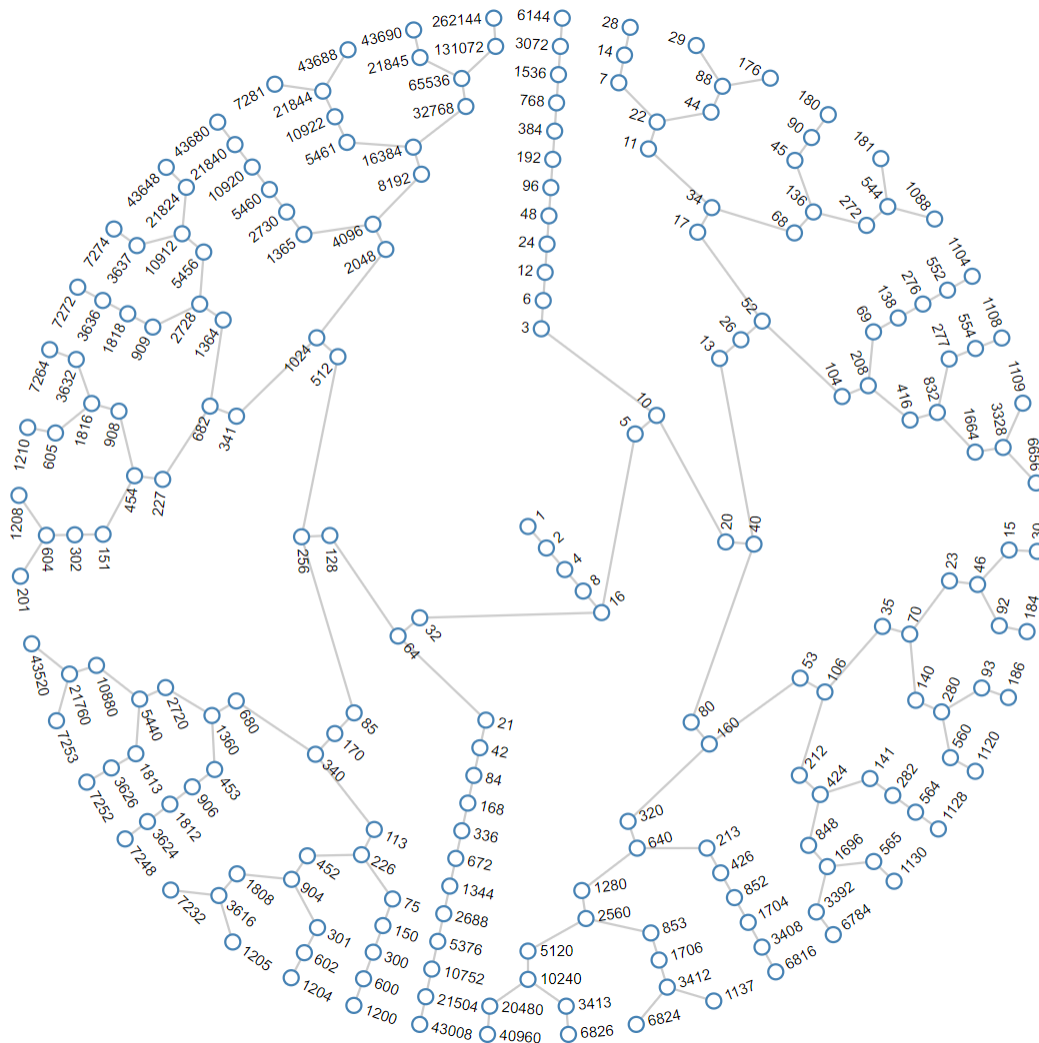
İncelenen örnekten de anlaşılacağı üzere Collatz Konjektürü'nde seride çıkan herhangi bir değerın tekrar kontrol edilmesine gerek bulunmamaktadır. Bir sonraki aşamada ise bu örnekteki n sayılarını, oluşturdukları serileri, seride ulaştıkları *maximum* sayıları, 1 rakamına ulaşana kadar iterasyon işlemlerinin adım sayılarını, ulaştıkları sonuç değerlerinin tablosunu oluşturalım;

Çizelge 2.1

Collatz Konjektürü'nde örnek olarak hesaplanan sayıların tablosu

n	Seri	Max	i	Sonuç
1*	-	-	-	1
2	2,1	2	1	1
3	3,10,5,16,8,4,2,1	16	7	1
4	4,2,1	4	2	1
5	5,16,8,4,2,1	16	5	1
6	6,3,10,5,16,8,4,2,1	16	8	1
7	7,22,11,34,17,52,26,13,40,20,10,5,16,8,4,2,1	52	16	1
8	8,4,2,1	8	3	1
9	9,28,14,7,22,11,34,17,52,26,13,40,20,10,5,16,8,4,2,1	52	19	1
10	10,5,16,8,4,2,1	16	6	1

*1 rakamı fonksiyonda işleme girdiğinde {1,4,2,1,4,2,...} iterasyonu ile karşılaşılır.



Şekil 2.1. Collatz Konjektürü'nde sayıların yörüngelerini gösteren harita grafiği (Davies, 2012).

Collatz Konjektürü hesaplanırken seride çıkan sayılar, başlangıç sayısı ve maksimum sayı arasındaki fark, başlangıç sayısına göre adım sayısının lineer olmaması gibi pek çok düzensizlik dikkat çekicidir. Kümülönimbus bulutu içerisindeki dolu taneleri yeryüzüne düşünce kadar gelişigüzel desenlerle aşağı ve yukarı sürüklenir. Bu benzetmeden yola çıkarak Collatz Konjektürü “Dolu Taneleri Sekansı” ya da “Dolu Taneleri Konjektürü” olarak da isimlendirilir (y.y., t.y.).

İşlemler görselleştirildiğinde inişli çıkışlı durumlar daha net belirlemektedir. Belirli sayı aralıklarında hesaplama yaparken maksimum adım sayısına ulaşan bazı örnekler aşağıda paylaşılmıştır;

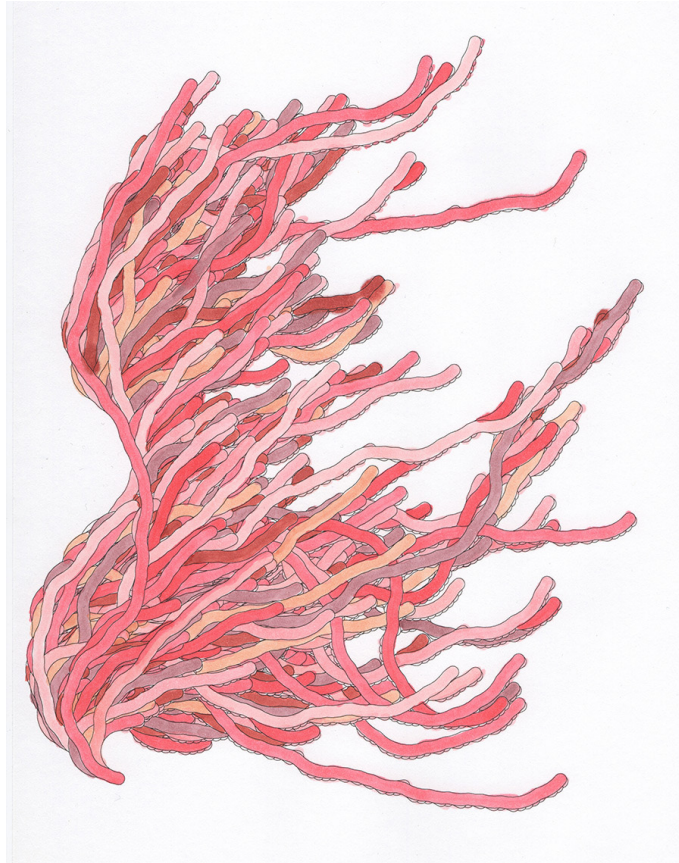
- 10'dan az 9 rakam 19 adımda,
- 100'den az 97 sayısı 118 adımda,
- 1,000'den az 871 sayısı 178 adımda,
- 10,000'den az 6,171 sayısı 261 adımda,
- 100,000'den az 77,031 sayısı 350 adımda,
- 1 milyon'dan az 837,799 sayısı 524 adımda,
- 10 milyon'dan az 8,400,511 sayısı 685 adımda,
- 100 milyon'dan az 63,728,127 sayısı 949 adımda,
- 1 milyar'dan az 670,617,279 sayısı 986 adımda,
- 10 milyar'dan az 9,780,657,630 sayısı 1132 adımda,
- 100 milyar'dan az 75,128,138,247 sayısı 1228 adımda,
- 1 trilyon'dan az 989,345,275,647 sayısı 1348 adımda,
- 10 trilyon'dan az 7,887,663,552,367 sayısı 1563 adımda,
- 100 trilyon'dan az 80,867,137,596,217 sayısı 1662 adımda,
- 1 katrilyon'dan az 942,488,749,153,153 sayısı 1862 adımda,
- 10 katrilyon'dan az 7,579,309,213,675,935 sayısı 1958 adımda,
- 100 katrilyon'dan az 93,571,393,692,802,302 sayısı 2091 adımda.

hesaplanabilmektedir (y.y., t.y.).

Çizelge 2.2.

Belirli aralıklarda maksimum adım sayısına ulaşan örnekler tablosu

n	Başlangıç	Bitiş	Aralık	i
9	10^0	10^1	$10^0 < n < 10^1$	19
97	10^1	10^2	$10^1 < n < 10^2$	118
871	10^2	10^3	$10^2 < n < 10^3$	178
6,171	10^3	10^4	$10^3 < n < 10^4$	261
77,031	10^4	10^5	$10^4 < n < 10^5$	350
837,799	10^5	10^6	$10^5 < n < 10^6$	524
8,400,511	10^6	10^7	$10^6 < n < 10^7$	685
63,728,127	10^7	10^8	$10^7 < n < 10^8$	949
670,617,279	10^8	10^9	$10^8 < n < 10^9$	986
9,780,657,630	10^9	10^{10}	$10^9 < n < 10^{10}$	1132
75,128,138,247	10^{10}	10^{11}	$10^{10} < n < 10^{11}$	1228
989,345,275,647	10^{11}	10^{12}	$10^{11} < n < 10^{12}$	1348
7,887,663,552,367	10^{12}	10^{13}	$10^{12} < n < 10^{13}$	1563
80,867,137,596,217	10^{13}	10^{14}	$10^{13} < n < 10^{14}$	1662
942,488,749,153,153	10^{14}	10^{15}	$10^{14} < n < 10^{15}$	1862
7,579,309,213,675,935	10^{15}	10^{16}	$10^{15} < n < 10^{16}$	1958
93,571,393,692,802,302	10^{16}	10^{17}	$10^{16} < n < 10^{17}$	2091



Şekil 2.2. Collatz Konjektürü'nün suda dalgalanan deniz yosunu illüstrasyonu (Haran., 2017).

Şekil 2.2'de yer alan illüstrasyon Alex Bellos ve Edmund Harriss'in Amerika Birleşik Devletleri'nde Visions of the Universe, Birleşik Krallık'ta ise Visions of Numberland ismiyle yayınlanan kitabından alıntıdır. Birçok farklı başlangıç noktasından oluşan sayıların tamamı bitkinin kökünde 1 rakamına ulaşmaktadır. Bitkinin köküne ulaşana kadar uçlar çok sayıda noktada aynı dallarda buluşmaktadır. Sayı dizisinde 1 rakamına ulaşırken aynı seriyi takip eden sayılardan oluşmaktadır. İllüstrasyon bu yönleriyle Collatz Konjektürü'nü simgelemektedir.

Günümüzde Collatz Konjektürü'nün hesaplanmasına bilgisayarlar tarafından devam edilmektedir. California Üniversitesi'nde BOINC ve Science United projelerinin çalışmaları yürütülmektedir. Bu projeler Ulusal Bilim Vakfı tarafından desteklenmektedir. BOINC programı, bilgisayarınızı kullanarak en son bilim araştırmalarına yardımcı olmanızı sağlar. Programı bilgisayarınıza indirip, kurmanız yeterlidir. Bilgisayarınızda çalışan BOINC uygulaması, bilimsel hesaplama işlerini indirir ve bunları arka planda görünmez bir şekilde çalıştırır. Yaklaşık 30 bilim projesi BOINC programını kullanmaktadır (y.y., 2020). Collatz Konjektürü de bu bilimsel araştırma projelerinden birisidir. İnternete bağlı bilgisayarlar tarafından Collatz Konjektürü'nün matematik araştırmaları ve hesaplamaları yapılmaktadır. BOINC projelerinin bir kısmı Berkeley'de yer alırken, Collatz Konjektürü ise Illinois'de yerleşiktir. Özel olarak yönetilen bu BOINC projesinin temel amacı Collatz Konjektürü'nü çürütmektir. Collatz Konjektürü projesi eşlik dizisi optimizasyonunu kullanır. Program işletim sistemi üzerinde çalışır, CPU ve grafik kartlarını kullanır (Sonntag, 2020).

Proje kapsamında; proje sunucularının durumu, hesaplama statüleri altında gönderime hazır olan, işlemi devam eden, silinmesi beklenen task adetleri, validasyon bekleyen, asimilasyon bekleyen, silinmesi beklenen iş birimi adetleri, saat bazında iş yığını geçişlerinin yanısıra bilgisayar ve kullanıcı adetleri, son 24 saat içerisinde kaydı gerçekleşmiş olanların adetleri ile Collatz Sieve uygulamasına ait task adetleri gibi bilgiler paylaşılmaktadır. Liderlik tablosu altında zirvedeki katılımcılar, takımlar ve bilgisayarların bilgilerini içeren listeler yer almaktadır. En iyi CPU performansları ile en prodaktif GPU modelleri de listelenmektedir.

Projeye ait web sayfasında önemli istatistiksel bilgiler de bulunmaktadır. Bunlardan biri Collatz Konjektürü hesaplamalarında, maksimum adım sayısına göre bugüne kadar alınan en iyi sonuçlardır. Güncel bilgi esas alındığında listenin birinci sırasında 2,968 adımla 7,219,136,416,377,236,271,195 sayısı bulunmaktadır (y.y. , 2020). Diğer önemli istatistiksel bilgi ise ulaşılan en yüksek sayıdır. Günlük olarak, günün en yüksek sayısı 1 rakamına ulaşılabildiği adım sayısı ile listelenir. Yine güncel bilgi esas alındığında listenin birinci sırasında 2516 adımla 9,033,093,293,652,500,451,647 sayısı bulunmaktadır (y.y. , 2020).

2.2.6 İterasyonlar

Collatz Konjektürü'nde sayıların hesaplama işlemleri, konjektürün tanımlı olan fonksiyonu sayesinde yapılmaktadır. Fonksiyona giren sayı işlemler sonucunda 1 rakamına ulaşına kadar iterasyon devam eder. Bu bölümde bilenen iterasyonlar ile farklı uygulama türleri incelenecektir.

İlk olarak Collatz Konjektürü'nde hesaplanmak üzere pozitif tam sayılar kümesinden 1 rakamı seçilirse;

$$C : \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$C(n) = \begin{cases} \frac{n}{2}, & n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2} \\ 3n + 1, & n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2} \end{cases}$$

1. 1 tek sayı $\rightarrow 3(1)+1$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 4
 2. 4 çift sayı $\rightarrow 4/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 2
 3. 2 çift sayı $\rightarrow 2/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 1
 4. 1 tek sayı $\rightarrow 3(1)+1$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 4
 5. 4 çift sayı $\rightarrow 4/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 2
 6. 2 çift sayı $\rightarrow 2/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 1
- $C(1) = \{ 1, 4, 2, 1, 4, 2, \dots \}$

Bu senaryoda 1,4 ,2 ,1,4 ,2... iterasyonu ile karşılaşılır. İterasyon sonsuza kadar devam eder, sonuç kümesi ise sonsuza gider.

Aynı senaryo ile 1 rakamından farklı verilen pozitif tam sayının, işlemler sonucunda 1 rakamına ulaşına kadar iterasyonun devam etmesine rağmen 1 rakamında iterasyonun devam ettirilmesi ile de karşılaşılabilir;

1. 10 çift sayı $\rightarrow 10/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 5
 2. 5 tek sayı $\rightarrow 3(5)+1$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 16
 3. 16 çift sayı $\rightarrow 16/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 8
 4. 8 çift sayı $\rightarrow 8/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 4
 5. 4 çift sayı $\rightarrow 4/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 2
 6. 2 çift sayı $\rightarrow 2/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 1
 7. 1 tek sayı $\rightarrow 3(1)+1$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 4
 8. 4 çift sayı $\rightarrow 4/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 2
 9. 2 çift sayı $\rightarrow 2/2$ işlemini uygula \rightarrow sonuç 1
- $C(10) = \{ 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1, 4, 2, \dots \}$

0 rakamı da farklı bir iterasyon oluşturmaktadır. Collatz Konjektürü sadece pozitif tam sayılar kümesinde yer alan sayıları incelemektedir. Collatz Konjektürü'nde hesaplanmak üzere doğal sayılar kümesinden 0 rakamı seçilirse;

$$C(0) = \{ 0 \dots \}$$

0 iterasyonu ile karşılaşılmaktadır.

Bir diğer senaryo ise aşağıda örnekleri yer alan negatif tam sayılar ile hesaplama yapılırken ortaya çıkmaktadır. Negatif tam sayılar kümesi içerisinde de iterasyon ile karşılaşılan sayılar bulunmaktadır. Collatz Konjektürü'nde hesaplanmak üzere negatif tam sayılar kümesinden -1 sayısı seçilirse;

$$-1 \rightarrow -2 \rightarrow -1 \dots$$

$$C(-1) = \{ -1, -2, -1, \dots \}$$

Collatz Konjektürü'nde hesaplanmak üzere negatif tam sayılar kümesinden -5 sayısı seçilirse;

$$-5 \rightarrow -14 \rightarrow -7 \rightarrow -20 \rightarrow -10 \rightarrow -5 \dots$$

$$C(-5) = \{ -5, -14, -7, -20, -10, -5, \dots \}$$

Son olarak Collatz Konjektürü'nde hesaplanmak üzere negatif tam sayılar kümesinden -17 sayısı seçilirse;

$$-17 \rightarrow -50 \rightarrow -25 \rightarrow -74 \rightarrow -37 \rightarrow -110 \rightarrow -55 \rightarrow -164$$

$$\rightarrow -82 \rightarrow -41 \rightarrow -122 \rightarrow -61 \rightarrow -182 \rightarrow -91 \rightarrow -272 \rightarrow$$

$$-136 \rightarrow -68 \rightarrow -34 \rightarrow -17 \dots$$

$$C(-17) = \{ -17, -50, -25, -74, -37, -110, -55, -164, -82, -41, -122, -61, -182, -91, -272, -136, -68, -34, -17, \dots \}$$

iterasyonları ile karşılaşılmaktadır (Weisstein, t.y.).

3. BİLGİSAYAR PROGRAMI GELİŞTİRMELERİ

3.1 Parite Sekansı Yöntemi

Bu bölümde Collatz Konjektürü'nün parite sekansı yöntemi ile geliştirilen bilgisayar programı sayesinde hesaplanması incelenecektir. Parite sekansı yönteminde geliştirme çalışmaları Collatz Konjektürü'nün türetilmiş tanımı ve türetilmiş fonksiyonu üzerinden kurgulanmıştır.

Collatz Konjektürü'nün hesaplanması için bilim insanları ve bilgisayarlar tarafından uygulanan çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Yöntemler tanımların ve fonksiyonların türetilmesi ile elde edilen farklı yaklaşımlardan oluşmaktadır. Her yöntem özelinde çeşitli faydalar ve kısıtlar bulunmaktadır. Örneğin soyut makina yönteminde özellikle iterasyondaki $n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2}$ koşulunu sağlayan n sayıları üzerinde yoğunlaşmıştır. Fonksiyonun işleyiş mekanizması binary (ikili) sayı sistemi üzerine kurgulanmıştır. Süreç boyunca da işlemler binary kodlar üzerinden devam eder ve tamamlanır. Fonksiyona verilen n sayısı binary koda dönüştürülür. n sayısı $n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2}$ koşulunu sağlıyor ise sayı sondaki 0 adedi kadar 2'ye bölünür. n sayısı $n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2}$ koşulunu sağlıyor ise sayı 3 ile çarpılır ve 1 eklenir, bu işlem sonucunda elde edilen n sayısı $n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2}$ koşulunu sağlıyor ise sayı 2'ye bölünür. 1 rakamına ulaşana kadar iterasyon devam eder. Parite sekansı yönteminde ise günlük hayatta kullanılan 10'luk (decimal) sayı sistemi esas alınır.

Yöntemin faydaları ve kısıtları standart yöntem ile karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Öneride bulunan yöntem özelinde detaylandırılmıştır. Bu faydalar aşağıda yer alan iki maddede, kısıtlar ise son kısımda açıklanmıştır ;

- Collatz Konjektürü işlem hesaplamalarında parite sekansı yöntemi, standart yöntemle göre toplam işlem adımı sayısı bazında daha başarılıdır. Collatz Konjektürü'nün parite sekansı yöntemine özel türetilmiş tanımı ve türetilmiş

fonksiyonu n sayısının $n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2}$ koşulunu sağladığı her iterasyonda adım sayısını azaltmaktadır. Sayı bu koşulu sağlayarak iterasyona girdiğinde çıkan sonuç, $n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2}$ koşulunu sağlayarak tekrar iterasyona girmesine gerek bırakmadan 2'ye bölme işlemine tabi tutulur. Böylece diğer iterasyon adımı elenmiş olmaktadır. Fonksiyona giren n sayısı 1 rakamına ulaştığında toplam serideki adım sayısının standart yöntemle göre daha az olduğu ölçümlenebilmektedir. Bu durumun tek istisnasını ise serideki tüm sayıları $n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2}$ koşulunu sağlayan n sayıları oluşturmaktadır.

- Collatz Konjektürü işlem hesaplamalarında parite sekansı yöntemi, standart yöntemle göre tüm işlemlerin tamamlanma süresi bazında daha iyi sonuçlar vermektedir. Collatz Konjektürü'nün parite sekansı yöntemine özel türetilmiş tanımı ve türetilmiş fonksiyonu tüm işlemleri daha kısa sürede tamamlamaktadır. Fonksiyon yapısı gereği iterasyonda $n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2}$ koşulunu sağlayan n sayısını tekrar döngüye sokmaz. Hâlihazırdaki n sayısının aritmetiksel modulo işlemine tabi tutulmasına gerek bırakmaz. Bu durum fonksiyona verilen n sayısının tüm işlemlerinin daha kısa sürede tamamlanmasını mümkün kılar.

Yöntemin uygulanmasına yönelik herhangi bir kısıt ise bulunmamaktadır.

3.1.1 Metodoloji

3.1.1.1 Önerme

Önerme 1 (Collatz Konjektürü): Herhangi bir n pozitif tam sayısından başlayarak $f(n)$ fonksiyonuna sokulan n iterasyonları daima 1 rakamına ulaşır. Fonksiyona verilen n sayısı tek ise sayı 3 ile çarpılır, 1 eklenir ve 2'ye bölünür, n sayısı çift ise sayı 2'ye bölünür. 1 rakamına ulaşana kadar iterasyon devam eder (Hammett, t.y.).

Bu önermede yer alan fonksiyon aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$f: \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$f_0 = n, n \neq 0$$

$$f_{i+1} = f_i / 2, f_i \text{ çift sayı ise}$$

$$f_{i+1} = (3f_i + 1) / 2, f_i \text{ tek sayı ise}$$

3.1.1.2 Prosedür

Collatz Konjektürü'nün parite sekansı yöntemine özel türetilmiş önermede yer alan fonksiyona göre işleyiş mantığı aşağıdaki gibi özetlenebilir;

1. Herhangi bir n pozitif tam sayısı seçilir.
2. Eğer n sayısı çift ise n 2'ye bölünür.
3. Eğer n sayısı tek ise n 3 ile çarpılır, 1 eklenir ve 2'ye bölünür.
4. Fonksiyon sonucunda çıkan sayı 1'e ulaşana kadar iterasyon devam eder.

3.1.1.3 Notasyon

Önermede ifade edilen fonksiyon parite sekansı yöntemine özel türetilmiştir. Standart yöntemde belirtilen orijinal fonksiyonun $C_s(n)$ ve parite yöntemine özel türetilmiş fonksiyonun $C_p(n)$ matematiksel notasyonda gösterimi aşağıdaki gibidir. Bilgisayar programında parite fonksiyonuna özel türetilmiş tanım ve türetilmiş fonksiyon esas alınacaktır.

$$C : \mathbb{Z}^+ \rightarrow \mathbb{Z}^+$$

$$C_s(n) = \begin{cases} \frac{n}{2}, & n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2} \\ 3n + 1, & n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2} \end{cases}$$

$$C_p(n) = \begin{cases} \frac{n}{2}, & n \rightarrow n \equiv 0 \pmod{2} \\ \frac{3n + 1}{2}, & n \rightarrow n \equiv 1 \pmod{2} \end{cases}$$

Tanımlanan fonksiyonda yer alan $3n+1$ işlemi her zaman çift sayı sonucunu vereceği için, parite sekansı yönteminde tek sayılar için $(3n + 1) / 2$ işlemi uygulanabilmektedir.

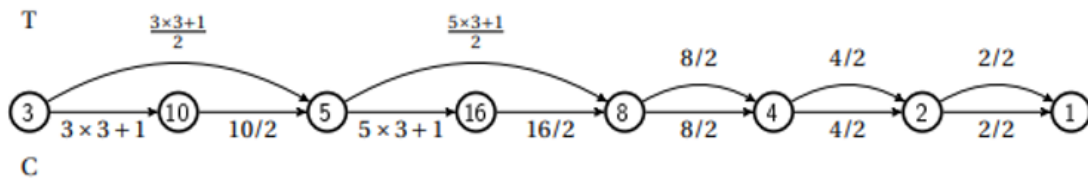
Şimdi de Collatz Konjektürü'nde 3 sayısını hem standart yöntem ile hem de parite sekansı yöntemiyle hesaplayalım. Her iki yöntem için de hesaplanan serileri inceleyelim;

$$C_s(3) = \{ 3, 10, 5, 16, 8, 4, 2, 1 \}$$

Bu örnekte seçilen 3 sayısı standart yöntem fonksiyonu üzerinden işleme verildi. Toplamda 7 adımda 1 rakamına ulaştı.

$$C_p(3) = \{ 3, 5, 8, 4, 2, 1 \}$$

Bu örnekte seçilen 3 sayısı parite sekansı yöntemi fonksiyonu üzerinden işleme verildi. Toplamda 5 adımda 1 rakamına ulaştı.



Şekil 3.1. Parite sekansı yöntemi hesaplama adımları gösterimi (Bairrington & Okano, 2019).

3.1.2 Bilgisayar programı ve program mimarisi

3.1.2.1 Algoritma

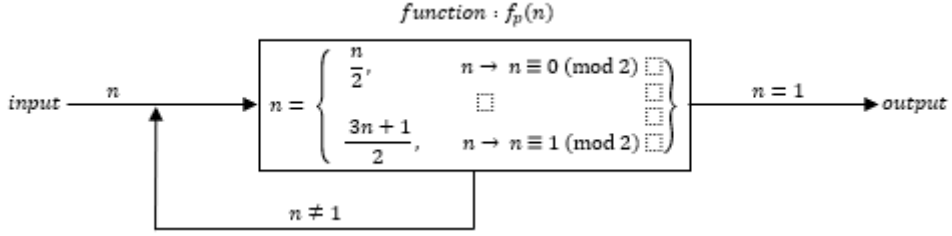
Algoritma programlama terminolojisinde; bir problem sınıfını çözmek veya hesaplama yapmak için iyi tanımlanmış, bilgisayar tarafından işlenecek kural veya talimatlar dizisidir. Collatz Konjektürü'nde parite sekansı yöntemi ile işlemlerini yapacak olan programın algoritması aşağıdaki şekilde geliştirilmiştir;

Algoritma 1: Parite Sekansı Yöntemi Program Algoritması

Require :	<i>n</i> is positive integer
Input :	<i>n</i>
Output :	CollatzConjecture(<i>n</i>)
1 :	if $n \leq 1$ then return <i>n</i>
2 :	procedure CollatzConjecture(<i>n</i>)
3 :	while $n \neq 1$ do
4 :	if $n \bmod 2 = 0$ then $n \leftarrow n / 2$
5 :	else
6 :	$n \bmod 2 \neq 0$ then $n \leftarrow (3n + 1) / 2$
7 :	end if
8 :	return <i>n</i>
9 :	end while
10 :	end procedure

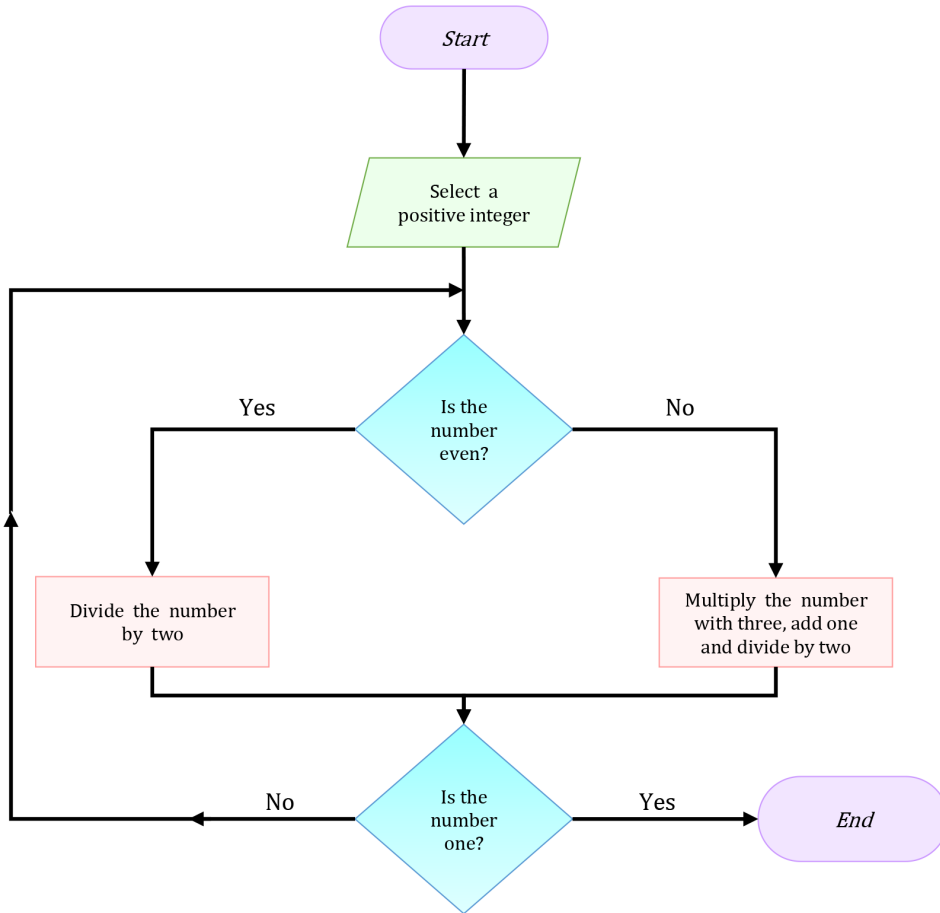
3.1.2.2 Akış diyagramı

Fonksiyonların çalışma mantığı ifade edilirken giriş değeri, fonksiyon ve çıkış değeri şeklinde gösterimi yapılmaktadır. Fonksiyon kısmında giriş değerinin hangi işlemlerden geçtiği, içerideki işleyiş mekanizması ve çıkış değeri oluşana kadar tüm süreç yer alır. Aşağıda Collatz Konjektürü'nde parite sekansı yöntemi ile işlemlerini yapacak olan program fonksiyonunun gösterimi yapılmıştır;



Şekil 3.2. Collatz Konjektürü parite sekansı yöntemi fonksiyon gösterimi.

Akış şeması, iş akışını veya süreci temsil eden bir diyagram türüdür. İşlemi gerçekleştirmek için gereken adımların ve süreci ifade eden algoritmanın görsel veya sembolik bir temsildir. Akış şeması sürecin baştan sona mantıksal olarak izlenmesine olanak tanır. Collatz Konjektürü'nde parite sekansı yöntemi ile işlemlerini yapacak olan programın algoritması aşağıdaki şekilde geliştirilmiştir;



Şekil 3.3. Collatz Konjektürü parite sekansı yöntemi akış diyagramı.

3.1.2.3 Program kodu

Collatz Konjektürü'nde parite sekansı yöntemi işlemlerinin bilgisayarda yapılabilmesi için bilgisayar programı geliştirilmiştir. Program parite sekansı yöntemine yönelik yani Collatz Konjektürü'nün türetilmiş tanımı ve türetilmiş fonksiyonu üzerinden kurgulanmıştır.

Bilgisayar programı istenilen sayı aralığında hesaplama işlemleri yapıp, başlangıç değerleri, işlem yapılan seriler ve toplam adım sayılarından oluşan bir sonuç listesi üretebilecek şekilde tasarlanmıştır. Bu çalışma mekanizmasında algoritma daha gelişmiş hale getirilmiştir. Program kodu aşağıda paylaşılmıştır;

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;

namespace CollatzConjecture
{
    class Program
    {
        public static bool isEven(int number)
        {
            bool answer = (number % 2 == 0) ? true : false;
            return answer;
        }

        public static void CollatzConjecture()
        {
            int givenNumber = 100;
            int result = 0;
            int stepCount = 0;

            Console.WriteLine("\n-----");

            for (int i = 2; i <= givenNumber; i++)
            {
                result = i;
                stepCount = 0;

                StringBuilder sequence = new StringBuilder("");

                sequence.Append($"{result} {result} -");

                while (result != 1)
                {
                    if (isEven(result))
                    {
                        result = result / 2;
                        sequence.Append($"{result} -");
                        stepCount++;
                    }
                    else
                    {
                        result = (result * 3 + 1) / 2;
                        sequence.Append($"{result} -");
                        stepCount++;
                    }
                }

                sequence.Remove((sequence.Length - 1), 1);
                sequence.Append($" {stepCount}");

                Console.WriteLine($"{sequence}\n");
                Console.WriteLine("-----");
            }
        }

        static void Main(string[] args)
        {
            CollatzConjecture();

            Console.ReadKey();
        }
    }
}
```

3.1.3 Sonuçlar

3.1.3.1 Program çıktısı

Collatz Konjektürü'nde parite sekansı yöntemi işlemlerinin bilgisayarda yapılabilmesi için geliştirilen bilgisayar programı çalıştırılmıştır. Program parite sekansı yönteminde hesaplama işlemlerini yapıp, başlangıç değerleri, işlem yapılan seriler ve toplam adım sayılarından oluşan bir sonuç listesi üretmiştir. Sonuçlar öncelikle program çıktısı, daha sonrasında ise sonuç listesinin tam tablosu olarak iki aşamada incelenmiştir.

Program çıktısı aşağıda sunulmaktadır;

```

CollatzConjecture.exe
-----
2 | 2 - 1 | 1
-----
3 | 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 5
-----
4 | 4 - 2 - 1 | 2
-----
5 | 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 4
-----
6 | 6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 6
-----
7 | 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 11
-----
8 | 8 - 4 - 2 - 1 | 3
-----
9 | 9 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 13
-----
10 | 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 5
-----
11 | 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 10
-----
12 | 12 - 6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 7
-----
13 | 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 7
-----
14 | 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 12
-----
15 | 15 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 12
-----
16 | 16 - 8 - 4 - 2 - 1 | 4
-----
17 | 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 9
-----
18 | 18 - 9 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 14
-----
19 | 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 14
-----
20 | 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 6
-----
21 | 21 - 32 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1 | 6
-----
22 | 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1 | 11
-----

```

Şekil 3.4. Collatz Konjektürü parite sekansı yöntemi program çıktısı.

Sonuç listesine ait tam tablo ise aşağıdaki gibidir;

Çizelge 3.1: Parite sekansı yöntemi program çıktısının tablosu.

n	Seri	i
1	1	-
2	2 - 1	1
3	3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	5
4	4 - 2 - 1	2
5	5 - 8 - 4 - 2 - 1	4
6	6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	6
7	7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	11
8	8 - 4 - 2 - 1	3
9	9 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	13
10	10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	5
11	11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	10
12	12 - 6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	7
13	13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	7
14	14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	12
15	15 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	12
16	16 - 8 - 4 - 2 - 1	4
17	17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	9
18	18 - 9 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
19	19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
20	20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	6
21	21 - 32 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1	6
22	22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	11
23	23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	11
24	24 - 12 - 6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	8
25	25 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	16
26	26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	8
27	27 - 41 - 62 - 31 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	70
28	28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	13
29	29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	13
30	30 - 15 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	13
31	31 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	67
32	32 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1	5
33	33 - 50 - 25 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	18
34	34 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	10
35	35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	10
36	36 - 18 - 9 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	15
37	37 - 56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	15
38	38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	15
39	39 - 59 - 89 - 134 - 67 - 101 - 152 - 76 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	23
40	40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	7
41	41 - 62 - 31 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	69
42	42 - 21 - 32 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1	7
43	43 - 65 - 98 - 49 - 74 - 37 - 56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	20
44	44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	12
45	45 - 68 - 34 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	12
46	46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	12
47	47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	66
48	48 - 24 - 12 - 6 - 3 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	9
49	49 - 74 - 37 - 56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	17

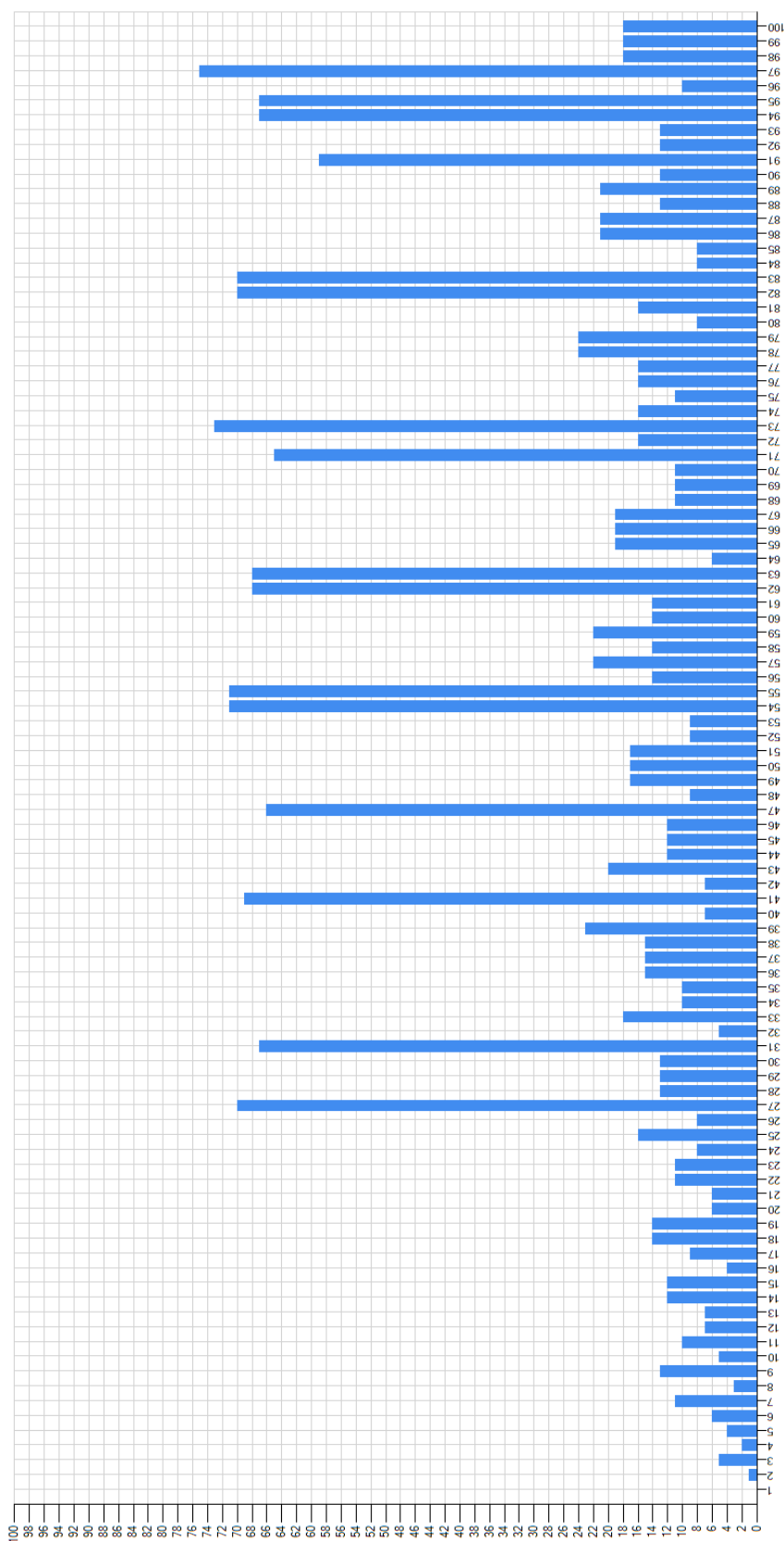
50	50 - 25 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	17
51	51 - 77 - 116 - 58 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	17
52	52 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	9
53	53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	9
54	54 - 27 - 41 - 62 - 31 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	71
55	55 - 83 - 125 - 188 - 94 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	71
56	56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
57	57 - 86 - 43 - 65 - 98 - 49 - 74 - 37 - 56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	22
58	58 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
59	59 - 89 - 134 - 67 - 101 - 152 - 76 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	22
60	60 - 30 - 15 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
61	61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	14
62	62 - 31 - 47 - 71 - 107 - 161 - 242 - 121 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	68
63	63 - 95 - 143 - 215 - 323 - 485 - 728 - 364 - 182 - 91 - 137 - 206 - 103 - 155 - 233 - 350 - 175 - 263 - 395 - 593 - 890 - 445 - 668 - 334 - 167 - 251 - 377 - 566 - 283 - 425 - 638 - 319 - 479 - 719 - 1079 - 1619 - 2429 - 3644 - 1822 - 911 - 1367 - 2051 - 3077 - 4616 - 2308 - 1154 - 577 - 866 - 433 - 650 - 325 - 488 - 244 - 122 - 61 - 92 - 46 - 23 - 35 - 53 - 80 - 40 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	68
64	64 - 32 - 16 - 8 - 4 - 2 - 1	6
65	65 - 98 - 49 - 74 - 37 - 56 - 28 - 14 - 7 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	19
66	66 - 33 - 50 - 25 - 38 - 19 - 29 - 44 - 22 - 11 - 17 - 26 - 13 - 20 - 10 - 5 - 8 - 4 - 2 - 1	19

3.1.3.2 Program grafikleri

Collatz Konjektürü parite sekansı yönteminde hesaplama işlemlerini yapan bilgisayar programına ait tüm detaylar önceki bölümlerde incelenmiştir. Bu program haricinde yine parite sekansı yönteminde yapılan bu işlemlerin grafiklerini oluşturan bir bilgisayar programı daha geliştirilmiştir. Programda sayıların adım sayılarına göre oluşturulmuş sütun grafiği, sp çizgi grafiği, çizgi grafiği ve polar grafik geliştirmeleri yapılmıştır.

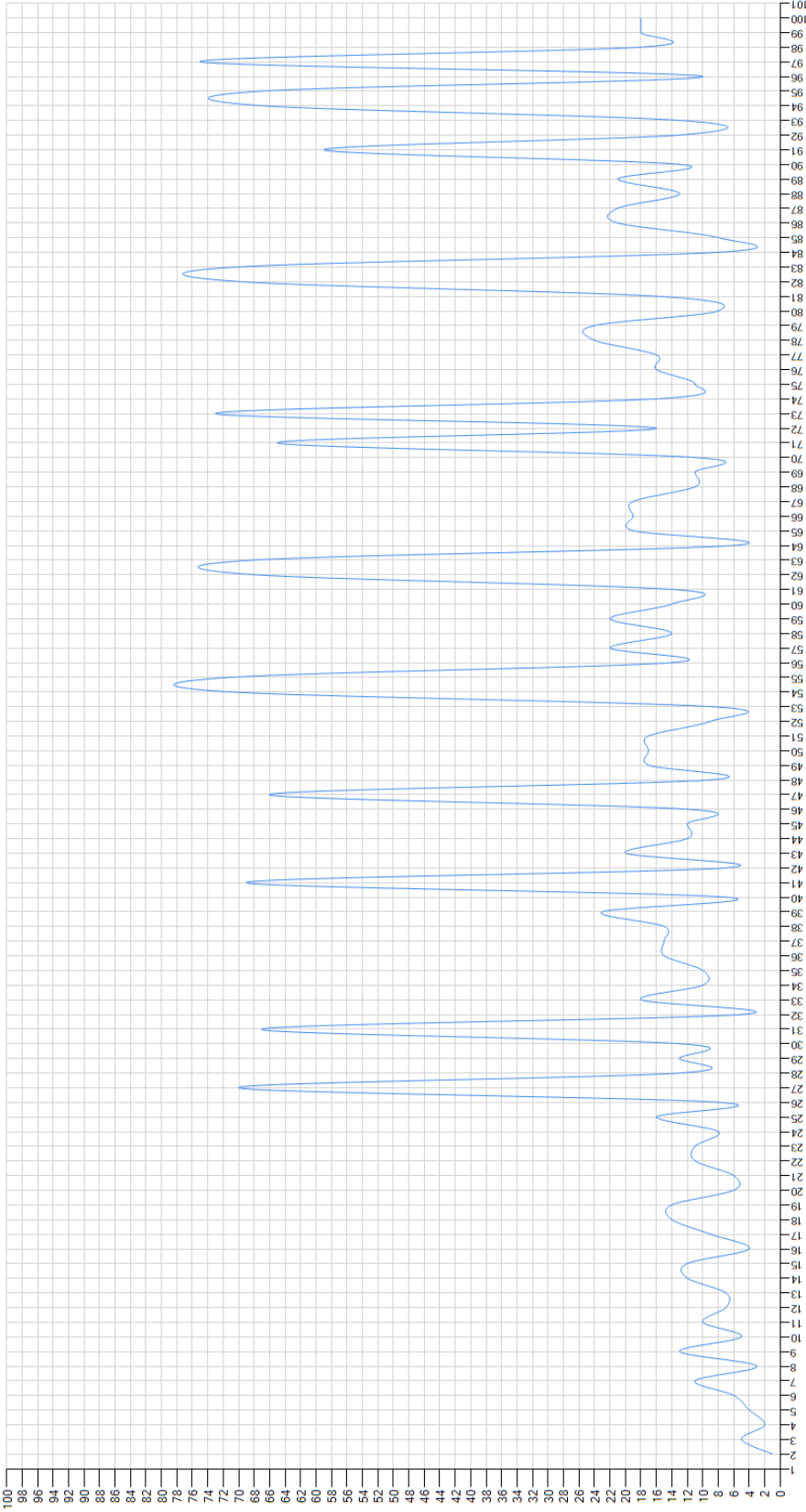
Geliştirilen program grafikleri aşağıda grafik bazında yer almaktadır;

StepCount



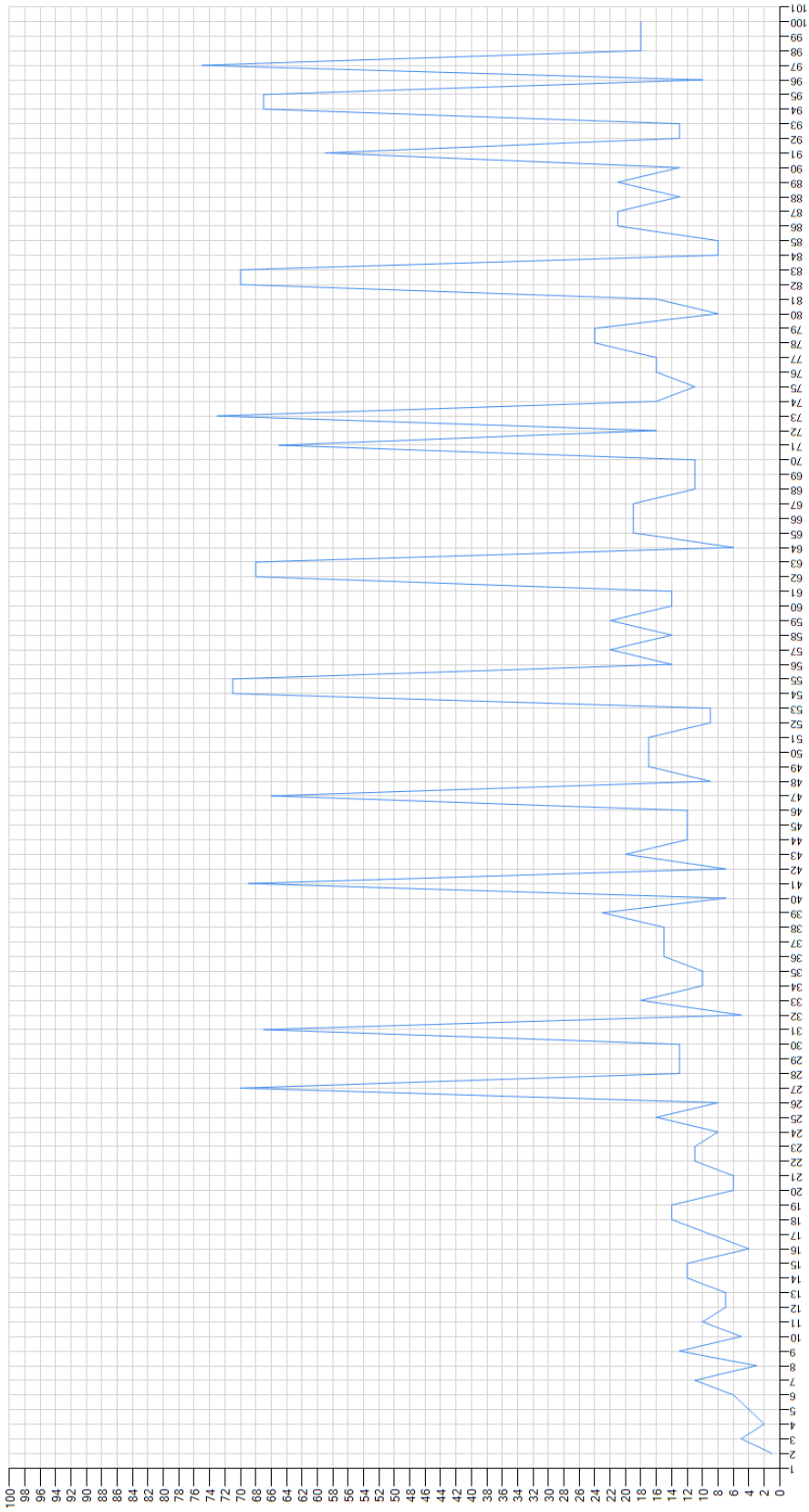
Şekil 3.5. Collatz Konjektürü parite sekansı yönteminde sütun grafiği

StepCount

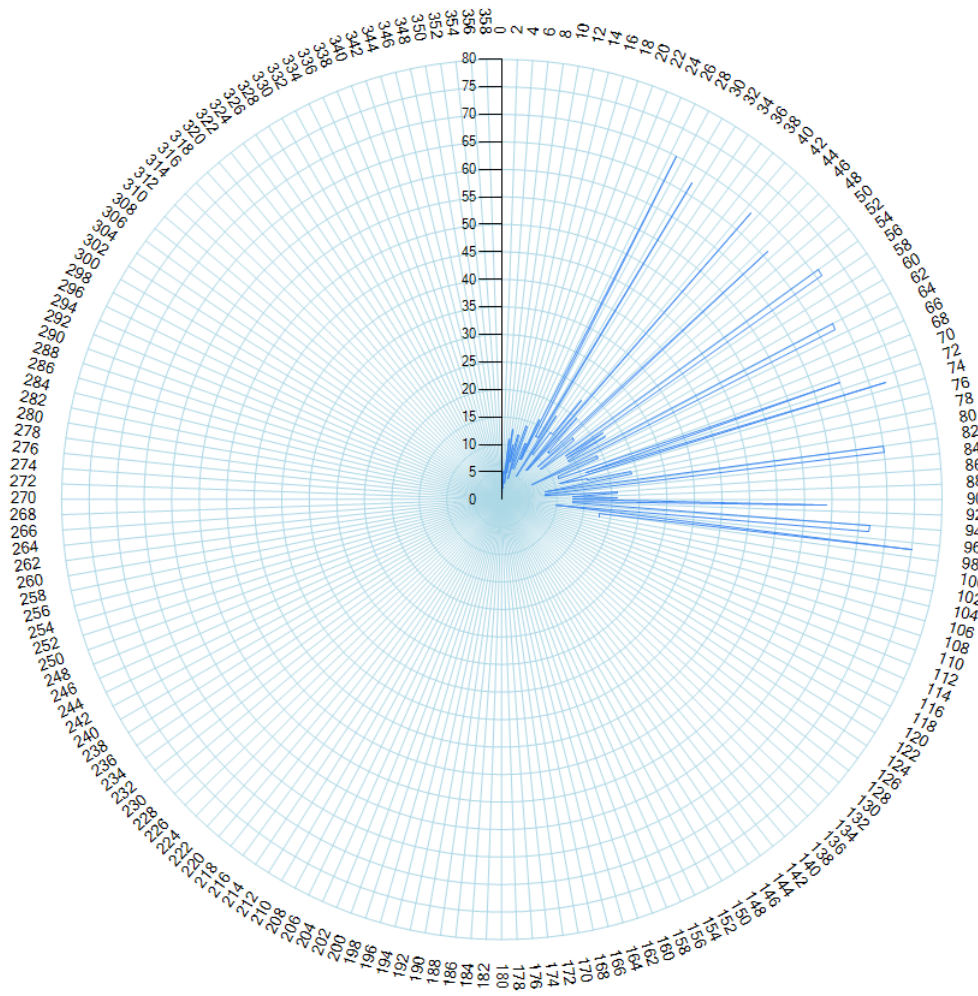


Şekil 3. 6. Collatz Konjektürü parite sekansı yöntemine sp çizgi grafiği

StepCount



Şekil 3. 7. Collatz Konjektürü parite sekansı yönteminde çizgi grafiği



3.1.3.3 Grafiksel gösterim program kodu

Collatz Konjektürü parite sekansı yönteminde yapılan hesaplama işlemlerinin grafiklerini oluşturan bilgisayar programı çıktıları incelenmiştir. Programda sayıların adım sayılarına göre oluşturulmuş sütun grafiği, sp çizgi grafiği, çizgi grafiği ve polar grafikleri oluşturulmuştur. Bu grafiklerin üretildiği program kodu aşağıda paylaşılmıştır;

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace CollatzConjecture
{
    static class Program
    {
        /// <summary>
        /// The main entry point for the application.
        /// </summary>
        [STAThread]
        static void Main()
        {
            Application.EnableVisualStyles();
            Application.SetCompatibleTextRenderingDefault(false);
            Application.Run(new FrmCollatzConjecture());
        }
    }
}
```

```

using System;
using System.Collections.Generic;
using System.ComponentModel;
using System.Data;
using System.Drawing;
using System.Linq;
using System.Text;
using System.Threading.Tasks;
using System.Windows.Forms;

namespace CollatzConjecture
{
    public partial class FrmCollatzConjecture : Form
    {
        public static int givenNumber = 100;
        int[] steps = new int[givenNumber];

        public FrmCollatzConjecture()
        {
            InitializeComponent();
        }

        public static bool isEven(int number)
        {
            bool answer = (number % 2 == 0) ? true : false;
            return answer;
        }

        public void CollatzConjecture()
        {
            int result = 0;
            int stepCount = 0;

            for (int i = 2; i <= givenNumber; i++)
            {
                result = i;
                stepCount = 0;

                StringBuilder sequence = new StringBuilder("");

                sequence.Append($"{result} | {result} -");

                while (result != 1)
                {
                    if (isEven(result))
                    {
                        result = result / 2;
                        sequence.Append($" {result} -");
                        stepCount++;
                    }
                    else
                    {
                        result = (result * 3 + 1) / 2;
                        sequence.Append($" {result} -");
                        stepCount++;
                    }
                }

                sequence.Remove((sequence.Length - 1), 1);
                sequence.Append($" | {stepCount}");

                steps[i-2] = stepCount;
            }
        }

        private void FrmCollatzConjecture_Load(object sender, EventArgs e)
        {
            CollatzConjecture();

            for (int i = 0; i < steps.Length - 1; i++)
            {
                var number = i + 2;
                var stepsCount = steps[i];
                this.columnChart.Series["StepCount"].Points.AddXY(number,
                    stepsCount);
                this.spLineChart.Series["StepCount"].Points.AddXY(number,
                    stepsCount);
                this.lineChart.Series["StepCount"].Points.AddXY(number,
                    stepsCount);
                this.funnelChart.Series["StepCount"].Points.AddXY(number,
                    stepsCount);
            }
        }
    }
}

```

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bilgisayarlar günümüz dünyasının ilerleyişinde geline nokta ve gelecekle ilgili yapılan çalışmalarda önemli bir rol oynamaktadır. Son derece hızlı olmaları ,yüksek işlem kapasiteleri, düşük hata oranları bu konuda pay sahibidir. İnternet kullanımının dünya genelinde yaygınlaşması da bilgisayarların insan yaşantısında bir yer edinmesine ivme kazandırmıştır. Bilgisayar hayatın her alanında olduğu gibi bilim ve mühendislik alanlarında da etkisini göstermektedir.

Collatz Konjektürü sadece matematiksel ve bilimsel bir çalışma konusu olmanın ötesindedir. Bilgisayar Mühendisliği ve Bilgisayar Bilimleri açısından bu tip bilimsel çalışmalarda önemli bir ortak olmanın yanı sıra, konjektür algoritmasının işlemlerde yararlandığı çeşitli uygulama alanları bulunmaktadır. Steganografi, kriptoloji, veri gizleme ve filigranlama alanlarında da Collatz Konjektürü algoritmasının kullanıldığı çalışmalar yer almaktadır (Tuncer & Kurum, 2020).

Makalenin ikinci bölümünde; Collatz Konjektürü'nün çıkış noktası, problemin tanımı, fonksiyonu ve matematiksel notasyonda gösterimine istinaden açıklamaları bulunmaktadır. Ayrıca Collatz Konjektürü senaryo ve realizasyonları, bilinen iterasyonları, görselleri ve günümüzde geldiği son noktadaki güncel bilgilere de yer verilmiştir.

Makalenin üçüncü bölümünde; Collatz Konjektürü işlemlerinin yapılabilmesi için geliştirilen bilgisayar programları yer almaktadır. Parite sekansı yöntemi üzerinde oldukça detaylı bir şekilde çalışılmış ve bir yöntem önerisinde bulunulmuştur. Yöntem özelinde metodoloji oluşturulmuş, önerme, prosedür ve notasyon çalışmaları yapılmıştır. Bilgisayar programları mimarisi ile açıklanmış, algoritma ve akış diyagramları geliştirilmiştir. Bilgisayar programlarının yanı sıra, program kodları, program çıktıları, çıktılarından oluşturulan tablolar paylaşılmış ve grafikler ile zenginleştirilmiştir.

Collatz Konjektürü'nün hesaplanması için "Parite Sekansı Yöntemi" önerilmektedir. Önerilen yöntem standart yöntem ile karşılaştırılmıştır. 1 ve 100 arasındaki sayılar için ölçüm yapılmıştır. Standart yöntemde toplamda 3142 adımda 1 rakamına ulaşılabilirken , parite sekansı yönteminde ise toplamda 2137 adımda 1 rakamına ulaşılabilir. Aradaki toplam adım sayısı farkı 1005 olarak hesaplanmıştır. Yine standart yöntemde tüm işlemlerin tamamlanması 100 milisaniye yani 0.1 saniye sürerken, parite sekansı yönteminde ise tüm işlemlerin yapılması 84 milisaniye yani 0.084 saniye sürmektedir. Aradaki toplam tamamlanma süresi farkı 16 milisaniye yani 0.016 saniye olarak hesaplanmıştır. Parite sekansı yönteminde standart yöntemin yaklaşık %68.01'i kadar işlem adımında 1 rakamına ulaşılabilir. Yani yaklaşık %31.99 oranında daha az toplam adım sayısı ile 1 rakamına ulaşılabilir. Yine parite sekansı yönteminde standart yöntemde göre tüm işlemlerin tamamlanması %84 oranı süresinde, yani %16 oranında daha kısa sürede ölçülmüştür.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

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

Kaynaklar/References

- Guenther, R. B. , 1992, "Lothar Collatz, 1910–1990". <https://link.springer.com/article/10.1007/BF01840490> (04.03.2020).
- O'Connor, J. J. , Robertson, E. F. , 2006, "Lothar Collatz". <https://mathshistory.st-andrews.ac.uk/Biographies/Collatz/> (04.03.2020).
- Hammett, M. , t.y. , "The Collatz Conjecture: A Brief Overview". http://online.sfsu.edu/meredith/301/Papers/FinalDraft_Hammett.pdf (04.03.2020).
- Lagarias, J. C. , 2011, "The $3x+1$ Problem: An Annotated Bibliography,1963-1999". <https://arxiv.org/pdf/math/0309224.pdf> (04.03.2020).
- Deloin, R. , 2019. "Proof of Collatz Conjecture". <https://www.journalarjom.com/index.php/ARJOM/article/view/30123/56520> (04.03.2020).
- Phillips, A. J. , 2010. "Parity Periodicity: An Eliminative Approach to the Collatz Conjecture". https://scholarlycommons.obu.edu/honors_theses/53/ (04.03.2020).
- Davies, J. , 2012. "Collatz Graph: All Numbers Lead to One". <https://www.jasondavies.com/collatz-graph/> (04.03.2020).
- Barina, D. , 2020. "Convergence Verification of the Collatz Problem". <https://link.springer.com/article/10.1007/s11227020-03368-x> (04.03.2020).

-
- Honner, P. , 2020. "The Simple Math Problem We Still Can't Solve". <https://www.quantamagazine.org/why-mathematicians-still-cant-solve-the-collatz-conjecture-20200922/> (04.03.2020).
- Santos, O. D. O. , 2018. "Proving the Collatz Conjecture with Binaries Numbers". article.sciencepublishinggroup.com (04.03.2020).
- t.y. "Cliff Pickover's Patterns in the Mysterious Hailstone , $3n+1$ Numbers". <http://sprott.physics.wisc.edu/pickover/hailstone.html> (04.03.2020).
- t.y. "3x+1 Delay Records". <http://www.eric.nl/wondrous/delrecs.html> (04.03.2020).
- Haran, B. , 2017. "The Collatz Conjecture in Colour". <https://www.bradyharanblog.com/blog/the-collatz-conjecture-in-colour> (04.03.2020).
- Tao, T. , 2019. "Almost All Orbits Of The Collatz Map Attain Almost Bounded Values". <https://arxiv.org/abs/1909.03562> (04.03.2020).
- Tuncer, T. , Kurum, H. Y. , 2020. "A Novel Collatz Conjecture-Based Digital Image Watermarking Method". <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01611194.2020.1821408?journalCode=ucry20> (04.03.2020).
2020. "Compute for Science". <https://boinc.berkeley.edu/> (04.03.2020).
- Sonntag J. , 2020. "What is Collatz Conjecture?" <https://boinc.thesonntags.com/collatz/> (04.03.2020).
2020. "Collatz Best Results". https://boinc.thesonntags.com/collatz/highest_steps.php (04.03.2020).
2020. "Today's High Steps". https://boinc.thesonntags.com/collatz/high_steppers.php (04.03.2020).
- Weisstein. E. W. , t.y. "Collatz Problem". <https://mathworld.wolfram.com/CollatzProblem.html> (04.03.2020).
- Bairrington, B., Okano, A. , 2019. "New Experimental Investigations for the $3x+1$ Problem: The Binary Projection of the Collatz Map". <https://scholar.rose-hulman.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1393&context=rhumj> (04.03.2020).

Çalışan Sessizliği ve Algılanan Örgütsel Destek Arasındaki İlişkinin Veri Madenciliği ile İncelenmesi*

Investigating the Association between Employee Silence and Perceived Organizational Support via Data Mining

Volkan Yüncü¹ , Üzeyir Fidan² 



*Bu makale 29 Haziran 2020 tarihinde çevrimiçi olarak düzenlenen 5. Uluslararası EMI Girişimcilik ve İletişim Sosyal Bilimler Kongresi adlı etkinlikte sözlü bildiri olarak sunulmuş ve özeti kongre bildiri özet kitabında basılmış “örgütsel sessizlik ve algılanan örgütsel destek arasındaki ilişkinin birliktelik kuralları analizi ile yeniden değerlendirilmesi” başlıklı bildirinin geliştirilerek tamamlanmış halidir.

¹Afyon Kocatepe Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Afyonkarahisar, Türkiye
²Uşak Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Uşak, Türkiye

ORCID: V.Y. 0000-0001-5401-0683;
Ü.F. 0000-0003-3451-4344

Corresponding author:
Üzeyir FİDAN
Uşak Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksekokulu, Uşak, Türkiye
Telephone: 0276 221 2121/3360
E-mail address: uzeyir.fidan@usak.edu.tr

Submitted: 28.09.2020
Revision Requested: 18.12.2020
Last Revision Received: 30.12.2020
Accepted: 30.12.2020

Citation: Yüncü, V., ve Fidan, Ü. (2020). Çalışan sessizliği ve algılanan örgütsel destek arasındaki ilişkinin veri madenciliği ile incelenmesi. *Acta Infologica*, 4(2), 123-137.
<https://doi.org/10.26650/acin.801398>

ÖZ

İnsan davranışının kendine özgü bağlamlarda modellenmesi bugün özellikle pazarlama ve yönetim alanlarında yapılan araştırmalarda hayati önem taşımaktadır. Yönetim perspektifinden bakıldığında, çalışan davranışının modellenmesi karar vericilerin iş gücü planlaması ve yönetimi gibi pek çok konuda elini güçlendirmektedir. Elde edilen kapsamlı çalışan profilleri işletmelere başta sürdürülebilir rekabet üstünlüğü olmak üzere son derece önemli stratejik kazanımları sunmaktadır. Bu çalışma, çalışan sessizliği davranışı ile algılanan örgütsel destek arasındaki ilişkiyi veri madenciliği teknikleri aracılığıyla modellemeye yönelik öncül bir girişimdir ve bu bağlamda çalışan profili çıkarımı yapılmasını amaçlamaktadır. Bu iki önemli olgunun böyle bir ilişkisel bir çerçevede ele alınması örgütsel davranış araştırmacı için yeni bir kapı aralamaktadır. Çalışma kapsamında kullanılan ölçekler yardımıyla elde edilen verilerden bilgi keşfi yapabilmek için birliktelik kuralları analizi uygulanmıştır. Araştırma kapsamında çalışan profillerini temsilen elde edilen birlikteliklerin daha anlamlı olabilmesi için 0,50 eşik değeri üzerindeki kuralları değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, öncelikle örgütsel sessizlik ölçeğinin faktörleri arasındaki birliktelik kuralları değerlendirilmiş ve yedi kural elde edilmiştir. Daha sonra, algılanan örgütsel destek faktörü modele dahil edilerek elde edilen birliktelik kurallarını nasıl etkilediği incelenmiştir. Böylece her iki ölçeğin faktörlerinin bir arada oluşturduğu on birliktelik kuralı belirlenmiştir. Algılanan örgütsel destek faktörünün dahil olmasıyla araştırma için oldukça çarpıcı ilişkiler ortaya çıkarılmıştır. Özellikle ilk beş kuralda gözlemlenen %80 üzerinde birliktelik ilişkisi, çalışan profillerinin belirlenmesi açısından gizli kalmış örüntülerin keşfedilmesini sağlamıştır. Çalışma kapsamında elde edilen bu değerli çıkarımlar gelecekte yapılacak profil çıkarımı çalışmaları için veri madenciliği tekniklerinin kullanımının önemini ortaya koymaktadır.

Anahtar kelimeler: Birliktelik Kuralları Analizi, Çalışan Sessizliği, Veri Madenciliği, Algılanan Örgütsel Destek, Apriori Algoritması

ABSTRACT

Modeling human behavior in distinctive contexts is of vital importance today, especially in research in the fields of marketing and management. From a management perspective, modeling employee behavior strengthens decision-makers' hands in numerous areas such as workforce planning and management. Comprehensive employee profiles obtained offer business organizations extremely important strategic gains, especially sustainable competitive advantage. This study is the first attempt to model the relationship between employee silence behavior and perceived organizational support through data mining techniques,

and it aims to extract employee profiles accordingly. Evaluating these two important phenomena within such a relational framework opens a novel door for organizational behavior researchers. The Association Rule Mining technique was applied to achieve knowledge discovery from the data obtained through two scales. Within the research, the rules above a threshold value of 0.50 were evaluated to make the associations representing the employee profiles more meaningful. Accordingly, firstly, the association rules between the factors of the organizational silence scale were evaluated and seven rules were obtained. Next, the perceived organizational support factor was included in the model, and how it affected the obtained association rules was examined. In this manner, ten association rules formed by the factors of the two scales were determined. The inclusion of the perceived organizational support factor revealed quite striking relationships. Especially, an association of over 80% observed in the first five rules enabled the discovery of hidden patterns in terms of determining employee profiles. These valuable inferences obtained through this study reveals the importance of utilizing data mining techniques for future profile extraction studies.

Keywords: Association Rule Mining, Employee Silence, Data Mining, Perceived Organizational Support, Apriori Algorithm

1. GİRİŞ

Bugünün işletmelerinde yaygın olarak görülen çalışan sessizliği ve çalışanların örgütün çalışanların yaptığı katkıya ve çalışanların refahlarına ne derece değer verdiğini konu alan örgütsel destek teorisi (Shanock vd.,2019; Kurtessis vd., 2017; Rhoades ve Eisenberger, 2002; Eisenberger, Fasolo, ve Davis-LaMastro, 1990; Shore ve Shore, 1995) yöneticiler veya çalışanlardan gelen sinyallere odaklanan örgütsel davranış araştırmacılarının dikkatini çekmeye devam etmektedir. Literatürde yer bulan araştırmalar bu iki önemli olgunun sıklıkla birbirinden bağımsız olarak ve görece az olsa da ilişki bir perspektifle ele alındığını göstermektedir. Çalışan sessizliği ile ilgili yapılan son araştırmalarda çalışan sessizlik davranışı ile çalışan memnuniyeti ve bağlılığı (Wang vd., 2020), narsist liderlik ve örgütsel sinizm (Mousa vd., 2020) ve algılanan stres ve güven (Dong ve Chung, 2020) arasındaki ilişkilerinin ele alındığı görülmektedir. Algılanan örgütsel destek ile ilgili yapılan son araştırmalarda ise, algılanan örgütsel destek ile çalışan performansı (Chen vd., 2020), işe bağlılık (Imran vd., 2020) ve çalışan yaratıcılığı (Duan vd., 2020) arasındaki ilişkilerin incelendiği görülmektedir. Dolayısıyla, çalışan sessizliği ve algılanan örgütsel destek kavramları halen örgüt araştırmacılarının üzerinde çalışabileceği geniş birer alan sunmaktadır. Örneğin, çalışan sessizliğine olan akademik ilginin artmasına rağmen, örgütlerde çalışan sessizliğinin nedenleri, öncülleri, sonuçları ve çalışanların diğerlerinin sessizlik davranışına katılmanın sebepleri konusunda anlayışımızda hala önemli boşluklar bulunmaktadır (Whiteside ve Barclay, 2012). Benzer şekilde, Algılanan örgütsel destek ile performans, iş tatmini, örgütsel bağlılık vb. arasındaki ilişkileri konu alan araştırmalar halen geliştirilmeye açık geniş alanların varlığına işaret etmektedir. Her ne kadar örgütsel destek teorisi bağlamında yüksek düzeyde algılanan desteğin çalışanlar üzerindeki olumlu etkileri konusunda genel bir kanı oluşmuş görülse de (Chen vd., 2009) halen çok boyutlu, kapsamlı ve mevcut ilişkilerin yönünü açıklayan ilişki bir çerçevenin veya çerçevelerin varlığına ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin, teorisinin temellerini atan Rhoades ve R. Eisenberger (2002) ortaya koydukları meta- analizde örgütsel destek ve performans ilişkisi ile ilgili çok çarpıcı bir ifade paylaşmaktadır. Bu noktada, çalışan performansı ile çalışanın algıladığı örgütsel destek arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki vardır. Fakat, bu çalışmada değerlendirilen araştırmalarda kullanılan metodolojik yaklaşımlar söz konusu ilişkilerin yönü ile ilgili herhangi bir net sonuç ortaya koyamamaktadır. Aslında, burada performans değişkeni üzerinden açığa vurulan sorunsalın örgütsel destek yazınında sıklıkla karşımıza çıkan psikolojik refah, çalışanların örgüte karşı tutumu ve çalışan davranışı gibi değişkenler (Allen, Shore ve Griffeth, 2003; Eisenberger vd., 1990; Rhoades ve Eisenberger, 2002) içinde geçerli olduğunu söylemek ilişkilerin yönü ve boyutu çerçevesinde mümkündür. Sonuç olarak, söz konusu iki önemli örgütsel olgunun olarak algılanan örgütsel destek ve çalışan sessizliği aralarındaki ilişkinin çok boyutlu ve alternatif teknikler kullanılarak incelenmesi ve ilişkilerin yönü ile ilgili kısıtların yeniden değerlendirilmesi literatürün olgunlaşması adına büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla, yapılan bu araştırma da söz konusu iki örgütsel olgu arasındaki ilişkinin belirlemesi amacıyla iki ölçek arasında keşfedilmemiş ilişkilerin açığa çıkarılması amacıyla elde edilen verilerle birliktelik kuralları analizi yapılmıştır. Bu şekilde, çalışan sessizliği ve algılanan örgütsel destek çerçevesinde bir çalışan profili çıkarımı yapılmıştır. Araştırma oldukça soyut görünen çalışan tutumlarının ve profillerinin açığa çıkarılması için yeni ve etkili bir yaklaşım sunmaktadır.

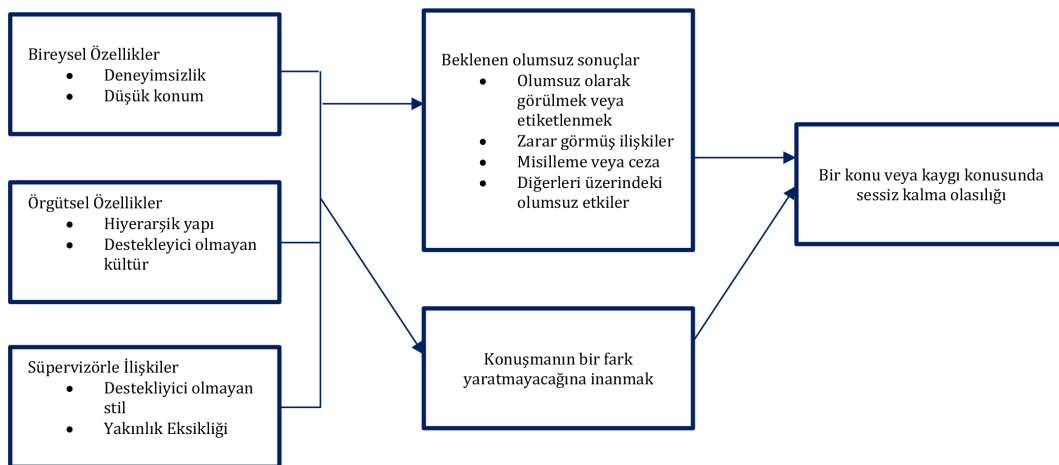
2. KURAMSAL ÇERÇEVE

2.1. Çalışan Sessizliği

Çalışanlar işletmelerin başarılı olabilmesi için son derece hayati olan değişim, yaratıcılık, öğrenme ve inovasyon gibi kritik faktörlerin kaynağı olarak değerlendirilmektedir (Beheshtifar vd., 2012:275). Bunun sebebi, çalışanların örgütte sürdürülen iş ve iş organizasyonlarını iyileştirmek için gerekli olan yapıcı fikir, bilgi ve görüşlere sahip olmasıdır (Zehir ve Erdoğan, 2011). Örgütlerin gelişiminde bu gibi fikir, bilgi ve deneyimlerin sesli olarak paylaşılmasının rolü büyüktür. Öte yandan, çoğu durumda çalışanların örgütlerinde kendilerini doğrudan ilgilendiren veya ilgilendirmeyen konulardaki düşüncelerini dile getirmek yerine sessiz kalmayı tercih ettikleri ve örgütlerindeki önemli sorunlardan bahsetmek yerine çeşitli sebeplerle fikirlerini dışa vurmaktan çekindikleri de bir gerçektir. Her ne kadar örgüt ve insan kaynakları yönetimi perspektifi örgütün gelişimi ile örgütsel alandaki açık diyalogun arasındaki doğrusal ilişki konusunda belirli savları benimsemiş olsa da uygulamada çok sayıda çalışanın söz konusu açık diyaloga örgütün desteğini alamama korkusuyla sıcak bakmadığını ve bu tip bir bilgi alışverişine kuşkuyla yaklaştığını ifade eden çeşitli çalışmalar olduğu görülmektedir (Karakaş, 2019). Bu çerçevede, araştırmacılar çalışanların ne zaman ve nasıl bu iki tercih arasında kaldığını araştırmakta ve son yıllarda örgütsel davranış alanında çalışan sessizliği veya örgütsel sessizlik başlıkları altında giderek olgunlaşan bir literatür karşımıza çıkmaktadır (Donaghey vd., 2011). Çalışan sessizliği literatürüne genel ve kapsayıcı bir çerçeve içerisinde baktığımızda, aslında bu literatürün Morrison ve Milliken (2000), Milliken, Morrison ve Hewlin (2003) ve Pinder ve Harlos (2001) tarafından yapılan araştırmalara dayandığı görülmektedir (Çınar vd., 2013:315).

Sessizlik konusunda üst yönetimin rolüne özellikle vurgu yapan Morrison ve Milliken (2000)'e göre çalışan sessizliği çalışanların örgüt hakkındaki potansiyel sorunlar hakkında kasıtlı olarak bilgi, görüş, öneri veya endişeleri saklaması anlamına gelmektedir. Çalışan sessizliğinin birçok iş yerinde neden sistemik bir hal aldığını ve sessizliğin ortaya çıkmasında etkili norm ve güçleri açıklamayı amaçlayan Morrison ve Milliken(2000)'e göre, çalışan sessizliği örgüte zarar veren kolektif bir olgudur. Örgütün üyeleri örgütü ilgilendiren konu ve/veya sorunlarla ilgili sessiz kalmayı tercih ederlerse bu sessizlik davranışı kolektif bir davranış biçimini alır. Bu anlamda çalışan sessizliği toplantı ve görüşmelerde sessiz kalma, önerilerin tartışıldığı platformlara düşük katılım veya düşük kolektif ifade gibi biçimlerde ortaya çıkabilmektedir (Huang vd., 2005).

Milliken, Morrison ve Hewlin (2003:1467) çalışanların sessiz kalmayı tercihini gösteren bir model önermektedir. Daha ayrıntılı bir ifadeyle, araştırmacılar burada çalışanların fikir, duygu ve düşüncelerini dile getirmenin algılanan sonuçlarının sessizliğe nasıl bir katkıda bulunduğu ve konuşmanın sosyal ve ilişkisel etkilerine dair bir model ortaya koymuşlardır. Bu çerçevede, çalışan sessizliğinin iş tatminini azaltması, devamsızlık oranını artırması ve işten ayrılma süresini azaltması vb. sebeplerle örgütler için son derece zararlı olduğu ileri sürülmektedir (Çınar vd., 2013:316). Araştırmacılar bu doğrultuda örgüt üst yönetimi çalışanların örgütü ilgilendiren önemli konular hakkında konuşmasını sağlayabilmek adına öneriler getirmektedirler (Milliken vd., 2003:1473).



Şekil 1. Sessiz kalma modeli (Milliken vd., 2003:1467)

Son olarak, Pinder ve Harlos (2001), çalışan sessizliğini bir çalışanın kendi davranışsal, bilişsel ve duygusal değerlendirmelerini mevcut bir sorun durumunun üstesinden gelebilecek örgüt üyeleriyle paylaşmaması olarak tanımlamaktadır. Araştırmacılar Hirschman (1970) tarafından önerilen ses (voice) ve sessizlik (silence) kavramları arasındaki ilişkiyi çalışanların memnuniyetsizlik duygusunu nasıl ifade ettiklerini yansıtmamanın bir yolu olarak ele almış ve çalışanların endişelerini anlamakla ilgili olduğunu belirtmişlerdir (Beheshtifar vd., 2012:277). Pinder ve Harlos (2001) fikir ve düşünceleri seslendirmenin faydasız veya tehlikeli olarak algılandığı örgütlerde, çalışanlar arasında bir sessizlik ikliminin muhtemel olduğunu savunmaktadır (Donaghey vd., 2011:53). Pinder ve Harlos (2001)'a göre çalışan sessizliği bilginin kasıtlı bir biçimde seslendirilmemesi ve çalışanların kendini koruma amaçlı muhtemel olumsuz sonuçlarla karşılaşma korkusu olmak üzere iki biçimde gerçekleşmektedir (Chou ve Chang,2017:4). Böylece, Pinder ve Harlos (2001) çalışan sessizliğini bir dizi biliş, duygu veya niyetle ilişkilendirmiş ve bir olgu olarak çalışan sessizliğinin altında yatan nedenlere bağlı olarak farklı anlamlar kazabileceğini ifade etmiştir. Başka bir ifadeyle, çalışan sessizliğinin olumlu veya olumsuz işyeri bağlamlarında ortaya çıkabilecek çok boyutlu bir davranış olarak değerlendirmişleridir. Çalışan sessizliğinin karmaşık ve çok boyutlu yapısını ortaya koyması bakımından bu yaklaşım oldukça önemlidir. Nitekim, sessizliğin kimi biçimleri stratejik ve proaktif olabilmektedir (Van Dyne vd., 2003).

Çalışan sessizliği literatürünün köşe taşları olarak değerlendirilen bu üç önemli çalışmaya ek olarak, Van Dyne vd. (2003)'e ve yazarların bu çalışmada da kullandığımız sessizlik tipolojisine değinmek gerekmektedir. Burada Van Dyne vd. (2003) çalışanların güdülerine dayanarak, üç tip sessizliğin olduğunu öne sürmektedir: *Kabullenici sessizlik (Acquiescent Silence)*, *korunmacı sessizlik (Defensive Silence)* ve *korunmacı sessizlik (ProSocial Silence)*. Buradaki Kabullenici sessizlik kavramı aslen Pinder ve Harlos'a (2001) dayanmaktadır. Pinder ve Harlos'a (2001:350) göre, kabullenici çalışanlar neredeyse gönüllü olarak sessiz olma eğilimi göstermekle birlikte kendileri bu durumun farkında dahi değildirler. Statükoya olan tolerans nispeten yüksektir ve bu durumlarını da normal olarak görürler. Van Dyne vd. (2003:1366) de bu bağlamda kabullenici sessizliği çalışanların istifaya dayalı olarak ilgili fikirleri, bilgileri veya fikirleri saklamak olarak tanımlamaktadır ve daha çok pasif olan bağımsız davranışlar olarak değerlendirmektedir. Öte yandan, Kabullenici sessizliği aksine, *korunmacı sessizlik* çalışanların kendilerini dış tehditlerden koruma amacıyla gösterdikleri bilinçli ve proaktif bir davranıştır (VanDyne vd., 2003:1367;Schlenker ve Weigold, 1989). Bu anlamda daha proaktif bir davranışa işaret eden *korunmacı sessizlik* farkındalık ve ilgili alternatiflerin de dikkate alınarak değerlendirilmesini içerir ve çalışan tarafından alınan bilinçli bir karar anlamını taşımaktadır (Van Dyne vd., 2003:1367). Son olarak, *korunmacı sessizlik* da tıpkı *korunmacı sessizlik* davranışı gibi bilinçli ve proaktif bir davranışı temsil etmektedir. Ancak, *korunmacı sessizlik*ten ayrıldığı nokta, çalışanın gösterdiği bilinçli sessizlik davranışının amacının kendini korumaktan öte, bir nevi diğerkâmlık örneği olarak örgütteki diğer kişilerin veya örgütün çıkarlarını korumak amacını gütmesidir (Van Dyne vd.,2003:1368).

2.2. Algılanan Örgütsel Destek

Algılanan örgütsel destek, çalışanların çalışmakta oldukları işletmenin çalışanların örgüte olan katkılarına ne ölçüde değer verdiğini ve refahlarını önemseydiğine ilişkin algısını ifade etmektedir (Shanock vd., 2019). Yapılan algılanan örgütsel destek tanımlarının çalışanların örgüte olan katkısına verilen değer ve örgütün çalışanların refahına verdiği önem özellikle vurgulanan iki boyutu oluşturmaktadır. Algılanan örgütsel destekle ilgili çalışmalara bakıldığında kavramın özellikle Eisenberger, Huntington, Hutchinson ve Sowa tarafından 1986 yılında yayımlanan makale ile birlikte bir ilgi alanı olarak ortaya çıktığı görülmektedir. Bu çalışmada yazarlar üç önemli bulguyu öne çıkarmaktadır. Buna göre, çalışanlar örgütün katkılarına ne ölçüde değer verdiğine ve refahına önem verdiğine ilişkin inançlar oluştururlar, bu yönde algılanan örgütsel destek devamsızlığı azaltır ve algılanan örgütsel destek ve devamsızlık arasındaki ilişki, güçlü değişim ideolojisi olan çalışanlar için zayıf değişim ideolojisi olan çalışanlardan daha fazladır (Eisenberger vd., 1986). Bu çalışma ile birlikte algılanan örgütsel desteğin çalışanların gösterdikleri performans ve refah düzeyleri üzerinde etkisini ele alan çalışmalar artarak devam etmiştir. Örgütsel destek teorisine göre (Eisenberger vd., 1986; Eisenberger ve Stinglhamber, 2011; Rhoades ve Eisenberger, 2002; Shore ve Shore, 1995) algılanan örgütsel destek çalışanların örgütün kendilerine karşı olumlu ya da olumsuz davranışlarının arkasındaki niyetine ilişkin inanışlarına bağlıdır. Algılanan örgütsel desteğin gelişimini, doğasını ve sonuçlarını inceleyen örgütsel destek teorisi esasen Levinson'un (1965) çalışanların örgütü kişileştirdiğini ve örgütün kendilerine yönelik iyi veya kötü niyetli niyetleri de içeren eğilimli özelliklere sahip olduğuna inandıklarını varsayan olduğu görüşünü benimsemektedir (Hayton

vd., 2012:235). Bu anlamda algılan örgütsel destek çalışanların kendilerini örgütün hedeflere ulaşmasına yardım etmek zorunda hissettiği ve örgüt lehine artırdıkları çabanın da daha büyük ödüller getireceği düşünülen bir sosyal değişim (mücadele) süreci başlatır. Söz konusu sosyal değişim süreci içerisinde algılanan örgütsel destek aynı zamanda sosyo-duygusal ihtiyaçların karşılanmasına ve çalışanların örgütle özdeşleşerek olan örgüte olan bağlılığını artmasına olanak sağlamaktadır (Kurtosis vd., 2015:2). Bu süreçte ücret artışı, gelişimsel eğitim fırsatları gibi birtakım ödül ve kazanımları elde eden çalışanlar algıladıkları örgütsel desteğe karşılık olarak örgütün amaç ve hedeflerine ulaşmasını sağlamak için ellerinden geleni yaparlar (Neves ve Eisenberger, 2014:189). Başka bir ifadeyle, çalışan ve örgüt arasındaki sosyal mücadele karşılıklı normu temelinde örgütlerinden iyi muamele gören çalışanların yüksek bağlılık ve çaba ile yanıt verdiğini göstermektedir (Eisenberger vd., 2014:635). Bu çalışanlar doğal olarak, daha fazla psikolojik refah, örgüte karşı daha olumlu bir yönelim ve örgüte yardımcı olma amaçlı davranışlar sergilemektedir (Hayton vd., 2012:235). Yüksek algılanan örgütsel destek düzeyine sahip çalışanların işlerini daha olumlu değerlendirdiğini (Artan iş tatmini, daha iyi ruh hali, daha az stres) ve bu çalışanların örgütlerine daha fazla katkı yaptıklarını (artan örgütsel bağlılık, artan performans, azalan çalışan devir oranı) gösteren çok sayıda çalışma vardır (Chen vd., 2009:120).

2.3. Çalışan sessizliği ve Algılanan Örgütsel Destek İlişkisi

Her ne kadar birbirlerinden bağımsız olarak çok sayıda araştırmaya konu olmuşlarsa da çalışan sessizliği ve algılanan örgütsel destek kavramlarının kuramsal argümanlar ve/veya ampirik bulgular eşliğinde birlikte ele alındığı araştırma sayısının görece az olduğu görülmektedir. Kronolojik bir perspektifle baktığımızda göze çarpan belli başlı çalışmalar bu iki olgunun arasındaki ilişkiyi farklı bağlamlarda değerlendirmişlerdir. Tucker vd. (2008) algılanan örgütsel destek ve algılanan iş arkadaşı desteğinin çalışanların iş yeri güvenliği ile ilgili fikirlerini seslendirmesinde önemli rolü olduğuna işaret etmektedir. Araştırmacılar güvenli çalışma koşulları bağlamında algılanan örgütsel destek ve çalışanların sessizliği arasındaki ilişkide iş arkadaşı desteğinin aracılık rolünü ele almış ve iş arkadaşlarının güvenlikle ilgili konularda konuşmak için diğerlerini teşvik etme noktasında önemli bir rolü olduğunu belirtmişlerdir. Aynı yıl içerisinde Tangirala ve Ramanujam (2008) prosedürel adalet ikliminin çalışan sessizliği üzerindeki etkilerini incelenmiş ve örgüt içerisindeki prosedürel adalet iklimi yüksek olduğunda ve çalışanların çalışma gruplarıyla özdeşleştiklerinde işlerine olan bağlılıklarının ve çalışan sesliliğini arttırdığını ifade etmişlerdir. Benzer şekilde, Wang ve Hsieh (2013) örgütsel etik iklimin çalışanların sessizliğine olan etkisini inceledikleri çalışmada bir örgütsel etik iklim tipi olarak araşsal iklimin kabullenici sessizlikle pozitif bir ilişkisi olduğunu göstermiştir.

Ayrıca, diğer iki örgütsel etik iklim tipi ile *kabullenici* ve *korunmacı* sessizlik arasında negatif yönlü ilişki olduğunu gözlemlemişlerdir. Singh ve Malhotra (2015) çalışanın algıladığı örgütsel destek ve çalışan sessizliği arasındaki ilişkide güven değişkeninin aracılık etkisini ele almıştır. Araştırmacılar algılan örgütsel destek ve güvenin örgütsel sessizlikle olan negatif ilişkisine dair ve algılanan örgütsel destekle örgütsel güven arasında pozitif yönlü bir ilişkinin varlığından bahsetmektedir. Yu ve Liu (2016) psikolojik sermaye ve algılanan örgütsel desteğin çalışanların inovasyon ve sessizlik davranışları üzerindeki etkisini araştırmış ve psikolojik sermaye ve algılanan örgütsel desteğin sessizlik davranışları üzerinde olumsuz etkileri varken inovasyon davranışları üzerinde olumlu etkileri olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışan sessizliğinin karar verme süreçlerinin kalitesine zarar verdiğinin altı çizilen araştırmada çalışanların sessiz kalma davranışının altında yatan temel nedeni işlerini korumak istemeleri olduğu ifade edilmektedir. Bu çerçevede, algılanan örgütsel desteğin yüksek olduğu durumlarda, çalışanların bağlılıklarının artmasının yanı sıra, psikolojik güvenlik duygusuna sahip çalışanlar karar alma süreçlerinde aktif olarak katılmaktan memnuniyet duyduğu ifade edilmektedir. Aynı yıl yapılan bir diğer araştırmada ise Khalid ve Ahmed (2016) örgütsel politika bağlamında çalışanların sessizliğinin ardındaki önemli nedenlere odaklanmış ve süpervizöre duyulan güvenin bu ilişkiyi etkileyip etkilemediğini araştırmışlardır. Bulgular süpervizöre olan güvenin bu ilişkide kayda değer bir aracılık rolü olmadığını ama örgütsel politika ile çalışanların sessiz kalma nedenleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Son olarak, Akçin vd. (2017) örgütsel desteğin çalışanların sessizliği ve görev performansı üzerindeki etkisini ele almış ve örgütsel desteğin görev performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. Bulgular algılanan örgütsel destek ile *kabullenici* ve *korunmacı* sessizlik arasında negatif bir ilişki varken, *korunmacı* sessizlikle arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir.

3. ARAŞTIRMA PROBLEMİ KURGUSU

Araştırmada kabullenici, korunmacı, korumacı ve algılanan örgütsel destek (destek) faktörleri düşük, orta ve yüksek olarak seviyelendirilmiştir. Önceki çalışmalarda bu faktörler arasındaki korelasyonlar detaylı bir şekilde incelenmiştir. Bu çalışmada ise çalışanların verdiği cevaplar doğrultusunda belirtilen faktörlere hangi seviyelerde birlikte ve ortak bir algı oluştuğu saptanmaya çalışılmıştır. Böylece, araştırma problemi kurgulanırken aşağıda belirtilen hipotezler baz alınmıştır:

- H_1 : Kabullenici sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_2 : Korunmacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_3 : Korumacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_4 : Kabullenici, Korunmacı ve Kabullenici sessizlik faktörleri arasında aynı seviyede birliktelik ilişkileri bulunmaktadır.
- H_5 : Kabullenici ve Korunmacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_6 : Kabullenici ve Korumacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_7 : Korunmacı ve Korumacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.
- H_8 : Kabullenici, Korunmacı ve Korumacı sessizlik seviyesi düşük/orta/yüksek olan çalışanın algılanan örgütsel destek seviyesi de düşüktür/ortadır/yüksektir.

Böylece verilen hipotezler, faktörler arasında yer alan ilişkileri belirleyen korelasyon araştırmalarından farklı olarak aynı seviyede yer alan birliktelikleri araştırmak ve var olan gizli örüntüleri ortaya çıkararak çalışanların profillerini ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu noktada, araştırmada uygulanan yöntemin öncül korelasyon çalışmalarından önemli üstünlükleri olduğunun altını çizmek gerekmektedir. Öncelikle, korelasyon analizi verilen faktörler arasındaki ilişkinin gücü ve yönü konularında bilgi verirken, araştırmada uygulanan veri madenciliği tekniği ile katılımcıların her birinin vermiş olduğu yanıtlar ayrı ayrı değerlendirilerek tüm örneklem hacminde hangi ağırlıkta veya ağırlık aralığında birliktelik gösterdikleri bilgisi elde edilmektedir. Ayrıca, korelasyon analizinde verilerin tamamı üzerinden iki faktör arasındaki genel ilişki hakkında bilgi edinilirken, birliktelik analizi ile tam anlamıyla aynı yönlü ilişkilerin var olduğu durumlar üzerinden değerlendirmeler yapılmaktadır.

Tablo 1

Faktörler arası korelasyon analizi

		Kabullenici	Korunmacı	Korumacı	Destek
Kabullenici	Pearson Korelasyon Katsayısı	1			
	Önem Seviyesi (2-yönlü)				
	Gözlem Sayısı (n)	504			
Korunmacı	Pearson Korelasyon Katsayısı	,536**	1		
	Önem Seviyesi (2-yönlü)	0,000			
	Gözlem Sayısı (n)	504	504		
Korumacı	Pearson Korelasyon Katsayısı	,233*	,257**	1	
	Önem Seviyesi (2-yönlü)	0,000	0,000		
	Gözlem Sayısı (n)	504	504	504	
Destek	Pearson Korelasyon Katsayısı	,366**	,456**	,200**	1
	Önem Seviyesi (2-yönlü)	0,000	0,000	0,000	
	Gözlem Sayısı (n)	504	504	504	504

** Korelasyon değerleri 0,01 anlamlılık düzeyinde (2 yönlü) anlamlıdır.

Korelasyon katsayısı (r) $[-1, 1]$ aralığında değerler almaktadır. Korelasyon katsayısının işareti, ilgili iki değişken arasındaki ilişkinin yönünü göstermektedir. İlişkinin gücünün yorumlanabilmesi için ise korelasyon katsayısının mutlak değerce büyüklüğü yorumlanmalıdır. Hesaplanan korelasyon katsayısı $|r| \leq 0,39$ genellikle düşük veya zayıf korelasyon, $[0,40, 0,69]$ aralığındaki korelasyon değerleri orta seviye ve son olarak $|r| \geq 0,70$ değeri ise güçlü veya yüksek korelasyon olarak yorumlanmaktadır (Schober vd., 2018). Tablo 1 incelendiğinde kabullenici faktörünün korunmacı faktörü ile arasında pozitif yönlü orta güçlü bir ilişki ($r=0,536$), korunmacı faktörü ile arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişki ($r=0,233$) ve destek faktörü ile arasında ise pozitif yönlü zayıf bir ilişki ($r=0,366$) olduğu görülmektedir. Ayrıca korunmacı faktörünün korunmacı faktörü ile arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişki ($r=0,257$) ve destek faktörü ile arasında da pozitif yönlü orta güçlü bir ilişki ($r=0,456$) olduğu görülmektedir. Son olarak korunmacı ve destek faktörleri arasında pozitif yönlü zayıf bir ilişki ($r=0,200$) gözlemlenmektedir.

4. YÖNTEM

4.1. Veri Madenciliği

Veri bilimi, 20. yüzyılda sadece akademik bir çalışma alanı olarak görülmekteyken, sürekli artan verinin işleme ihtiyacı ve gerekli teknolojinin de gelişmesiyle birlikte farklı uygulama alanlarında yaygınlaşmaktadır. Özellikle işletmelerde, insan davranışının modellenmesi, pazarlama ve yönetim gibi işletme fonksiyonlarında yapılan araştırmalarda hayati önem taşımaktadır. Geçmişte insan davranışı ile ilgili verileri toplamak hem çok zor hem de maliyetli olduğundan çalışmalar daha kısıtlı kalmıştır. Gelişen teknolojik imkânlar ile güvenilir veri toplamanın maliyetleri azalmaktadır. Bu sayede her geçen gün artmaya devam eden çok büyük miktarda veri elde edilmiş ve elde edilmeye devam etmektedir. Aslında veri toplama sorunu yerini verilerin işlenmesi problemine bırakmaktadır. Sürekli artan veri nedeniyle, araştırmacılar yararlı ve anlamlı bilgiler elde etme sürecinde zorluklarla karşılaşmaktadır (Aggarwal, 2015). Veriden bilgiye dönüşüm süreci problemin özünü anlamak ve anlamlandırmak için büyük önem taşımaktadır. Bu kapsamda veri madenciliği, elde edilen verilerde gizlenmiş, önceden bilinmeyen ve potansiyel olarak yararlı olan bilgilerin ortaya çıkarılması için uygulanan adımların genel ifadesi olarak tanımlanmaktadır (Aggarwal, 2015; Bramer, 2007). Fakat bir problemin veri madenciliği ile çözümü, verinin doğru şekilde toplanması, gerekli ön işlemlerin yapılması süreçleriyle doğrudan ilgilidir. Bir diğer önemli problem ise yapılan araştırmaya bağlı olarak toplanan verilerin sayısallaştırılması sürecidir. Özellikle sosyal tutum gibi davranış örüntüleri, öngörülen tutum ya da eğilim, belirlenmiş sosyal durumlara yakınlık gibi soyut veri tipleri her zaman nümerik olarak elde edilememektedir (Lapiere, 1934). Bu sebeple insanların tutum ya da davranışları ile ilgili veri toplayabilmek için genellikle anket en önemli araçlardan biri olarak tercih edilmektedir.

4.2. Veri Toplama

Bu çalışmada kullanılan ölçeklerden biri, Van Dyne, Ang ve Botero (2003) tarafından geliştirilen *kabullenici, korunmacı ve korunmacı* sessizlik olmak üzere 3 faktörden oluşan örgütsel sessizlik ölçeğidir. Çalışmada kullanılan diğer ölçek ise Shanock vd. (2019) tarafından geliştirilen ve tek faktörlü algılanan örgütsel destek ölçeğidir. Araştırmada kullanılan veri toplama araçlarının etik açıdan sakıncalı olmadığına Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu'nun 27.05.2020 tarihli ve 2020/76 sayılı kararı ile karar verilmiştir. Araştırmada, mavi yaka otel çalışanlarına yöneltilen iki ölçek soruları ve demografik sorulardan elde edilen veriler ile veri madenciliği yaklaşımlarından birliktelik analizi kullanılarak çalışanların profil çıkarımı yapılması üzerinde durulmaktadır. Karar vericilerin, çalışan profilini doğru modelleyerek sürekliliği ve dolayısı ile gerekli iyileştirmeleri yapması beklenmektedir. Bu sebeple ulaşılan çalışan profilleri, gerek iş gücü planlaması için gerekse iş gücü yönetiminde önem arz etmektedir. Örgütsel sessizlik ölçeğinde 3 faktörü ölçebilmek için 15 madde, algılanan örgütsel destek ölçeğinde ise tek faktörü ölçebilmek için 10 madde kullanılmıştır. 513 anketten elde edilen veri setinde kayıp değerlerin olduğu gözlemler araştırmadan çıkarılmış ve 504 anket her bir ölçek için ayrı ayrı güvenilirlik analizleri yapılmış ve Tablo2'de verilmiştir.

Tablo 2

Ölçeklere göre güvenilirlik analizleri

Örgütsel Sessizlik Ölçeği (3 Faktör - 15 Madde)	Cronbach's Alpha	Algılanan Örgütsel Destek Ölçeği (1 Faktör - 10 Madde)	Cronbach's Alpha	Toplam (4 Faktör - 25 Madde)	Cronbach's Alpha
n = 504	0,74	n = 504	0,751	n = 504	0,783

Veri madenciliği en genel ifade ile iki aşamadan oluşur. İlk aşama veri ön işleme için kullanılır, yani veri kullanıma uygun bir formatta hazırlanır (Han vd., 2006; Bramer, 2007; Olson vd., 2008). Diğer aşama ise gizli bilgileri, örüntüleri veya kuralları elde etmek için kullanılan yöntemler bütünüdür (Aggarwal, 2015; Han vd., 2006).

4.3. Veri Ön işleme

Sürekli artan veri araştırmalar için büyük bir kaynak avantajı sağlasa da aynı zamanda heterojen veri kümeleri elde etmemize neden olmaktadır. Doğal veriler, farklı kaynaklardan ve genellikle planlanmadan oluştuğundan gürültülü, eksik ve tutarsızlıkları da beraberinde getirmektedir (Han vd., 2006). Bu problemleri ortadan kaldırmak için ham veri seti üzerinde birtakım işlemler yapılmalıdır. Böylece ön işlemde geçirilmiş ham veri, veri madenciliği uygulamasını kolay, hızlı ve verimli hale getirebilecektir. Önceki araştırmalar incelendiğinde çok sayıda veri ön işleme tekniği göze çarpmaktadır, hemen hepsinin ortak amacı veri kalitesini artırmaktır. Kullanılan veri ön işleme teknikleri amaçları bakımından sınıflandırıldığında, veri temizleme, veri birleştirme, veri değiştirme ve veri azaltma kategorileri altında toplanmaktadır.

Veri temizleme için gerçekleştirilen ön işleme yöntemleri genellikle gürültüyü gidermek ve verilerdeki tutarsızlıkları düzeltmek için uygulanmaktadır (Han vd., 2006; Olson vd., 2008). Bu aşamada ham veri de eksik veri tamamlama, hatalı verileri düzeltme, tutarsız verileri kaldırma gibi yöntemler uygulanmaktadır. Veri birleştirme, birden fazla kaynaktan gelen verileri, veri ambarı gibi tutarlı bir veri deposunda birleştirme amacıyla uygulanmaktadır (Han vd., 2006; Aggarwal, 2015; Wang ve Wang, 2010). Veri değiştirmede ise genellikle sürekli verilerin kategorik hale getirilmesi veya normalize edilerek ölçeklendirilmesi gibi veri dönüşümleri uygulanmaktadır. Veri azaltma, genellikle araştırma ile ilgisi olmayan gereksiz özellikleri ortadan kaldırarak veya kümeleyerek veri boyutunu azaltılması işlemlerini kapsamaktadır. Bu teknikler genellikle tek başına kullanılmazlar ve birlikte çalışmaktadırlar. Her veri madenciliği algoritmasının başarısının, büyük ölçüde veri ön işleme kalitesine bağlı olduğu iyi bilinmektedir (Zhang ve Lu, 2007; Liu vd., 1998). Bu çalışmada, uygulanan veri ön işleme adımları sırası ile verilmiştir.

4.4. Veri Azaltma

Çalışmada katılımcılara 25 maddeden oluşan bir ölçek sunulmuş (Van Dyne vd., 2003; Shanock vd., 2019) fakat bu maddeler toplamda 4 faktör altında toplanmıştır. Bu işlem faktörlerde oluşan yükleri tespit etmek amacıyla ilgili maddelerin ortalamaları alınmıştır.

F1 (Kabullenici) = Madde Ortalaması (1, 2, 3, 4, 5),

F2 (Korunmacı) = Madde Ortalaması (6, 7, 8, 9, 10),

F3 (Korumacı) = Madde Ortalaması (11, 12, 13, 14, 15),

F4 (Destek) = Madde Ortalaması (16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25).

Algılanan örgütsel destek ölçeği Shanock vd. (2019) tarafından geliştirilen 10 maddeden oluşan tek faktörlü bir ölçektir.

4.5. Veri Değiştirme

Çalışmada kullanılan ölçek 7'li likert tarzında hazırlanmıştır. Katılımcılardan alınan cevaplar kategorik olsa da, ortalamalar alınarak elde edilen faktör değerleri sürekli hale gelmiştir. Bu sebeple katılımcılardan elde edilen cevaplar (veri azaltma işleminden sonra elde edilen faktör değerleri) Eşit Derinlikli Gruplama Metodu (Han vd., 2011) ile tekrar kategorik hale getirilmiştir. Özellikle veri madenciliği yöntemlerinden sınıflama, kümeleme ve birliktelik algoritmaları uygulanırken çıktı kümelerinin etiketlerinin dengeli dağılması beklenmektedir. Örneğin veri kümesi %99-%1 olacak şekilde iki farklı

etikete sahipse hiçbir algoritma kullanmadan tüm veriler ilk kümeyle ait olarak kabul edildiğinde %99 doğruluk oranına sahip bir kümeleme gerçekleştirilmiş olmaktadır. Bu sebeple algoritmanın gerçek performansını ortaya çıkarabilmek için etiket sınıflarının dengeli olması önem arz etmektedir.

Veri setinin etiketleri sürekli olduğu durumda bu etiketleri ayırklaştırmak tahmin gücünü arttırmanın en iyi yoludur (Goldrath vd.,1988). Verilerin ayırklaştırılması için en çok kullanılan iki yöntem, eşit genişlikli ve eşit derinlikli gruplama metotlarıdır (Han, vd., 2011). Eşit genişlikli gruplama metodu verinin belli bir aralıktaki değişimini inceleyebilmek için araştırmacı tarafından belirlenen aralıklara ayrılmasıdır. Veri kümesinde açık uçlu olarak toplanan yaş değişkeninin 20-24, 25-29, 30-34 ... şeklinde ayırklaştırılması eşit genişlik metoduna örnek olarak gösterilebilir. Eşit genişlikli gruplama yönteminde elde edilen sınıfların içerisinde kalan veri sayısı değil, sınıfların genişliğinin eşit olması önemlidir. Böylece, önceden belirlenen sınıflara göre etiketleme gerçekleştirilmiş olur. Eşit derinlikli gruplama metodunda ise oluşan veri genişliği yerine önemli olan her bir etiket sınıfında yer alan veri sayısıdır. Bu yöntemde sınıflar eşit ya da birbirine çok yakın sayıda veriden oluşmaktadır. Elde edilen verilerde çok sayıda eşit değere sahip veri bulunabileceğinden, her sınıfta eşit sayıda veri olması mümkün olmayabilir. Etiket sınıfları arasında sınır olarak belirlenmiş değere eşit olan veriler farklı kümelere atanmazlar, bu sebeple veri sayılarındaki eşitlik bozulmaktadır.

İki yöntem arasındaki farkları daha iyi anlayabilmek için örnek veri seti: 18, 18, 19, 20, 20, 20, 21, 24, 25, 27, 29, 30, 30, 30, 43, 44 olmak üzere bu veri setinin eşit genişlik ve eşit derinlik yöntemlerine göre ayırklaştırılmış halleri, oluşan küme sınırları, küme genişlikleri ve küme derinlikleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3

Eşit genişlikli ve eşit derinlikli gruplama metodu örnek veri seti

Metot	Etiketler	Oluşan Küme Verileri	Oluşan Küme Sınırları	Küme Genişlikleri (maks-min+1)	Küme Derinlikleri (Veri sayısı)
Eşit Genişlikli Gruplama (Equal Width Binning)	Sınıf 1	18,18,19,20,20,20,21,24,25	18-26	9	9
	Sınıf 2	27,29,30,30,30	27-35	9	5
	Sınıf 3	43,44	36-45	9	2
Eşit Derinlikli Gruplama (Equal Depth Binning)	Sınıf 1	18,18,19,20,20,20	18-20	3	6
	Sınıf 2	21,24,25,27,29	21-29	9	5
	Sınıf 3	30,30,30,43,44	30-44	15	5

Buradan elde edilen veriler, faktörler, kategoriler, sınırlar, kategori kapsamında ele alınan katılımcı sayısı ve son olarak da her bir kategorinin gerçek alt ve üst sınırı Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4

Kategorik veri özeti tablosu

Ölçek	Faktör	Seviye	Sınırlar	n	Yüzde	min	maks
Örgütsel Sessizlik	Kabullenici	Düşük	1-199	199	39,48%	1,00	3,40
		Orta	200-352	153	30,36%	3,41	4,20
		Yüksek	353-504	152	30,16%	4,21	7,00
	Korunmacı	Düşük	1-186	186	36,90%	1,00	3,40
		Orta	187-354	168	33,33%	3,41	4,20
		Yüksek	355-504	150	29,76%	4,21	7,00
Korunmacı	Düşük	1-185	185	36,71%	1,00	3,40	
	Orta	186-349	164	32,54%	3,41	4,20	
	Yüksek	350-504	155	30,75%	4,21	6,20	
Algılanan Örgütsel Destek	Destek	Düşük	1-175	175	34,72%	1,00	3,60
		Orta	176-351	176	34,92%	3,61	4,30
		Yüksek	352-504	153	30,36%	4,31	7,00

4.6. Birliktelik Kuralı Madenciliği

Birliktelik kuralı madenciliği, veri tabanında bazı asgari destek ve asgari güven kısıtlamalarını karşılayan tüm kuralları bulmaya yarayan bir analizdir (Agrawal ve Srikant, 1994). Birliktelik kuralı madenciliğinde amaç, önceden belirlenmemiş ve hatta gizli kalmış ilişkilerin ortaya çıkarılmasının sağlanmasıdır. İlişki kuralları, aslen birkaç üründen oluşan bir işlemi

açıklayan satış noktası verilerinden türetilmiştir (Linoff ve Berry, 2011). Birliktelik analizi genellikle perakende alışveriş sepetleri için ortaya atılmış bir fikir olsa da farklı alanlarda oluşan ilişkilendirme kurallarını belirlemek için de kullanılmıştır. Günümüzde, otel rezervasyonları, telekomünikasyon hizmetleri, bankacılık ürünleri (Linoff ve Berry, 2011), olası tedavi kombinasyonlarında oluşan komplikasyonların tahmini, sahtekârlık ya da dolandırıcılık içeren işlemlerin tespiti gibi birçok alanda birliktelik analizleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada çalışanların örgütsel sessizlik ve algılanan örgütsel desteğe ölçeklerinin faktörleri doğrultusunda oluşan birliktelikler incelenmiş ve çalışanların profilleri belirlenmeye çalışılmıştır. Birliktelik analizlerinin bu kullanım şekliyle etkili bir yaklaşım sergilenmiştir.

4.7. Apriori Algoritması

Apriori algoritması, birliktelik gözlenen aday veri kümelerinin ne kadar sık rastlandığını ele alarak veri kümesinde diğer aday alt kümelere doğru ilerleme gösterir. Böylece en sık rastlanan birlikteliklerden daha az rastlanan birlikteliklere doğru kademeli bir tarama sağlamaktadır. Apriori algoritmasının taslak kodları Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5

Apriori Algoritması taslak kodları (Aggarwal, 2015; Agrawal ve Srikant, 1994)

C_k : Aday veri seti (k ; boyutu göstermektedir.)

L_k : Sık rastlanan veri seti (k ; boyutu göstermektedir.)

begin

$L_1 = \{1 \text{ elemanlı sık rastlanan veri seti}\}$

for($k=1$; $L_k \neq \emptyset$; $k++$) do begin

$C_{k+1} = L_k$ kümesinden aday küme üret;

for veri setindeki tüm işlemler için tekrarla **do**

C_{k+1} de yer alan tüm adayların sayısını arttır

$L_{k+1} = C_{k+1}$ de ki minimum destek şartını sağlayan aday kümesi

end

return $U_k L_k$

Budama (Pruning): Herhangi bir alt küme minimum destek şartını sağlayan yeterli sıklığa sahip değilse kümeden çıkar.

end)

4.7.1 Apriori Algoritması ile Birliktelik Kuralları Oluşturma

Bir veri seti içinde sık kullanılan öğe kümelerini belirlemek için Agrawal ve Srikant tarafından önerilen algoritma güven (confidence), destek (support) ve kaldırıcı (lift) değerlerine göre birliktelikleri oluşturmaktadır.

$$\text{Destek}(X \rightarrow Y) = P(X \cap Y) \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Veri seti içerisinde X ve Y durumlarının birlikte gerçekleşme olasılığının değeri destek olarak tanımlanmaktadır ve Eşitlik 1 de ki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Güven}(X \rightarrow Y) = P(Y | X) = \frac{\text{Destek_Sayısı}(XUY)}{\text{Destek_Sayısı}(X)} \quad (\text{Eşitlik 2})$$

Veri seti içerisinde X 'in gerçekleştiği örneklem de Y 'nin de gerçekleşmesi durumu bir koşullu olasılık belirtmektedir. Bu koşullu olasılık değeri Eşitlik 2 de ki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Kaldırıcı}(X \rightarrow Y) = \frac{P(XUY)}{P(X)P(Y)} \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Destek ve Güven değerleri sık kullanılan öğe gruplarını belirlemede oldukça elverişli olsa da ilgi çekici olmayan ilişki kurallarını filtrelemek için yetersiz kalmaktadır. Kaldırıcı destek, güven ve veri setleri arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmak için kullanılmaktadır. Kaldırıcı, bağımsız veri setleri için kolaylıkla Eşitlik 3 de ki gibi hesaplanabilmektedir. Kaldırıcı değeri

1'den küçükse X ve Y durumları negatif korelasyonludur, 1'den büyükse pozitif korelasyonludur. Diğer taraftan eğer kaldırma değeri 1'e eşit hesaplanırsa X ve Y durumları bağımsızdır ve aralarında bir ilişki yoktur şeklinde yorumlanmaktadır. Korelasyon analizi yalnızca ilişkinin yönünü ve gücünü göstermektedir, elde edilen kaldırma değerleri ise bir durumun gerçekleşmesinin diğer durumu ne kadar etkilediğini göstermektedir (Han vd., 2011).

5. BULGULAR

Çalışmanın sonucunda, anket ile toplanan verilerden yola çıkarak Örgütsel Sessizlik faktörleri ile Algılanan Örgütsel Destek faktörü arasındaki en sık gerçekleşen birliktelikleri tespit ederek bir profil çıkarımı yapmaktır. Bu sebeple veri ön işleme adımları yapılarak, Veri Madenciliği için uygun olan formata dönüştürülmüştür. İlk olarak yalnızca Örgütsel Sessizlik faktörlerine minimum 0,5 güven seviyesinde Apriori Algoritması uygulanmıştır (Tablo 6). Uygulanan Apriori algoritmasında kurallar güven parametresine göre sıralanmıştır. Destek değeri ise 1'den başlanarak her yeni kural arama sürecinde 0,05 birim azaltılmış ve minimum destek değeri 0,10 olarak belirlenmiştir. Her bir kural için elde edilen destek değeri Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6

Örgütsel Sessizlik ölçeği faktörleri birliktelik kuralları

ÖRGÜTSEL SESSİZLİK ÖLÇEĞİ				
Birliktelik Kuralları		Güven	Destek	Kaldırma
1. Korunmacı (Düşük), Korunmacı (Düşük) 87	==> Kabullenici (Düşük) 66	0,76	0,131	1,92
2. Kabullenici (Düşük), Korunmacı (Düşük) 91	==> Korunmacı (Düşük) 66	0,73	0,131	1,97
3. Kabullenici (Düşük), Korunmacı (Düşük) 110	==> Korunmacı (Düşük) 66	0,60	0,131	1,77
4. Korunmacı (Düşük) 186	==> Kabullenici (Düşük) 110	0,59	0,218	1,50
5. Kabullenici (Düşük) 199	==> Korunmacı (Düşük) 110	0,55	0,218	1,50
6. Korunmacı (Düşük) 171	==> Kabullenici (Düşük) 91	0,53	0,181	1,35
7. Korunmacı (Düşük) 171	==> Korunmacı (Düşük) 87	0,51	0,173	1,38

Tablo 7 örgütsel sessizlik ölçeği faktörlerinin kendi aralarında oluşturdukları birliktelik ilişkilerini belirttiğinden dolayı H_4 hipotezinin olası senaryolarının doğrulandığı kurallar elde edilmiştir. Veri setinde *korunmacı* ve *korunmacı* faktörlerinin ikisi de düşük olan 87 gözlem bulunmaktadır. Bu iki faktörde düşük *iken kabullenici* faktörü de düşük olan 66 gözlem olarak belirlenmiştir. Dolayısı ile *korunmacı* ve *korunmacı* faktörleri düşük olan gözlemlerin % 76'sında aynı zamanda *kabullenici* faktörü de düşüktür. Veri setinde *kabullenici* ve *korunmacı* faktörlerinin ikisi de düşük olan 91 gözlem bulunmaktadır. Bu iki faktörde düşük *iken korunmacı* faktörü de düşük olan 66 gözlem olarak belirlenmiştir. Dolayısı ile *kabullenici* ve *korunmacı* faktörleri düşük olan gözlemlerin % 73'ünde aynı zamanda *korunmacı* faktörü de düşüktür. Veri setinde *kabullenici* ve *korunmacı* faktörlerinin ikisi de düşük olan 110 gözlem bulunmaktadır. Bu iki faktörde düşük *iken* Korunmacı faktörü de düşük olan 66 gözlem olarak belirlenmiştir. Dolayısı ile *korunmacı* ve *kabullenici* faktörleri düşük olan gözlemlerin % 60'ında aynı zamanda *korunmacı* faktörü de düşüktür.

Tablo 7

Örgütsel Sessizlik ve Algılanan Örgütsel Destek Ölçeği faktörleri birliktelik kuralları

ÖRGÜTSEL SESSİZLİK ÖLÇEĞİ VE ALGILANAN ÖRGÜTSEL DESTEK ÖLÇEĞİ

Birliktelik Kuralları		Güven	Destek	Kaldırma
1. Kabullenici (Düşük), Korunmacı (Düşük) 91	==> Destek (Düşük) 82	0,90	0,163	2,60
2. Korunmacı (Düşük), Korunmacı (Düşük) 87	==> Destek (Düşük) 78	0,90	0,155	2,58
3. Kabullenici (Düşük), Destek (Düşük) 96	==> Korunmacı (Düşük) 82	0,85	0,163	2,52
4. Korunmacı (Düşük), Destek (Düşük) 93	==> Korunmacı (Düşük) 78	0,84	0,155	2,47
5. Korunmacı (Düşük) 171	==> Destek (Düşük) 139	0,81	0,276	2,34
6. Destek (Düşük) 175	==> Korunmacı (Düşük) 139	0,79	0,276	2,34
7. Destek (Yüksek) 127	==> Korunmacı (Yüksek) 94	0,74	0,187	2,38
8. Korunmacı (Orta) 176	==> Destek (Orta) 111	0,63	0,220	1,57
9. Korunmacı (Yüksek) 157	==> Destek (Yüksek) 94	0,60	0,187	2,38
10. Korunmacı (Düşük) 186	==> Kabullenici (Düşük) 110	0,59	0,218	1,50

İki ölçek faktörleri beraber incelendiğinde faktörler arasında oldukça çarpıcı sonuçlar elde edilmektedir. H_6 hipotezinde belirtildiği gibi elde edilen 1. kuralda *kabullenici* ve *korunmacı* faktörleri düşük olan 91 gözlemin % 90'ı yani 82 gözleminde

destek faktörünün de düşük olduğu, H_7 hipotezinde belirtildiği gibi elde edilen 2. kuralda *korunmacı* ve *korumacı* faktörleri düşük olan 87 gözlemin % 90'ı yani 78 gözlemlerde destek faktörünün de düşük olduğu gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, H_6 hipotezinin çift yönlü olduğunu gösteren 3. kural, *kabullenici* ve destek faktörleri düşük olan 96 gözlemin % 85'i yani 82 gözlemlerde *korumacı* faktörünün de düşük olduğu ve benzer şekilde H_7 hipotezinin çift yönlü olduğunu gösteren 4. kural, *korunmacı* ve destek faktörleri düşük olan 93 gözlemin % 84'ü yani 78 gözlemlerde *korumacı* faktörünün de düşük olduğu ilişkileri gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmede 0,50 ve üzeri eşik değere göre oluşan birliktelik kuralları kabul edildiğinden dolayı H_5 ve H_8 hipotezleri ile ilgili bir kural elde edilmemiştir.

Bu çoklu ilişkilerin dışında ayrıca destek faktörü ile diğer faktörler arasında ikili ilişkilerin yer aldığı kurallarda saptanmıştır. H_3 hipotezinin, hemen her seviyede farklı kurallarda elde edilmiş olması sebebiyle ön plana çıktığı dikkat çekmektedir. H_3 hipotezinde belirtildiği gibi elde edilen 5. kuralda *korumacı* faktörünün düşük olduğu 171 gözlemin % 81'i yani 139 gözlemlerde destek faktörünün de düşük olduğu, H_3 hipotezinin çift yönlü olduğunu gösteren 6. kuralda destek faktörünün düşük olduğu 175 gözlemin % 79'u yani 139 gözlemlerde *korumacı* faktörünün de düşük olduğu gözlemlenmiştir. Benzer şekilde H_3 hipotezinde belirtildiği gibi elde edilen 7. kuralda destek faktörünün yüksek olduğu 127 gözlemin % 74'ü yani 94 gözlemlerde *korumacı* faktörünün de yüksek olduğu, H_3 hipotezinin çift yönlü olduğunu gösteren 9. kuralda *korumacı* faktörünün yüksek olduğu 157 gözlemin % 60'ı yani 94 gözlemlerde destek faktörünün de yüksek olduğu ilişkileri gözlemlenmiştir. Son olarak yine H_3 hipotezinde belirtildiği gibi elde edilen 8. kuralda *korumacı* faktörünün orta olduğu 176 gözlemin % 63'ü yani 111 gözlemlerde destek faktörünün de orta olduğu gözlemlenmiştir. Yapılan değerlendirmede 0,50 ve üzeri eşik değere göre oluşan birliktelik kuralları kabul edildiğinden dolayı ikili ilişkileri içeren H_1 ve H_2 hipotezleri ile ilgili bir kural elde edilmemiştir.

6. SONUÇ

Bu araştırma, çalışan davranışının çok boyutlu olarak modellenmesi ile oluşturulan başarılı modellerin rekabet avantajı ve işgücü planlaması başta olmak üzere çok değerli kazanımları beraberinde getireceği fikri üzerine tasarlanmıştır. Bu doğrultuda, çalışanın algıladığı örgütsel destek ve çalışan sessizliği arasındaki keşfedilmemiş ilişkilerin belirlenmesi amacıyla veri madenciliği tekniklerinden yararlanılmıştır. Araştırma sonuçları örgütsel destek ve çalışan sessizliği bağlamında özgün ve daha önce belirlenmemiş ilişkilerin varlığını ortaya koymaktadır. Bu durum, insan kaynakları yönetiminin tek bir paradigmanın ötesinde taşımak gerektiği ve farklı yaklaşımların birlikte ele alınarak önemli çıkarımlar yapılabileceği düşüncesini (Nechanska vd., 2020) desteklemektedir. Araştırmaya konu olan bu iki önemli örgütsel olgunun böyle bir ilişkisel bir çerçevede ele alınması örgütsel davranış ve insan kaynakları araştırmacı için yeni bir kapı aralamaktadır. Çalışan tutum ve davranışlarının modellenmesi bu alandaki araştırmacıların belirli bağlamlarda çıkarımlar yapmasına olanak sağlayacaktır.

Yüzde 86.50% başarı oranı ile oluşturulan model, araştırma ile elde edilen bulgular araştırmanın oldukça soyut görünen çalışan tutumlarının ve profillerinin açığa çıkarılması için yeni ve etkili bir yaklaşım sunduğunu göstermektedir. Nitekim elde edilen birliktelik kuralları için %50 eşik değer olarak belirlenmiş ve yedi kural tespit edilmiştir. Örgütsel sessizlik ve algılanan örgütsel destek ölçeklerinin kendi aralarındaki birliktelik kurallarının analizi ise 10 kuralın varlığına işaret etmektedir. İlk 5 kural için %80 üzerinde birliktelik ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, örgütsel sessizlik ölçeğinde yer alan *korumacı* faktörü ile hemen her seviyede ve çift yönlü olarak algılanan örgütsel destek ölçeği arasında oluşan birliktelik kuralları çalışan profilleri için yüksek önem düzeyinde bir çıkarım yapılmasını sağlamaktadır. Bu noktada, çalışan sessizliği ve algılanan örgütsel destek ilişkisi bölümünde yer verilen literatüre önemli bir katkı sunmakta ve yüksek önem düzeyinde bir çıkarım yapılmasını sağlayarak çalışan sessizliğinin nedenleri daha iyi anlamak için yeni fırsatlar sunmaktadır. İlgili literatür özellikle çalışan sessizliğinin ortaya çıkma biçimleri ve öncüllerinin neler olduğu konusunda yeterli olgunluğu erişmediği düşünüldüğünde (Brinsfield, 2013), elde edilen sonuçlar çalışan sessizliği türleri (özellikle *korumacı* sessizlik) ile ilgili gelecekte yapılacak araştırmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır. Bununla birlikte, araştırma kapsamında en yüksek birliktelik oranına ulaşan 1. kuralda yer alan *kabullenici* faktörünün tek başına algılanan destek faktörü ile bir kural oluşturamaması fakat *korumacı* faktörü ile bir arada ele alındığında en yüksek birliktelik oranına ulaşması çalışmanın gizli örüntülerinden bir olarak karşımıza çıkmaktadır. *Kabullenici* ve *Korumacı* faktörleri arasındaki kural incelendiğinde, *Korumacı* faktörünün düşük olduğu 171 gözlemin % 51'i yani 87 gözlemlerde *kabullenici* faktöründe düşük olduğu tek yönlü bir kural ortaya çıkmaktadır. Söz konusu faktörler arasında ki birliktelik ilişkisi araştırmanın literatüre sağladığı bir diğer

özgün katkıyı oluşturmakta ve yapılabilecek araştırmalar için bir kapı aralamaktadır. Nitekim, bu durum çalışan profili çalışmalarında gizli kural ve örüntülerin önemini açıkça ortaya koymaktadır. Son olarak, yazarlar salt mavi yaka çalışan örneklemini üzerinden hareket edilen bu araştırmanın genişletilerek beyaz yaka çalışanları da kapsayan çalışmalar yapılmasının önemli bulguları beraberinde getirebileceğini değerlendirmektedir. Benzer araştırmaların Chou ve Chang (2020) gibi araştırmalarda ileri sürülen sessizlik boyutları kullanılarak yapılmasının burada belirlenen ilişkilerin tartışılmasına olanak sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

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

Kaynaklar/References

- Aggarwal, C. (2015). *Data mining: the textbook*. Springer. doi: 10.1007/978-3-319-14142-8
- Agrawal, R., & Srikant, R. (1994). Fast algorithms for mining association rules. In *Proc. 20th int. conf. very large data bases, VLDB* (Vol. 1215, pp. 487-499).
- Akçin, K. vd. (2017). Effect of Perceived Organizational Support On Organizational Silence and Task Performance: A Study on Academicians. *Journal of Global Strategic Management*, vol.11, pp.35-44.
- Allen, D.G., Shore, L.M., ve Griffeth, R.W. (2003) The role of perceived organizational support and supportive human resource practices in the turnover process. *Journal of Management*, 29, 99–118.
- Beheshtifar vd. (2012). Destructive role of employee silence in organizational success, *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 2 (11): 275-282.
- Beheshtifar, Malikeh & Borhani, Hossein & Nekoei-Moghadam, Mahmood. (2012). Destructive Role of Employee Silence in Organizational Success. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*. 2.
- Bramer, M. (2007). *Principles of data mining* (Vol. 180). London: Springer. ISBN : 978-1-4471-7306-9
- Brinsfield, C. T. (2013). Employee silence motives: Investigation of dimensionality and development of measure. *Journal of Organizational Behavior*, 34, 671-697. doi:10.1002/job.1829
- Chen, T., Hao, S., Ding, K., Feng, X., Li, G., & Liang, X. (2020). The impact of organizational support on employee performance. *Employee Relations: The International Journal*.
- Chen, Zhixia & Eisenberger, Robert & Johnson, Kelly & Sucharski, Ivan & Aselage, Justin. (2009). Perceived Organizational Support and Extra-Role Performance: Which Leads to Which?. *The Journal of social psychology*. 149. 119-24. 10.3200/SOCP.149.1.119-124.
- Chou, S. Y., & Chang, T. (2017). Employee silence and silence antecedents: A theoretical classification. *International Journal of Business Communication*. <https://doi.org/10.1177/2329488417703301>.
- Chou, S. Y., & Chang, T. (2020). Employee Silence and Silence Antecedents: A Theoretical Classification. *International Journal of Business Communication*, 57(3), 401–426. <https://doi.org/10.1177/2329488417703301>
- Çınar, O., Karcıoğlu, F. & Alioğulları, Z. (2013). The relationship between organizational silence and organizational citizenship behavior: A survey study in the province of Erzurum, Turkey. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 99. 314-321. 10.1016/j.sbspro.2013.10.499.
- Donaghey, J., Cullinane, N., Dundon, T., & Wilkinson, A. (2011). Reconceptualising employee silence: problems and prognosis. *Work, Employment and Society*, 25(1), 51–67. <https://doi.org/10.1177/0950017010389239>
- Dong, X. T., & Chung, Y. W. (2020). The Mediating Effect of Perceived Stress and Moderating Effect of Trust for the Relationship Between Employee Silence and Behavioral Outcomes. *Psychological Reports*, 0033294120942914.
- Duan, W., Tang, X., Li, Y., Cheng, X., & Zhang, H. (2020). Perceived organizational support and employee creativity: The mediation role of calling. *Creativity Research Journal*, 1-9.
- Dyne, L. V., Ang, S., & Botero, I. C. (2003). Conceptualizing employee silence and employee voice as multidimensional constructs. *Journal of management studies*, 40(6), 1359-1392. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00384>
- Eisenberger, R. L., Fasolo, P., & Davis-LaMastro, V. (1990). Perceived organizational support and employee diligence, commitment, and innovation. *The Journal of Applied Psychology*, 75, 51–59.
- Eisenberger, R., & Stinglhamber, F. (2011). *Perceived organizational support: Fostering enthusiastic and productive employees*. Washington, DC: American Psychological Association. <http://dx.doi.org/10.1037/12318-000>
- Eisenberger, R., Huntington, R., Hutchison, S., & Sowa, D. (1986). Perceived organizational support. *Journal of Applied Psychology*, 71, 500–507. <http://dx.doi.org/10.1037/0021-9010.71.3.500>

- Goldrath, N., Zimes, R., & Vered, Z. (1988). Analysis of Doppler-obtained velocity curves in functional evaluation of mechanical prosthetic valves in the mitral and aortic positions. *Journal of the American Society of Echocardiography*, 1(3), 211-225. [https://doi.org/10.1016/S0894-7317\(88\)80077-4](https://doi.org/10.1016/S0894-7317(88)80077-4)
- Han, J., Pei, J., & Kamber, M. (2011). *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier. ISBN 13: 978-1-55860-901-3 ISBN 10: 1-55860-901-6
- Hayton, J. C., Carnabuci, G., & Eisenberger, R. (2012). With a little help from my colleagues: A social embeddedness approach to perceived organizational support. *Journal of Organizational Behavior*, 33, 235–249. <http://dx.doi.org/10.1002/job.755>
- Hirschman, A. O. (1970). *Exit, voice, and loyalty: Responses to decline in firms, organizations, and states*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Huang X, Van de Vliert E ve Van Der Veegt G (2005). Breaking the silence culture: stimulation of participation and employee opinion withholding cross-nationally. *Management and Organization Review* 1(3): 459–482.
- Imran, M. Y., Elahi, N. S., Abid, G., Ashfaq, F., & Ilyas, S. (2020). Impact of perceived organizational support on work engagement: Mediating mechanism of thriving and flourishing. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 6(3), 82.
- Jaweria Khalid & Jaleel Ahmed (2016) Perceived organizational politics and employee silence: supervisor trust as a moderator, *Journal of the Asia Pacific Economy*, 21:2, 174-195, DOI: 10.1080/13547860.2015.1092279
- Karakaş, Ayhan. (2019). The relationship between perceived supervisor support and the aspects of organizational silence. 8. 1-19.
- Kurtessis, J. N., Eisenberger, R., Ford, M. T., Buffardi, L. C., Stewart, K. A., & Adis, C. S. (2017). Perceived organizational support a meta-analytic evaluation of organizational support theory. *Journal of Management*, 43, 1854–1884. <https://doi.org/10.1177/0149206315575554>
- LaPiere, R. T. (1934). Attitudes vs. actions. *Social forces*, 13(2), 230-237. doi: 10.2307/2570339
- Levinson, H. (1965). Reciprocation: The relationship between man and organization. *Administrative Science Quarterly*, 9, 370–390. <http://dx.doi.org/10.2307/2391032>
- Linoff, G. S., & Berry, M. J. (2011). *Data mining techniques: for marketing, sales, and customer relationship management*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-470-65093-6
- Liu, B., Hsu, W., & Ma, Y. (1998). Integrating classification and association rule mining. In *KDD* (Vol. 98, pp. 80-86).
- Milliken FJ, Morrison EW, Hewlin PF. (2003). An exploratory study of employee silence: Issues that employees don't communicate upward and why. *Journal of Management Studies*, 40, 1453–1476.
- Morrison EW, Milliken FJ. (2000). Organizational silence: A barrier to change and development in a pluralistic world. *Academy of Management Review*, 25, 706–725.
- Mousa, M., Abdelgaffar, H. A., Aboramadan, M., & Chaouali, W. (2020). Narcissistic Leadership, Employee Silence, and Organizational Cynicism: A Study of Physicians in Egyptian Public Hospitals. *International Journal of Public Administration*, 1-10.
- Nechanska E, Hughes E and Dundon (2018) Towards an integration of employee voice and silence. *Human Resource Management Review*. Epub ahead of print 7 December 2018. DOI: 10.1016/j.hrmr.2018.11.002
- Olson, D. L., & Delen, D. (2008). *Advanced data mining techniques*. Springer Science & Business Media. ISBN: 978-3-540-76916-3 e-ISBN: 978-3-540-76917-0
- Pedro Neves Robert Eisenberger (2014). Perceived organizational support and risk taking, *Journal of Managerial Psychology*, Vol. 29 Iss 2 pp. 187-205 <http://dx.doi.org/10.1108/JMP-07-2011-0021>
- Pinder CC. & Harlos KP. (2001). Employee silence: Quiescence and acquiescence as responses to perceived injustice. *Research in Personnel and Human Resources Management*, 20, 331–369.
- Rhoades, L., & Eisenberger, R. (2002). Perceived organizational support: A review of the literature. *The Journal of Applied Psychology*, 87, 698–714.
- Schlenker, B. R. & Weigold, M. F. (1989). 'Self-identification and accountability'. In Giacalone, R. A. and Rosenfeld, P. (Eds), *Impression Management in the Organization*. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 21–43.
- Schober, P., Boer, C., & Schwarte, L. A. (2018). Correlation coefficients: appropriate use and interpretation. *Anesthesia & Analgesia*, 126(5), 1763-1768. <https://doi.org/10.1213/ANE.0000000000002864>
- Shanock, L. R., Eisenberger, R., Heggstad, E. D., Malone, G., Clark, L., Dunn, A. M., Kirkland, J., & Woznyj, H. (2019). Treating employees well: the value of organizational support theory in human resource management. *The Psychologist-Manager Journal*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/mgr0000088>
- Shore, L. M., & Shore, T. H. (1995). Perceived organizational support and organizational justice. In R. S. Cropanzano, & K. M. Kacmar (Eds.). *Organizational politics, justice and support: Managing the social climate of the workplace* (pp. 149–164). Westport, CT: Quorum.
- Singh, B. S., & Malhotra, M. (2015). The mediating role of trust in the relationship between perceived organizational support and silence. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(9), 1-10.
- Tangirala, S., & Ramanujam, R. (2008). Employee silence on critical work issues: The cross level effects of procedural justice climate. *Personnel Psychology*, 61, 37–68.
- Tucker, S., Chmiel, N., Turner, N., Hershcovis, M. S. ve Stride, C. B. (2008). Perceived organizational support for safety and employee safety voice: The mediating role of co-worker support for safety. *Journal of Occupational Health Psychology*, 13(4), 319-330.
- Van Dyne, L., Ang, S., & Botero, I. C. (2003). Conceptualizing employee silence and employee voice as multidimensional constructs. *Journal of Management Studies*, 40(6), 1359–1392. <https://doi.org/10.1111/1467-6486.00384>
- Wang, C. C., Hsieh, H. H., & Wang, Y. D. (2020). Abusive supervision and employee engagement and satisfaction: the mediating role of employee silence. *Personnel Review*.
- Wang, H., & Wang, S. (2010). Mining incomplete survey data through classification. *Knowledge and information systems*, 24(2), 221-233. <https://doi.org/10.1007/s10115-009-0245-8>

- Wang, Y. & Hsieh, H. (2013). Organizational ethical climate, perceived organizational support and employee silence: A cross-level investigation. *Human Relations*, 66(6), 783-802.
- Whiteside, D., & Barclay, L. (2012). Echoes of silence: Employee silence as a mediator between overall justice and employee outcomes. *Journal of Business Ethics*, 116, 251-266. doi:10.1007/s10551-012-1467-3
- Yu, Y. & Liu, Q. (2016). The effect of psychological capital and organizational support on innovational behavior and silence behavior of technical innovation personnel in strategic emerging industry. *American Journal of Industrial and Business Management*, 6, 732-740. doi: 10.4236/ajibm.2016.66067.
- Zehir, C. & Erdogan, E. (2011). The association between organizational silence and ethical leadership through employee performance, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, 24: 1389-1404.
- Zhang, N., & Lu, W. F. (2007). An efficient data preprocessing method for mining customer survey data. In *2007 5th IEEE International Conference on Industrial Informatics* (Vol. 1, pp. 573-578). IEEE. doi: 10.1109/INDIN.2007.4384821

A Survey on Image Super-Resolution with Generative Adversarial Networks

Üretken Çekişmeli Ağlar ile Görsel Çözünürlük Artırımı Üzerine Bir Araştırma

Hürkal Hüsem¹, Zeynep Orman²



ABSTRACT

Super-resolution is a process to increase image dimensions with a specific upscaling factor while trying to preserve details that match with the original high-resolution form. Super-resolution can be done with many techniques. But the most effective technique is the one that takes advantage of several neural network designs. Some network designs are more appropriate than others on the specific subject. This study focuses on super resolution studies using Generative Adversarial Network. Many studies use this neural network type to look at various topics such as artificial data production and making the data more meaningful. The key point of this neural network type is having two different sub-networks that try to defeat each other in order to make more realistic results. Performance metrics that measure the quality of a generated image, loss functions used in a neural network and research papers on super-resolution with Generative Adversarial Network are the main domains of this study.

Keywords: Image Super-Resolution, Generative Adversarial Networks, Resolution Enhancement

ÖZ

Çözünürlük artırımı (süper-çözünürlük) belirli bir artırım değeri ile görselin yüksek çözünürlükteki detaylarını korumaya çalışarak boyutlarını artırma işlemidir. Süper-çözünürlük birçok teknik ile gerçekleştirilebilir. Ancak bu konudaki en etkili teknikler çeşitli sinir ağı tasarımlarından yararlanan tekniklerdir. Bazı ağ tasarımları belirli konularda diğerlerine göre daha uygundur. Bu çalışma Üretken Çekişmeli Ağlar ile gerçekleştirilmiş çözünürlük yükseltme işlemlerine odaklanmıştır. Birçok çalışma yapay veri üretimi ve verinin daha anlamlı hale getirilmesi gibi çeşitli konularda bu yapay sinir ağı tipini kullanır. Bu yapay sinir ağı tipi ile yapay veri üretimi ve verinin daha anlamlı hale getirilmesi gibi alanlarda başarılı çalışmalar mevcuttur. Daha gerçekçi sonuçlar üretebilmesi için birbirini yenmeye çalışan iki alt ağdan oluşması bu ağ türünün kilit noktasıdır. Üretilen görselin kalitesini ölçen başarımlar ölçümleri, sinir ağında kullanılan yitim fonksiyonları ve Üretken Çekişmeli Ağ kullanarak çözünürlük artırımı üzerine çalışılmış araştırma makaleleri bu çalışmanın temel alanında yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: Görsel Çözünürlük Artırımı, Üretken Çekişmeli Ağlar, Çözünürlük Geliştirme

¹Istanbul University, Cerrahpaşa, Computer Engineering Department, Istanbul, Turkey.
²Istanbul University, Cerrahpaşa, Computer Engineering Department, Istanbul, Turkey.

ORCID: H.H. 0000-0002-5414-6481;
Z.O. 0000-0002-0205-4198

Corresponding author:

Hürkal Hüsem,
Istanbul University, Cerrahpaşa, Computer Engineering Department, Istanbul, Turkey.
Telephone: +90 212 217 50 67
E-mail address: iletisim@hurkal.com

Submitted: 07.07.2020

Revision Requested: 28.07.2020

Last Revision Received: 15.08.2020

Accepted: 17.08.2020

Citation: Hurkal, H., & Orman, Z. (2020). A survey on image super-resolution with generative adversarial networks. *Acta Infologica*, 4(2), 139-154.
<https://doi.org/10.26650/acin.765320>

1. INTRODUCTION

Resolution is a measure of pixel density within the specified unit. Higher resolution images provide more detail about the scene. In some domains, there is a strong need to increase the details on images to work on.

Super-resolution is a technique to enhance low-resolution images with minimum loss. This technique includes several processes such as denoising and deblurring (Protter, Elad, Takeda, & Milanfar, 2008). It is important for improving human understanding and getting higher accuracy values from computational tasks for the image. Higher resolution provides more details about the scene.

A survey on super-resolution gives detailed information about the history of the problems, domain, and algorithms (Nasrollahi & Moeslund, 2014). According to this survey, the first algorithm on super-resolution introduced the Fourier transform and the given solution was followed by many researchers (Gerchberg, 1974). The first hallucination solution solved with a neural network was applied to this problem area, to improve the resolution of fingerprint images (Mjolsness, 1985).

There are some traditional methods similar to super-resolution, such as interpolation. Interpolation is a similar technique with super-resolution but it shouldn't be confused because interpolation cannot restore high-frequency details (Gotoh & Okutomi, 2004). Interpolation includes several simple and easy to implement methods such as nearest-neighbor interpolation, bilinear interpolation, and bicubic interpolation; but they also show poor results in quality as shown in Figure 1. Therefore, there is a strong need for detail in discovering and data completion.

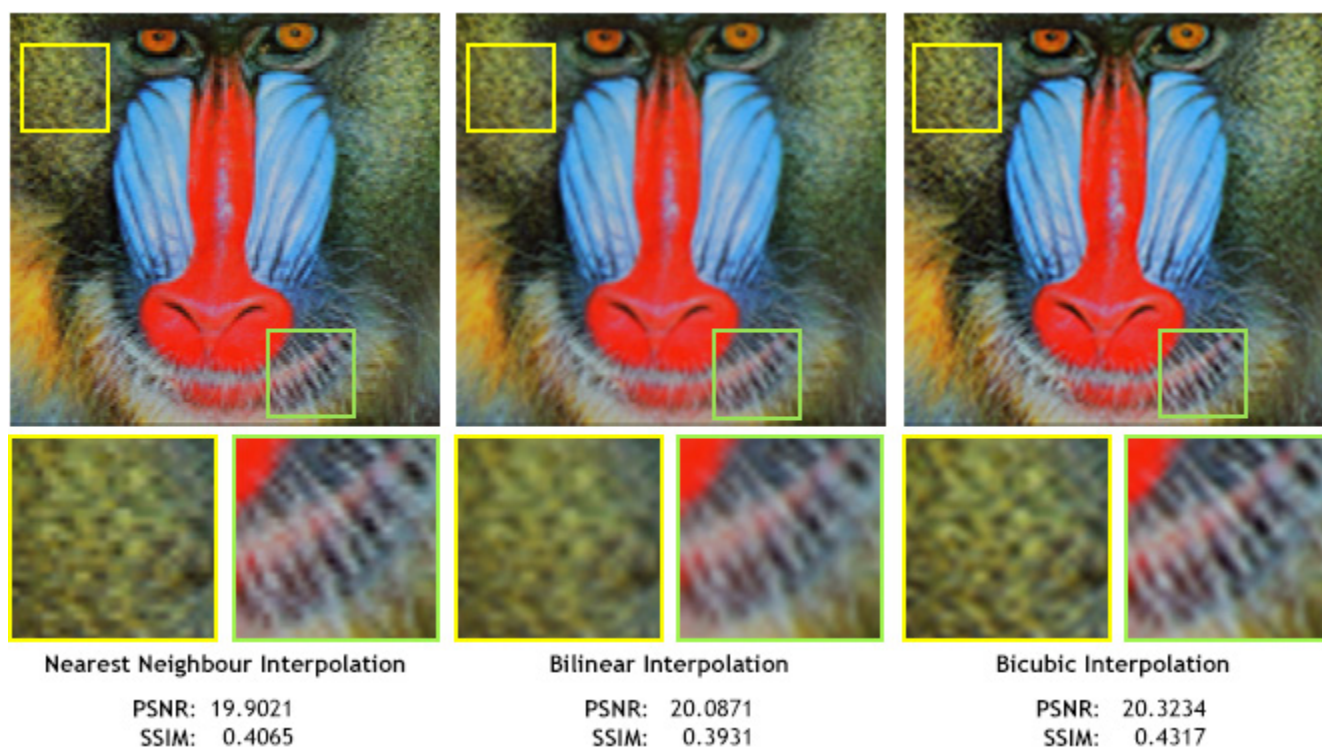


Figure 1. Quality comparisons of interpolation methods with “peak signal-to-noise ratio” (PSNR) and “structural similarity index” (SSIM)

Neural network-based studies, especially generative adversarial network (GAN) designs, overcome super-resolution problems. Visual details of state-of-the-art single-image super-resolution studies, SRGAN (Ledig, et al., 2016) and ESRGAN (Wang, et al., 2018) are shown in Figure 2 to highlight this necessity over the Set14 dataset baboon image. GAN-based studies significantly give better results than traditional methods. Somehow, ESRGAN’s peak signal-to-noise ratio (PSNR) is reported 20.35 which is almost the same with bicubic interpolation as shown in Figure 1 despite bicubic interpolation’s poor quality. This situation occurs with the familiarity of the used performance metric and neural network tuning strategy. It also discussed

why PSNR and similar performance metrics were not the best metrics for super-resolution comparisons (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017).

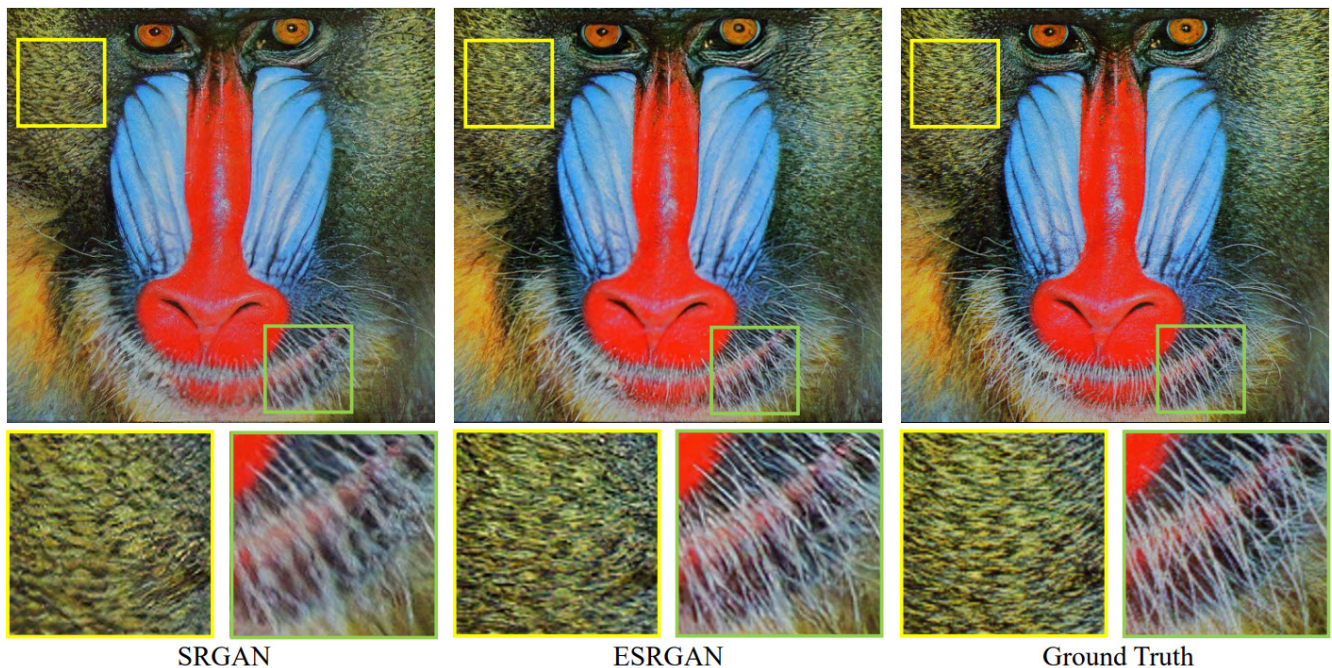


Figure 2. Visual details of state-of-the-art super-resolution methods, SRGAN and ESRGAN (Wang, et al., 2018).

GANs have attracted attention in recent years and breathed new life into existing approaches from machine learning (Goodfellow, et al., 2014). Thanks to the increased use of GAN, highly successful results can be achieved in many areas such as image processing, signal processing, and security.

The second section gives general information about GAN, the third section includes several studies that use GAN on super-resolution operations, the fourth section is about the performance metrics used in the overview studies, the fifth section is about loss functions used in overview studies, and the final section is about datasets used in overview studies.

2. GENERATIVE ADVERSARIAL NETWORKS (GAN)

GAN is a generative system in which two separate neural networks overcome one another with a competition principle. These two networks, called the generative and the discriminative, are operated simultaneously. While the generative network (G) aims to produce realistic artificial data, the discriminative network (D) tries to distinguish whether the data received is real or false.

After a competitive process, both networks specialized for their purposes and as a result, the GAN design realistically generates data. From this point of view, GAN is likened to a two-player mini-max game rather than an optimization problem. While the generative network aims to increase the error rate of the discriminative network, the discriminative network tries to reduce the failure probability by itself (Goodfellow, et al., 2014).

The value function $V(D, G)$ representing the mini-max game which is shown in (1) as an equation. While G wants to minimize V , D wants to maximize it. D refers to the differentiable function of discriminative network calculated by a multi-layer perceptron while G is generative. In the given equation, p_z is expressed as the distribution generated over the x which is generated data.

$$\min_G \max_D V(D, G) = \mathbb{E}_{x \sim p_{data}(x)} [\log D(x)] + \mathbb{E}_{z \sim p_z(z)} [\log (1 - D(G(z)))] \quad (1)$$

2.1. Generative Sub-network (G)

The purpose of G is to increase the likelihood that the discriminative network will fail by generating better data. G takes noise vector (Z) as input sampled from Gaussian or uniform distributions. If there was no update rule over z , the generative network would produce only noisy data. Generated data is easy to distinguish for D in the early epochs of training because noisy data is not good enough yet. G attempts to minimize the $\log(1-D(G(z)))$ value to descend its gradient so that it generates more realistic synthetic data (Goodfellow, et al., 2014).

The generative network tries to generate data that makes the discriminative network think it is real. In other words, if the discriminative network returns that $D(x) = 1$ for generated data, so this data marked as “real” and the discriminative network is deceived.

2.2. Discriminative Sub-network (D)

The discriminative network (D) always tries to find out whether the data received comes from the original data or not. This makes D a binary classifier. $D(x)$ evaluates the likelihood of x coming from real data rather than pg . D is responsible for the proper labeling of the actual data and the generated data from G , therefore there is training to increase the probability of D . Proper labeling of D means the separation of real and artificial data correctly. This sub-network measures the difference in how generated data differs from the original one (Goodfellow, et al., 2014). Despite the fact that D and G are opponents, D tells G how to make real-like data.

GAN architecture is shown in Figure 3. The data that comes from the generative network is presented in a mixed manner with the actual data to the discriminative network. A loss value is calculated as a result of the predictive result of the discriminative network.

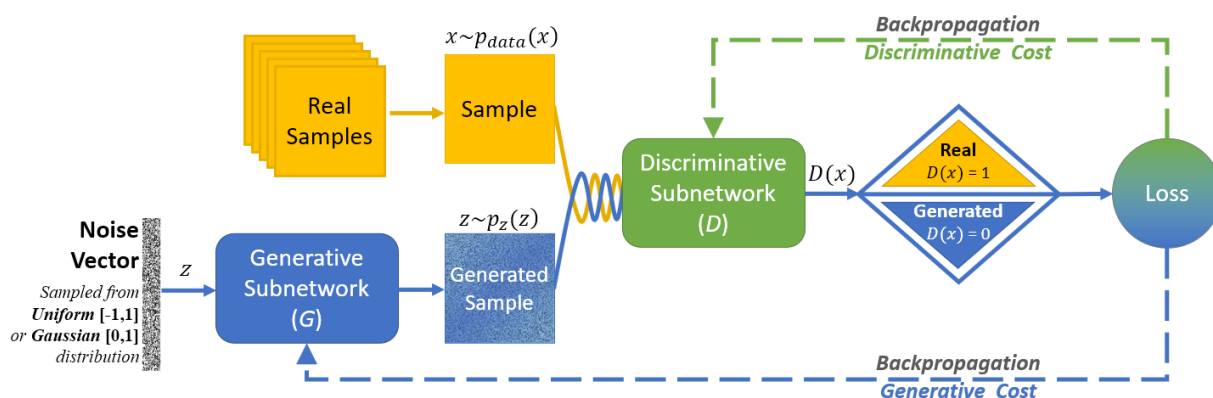


Figure 3. GAN architecture.

Small changes in inputs in the deep neural networks may cause serious changes in output values (Goodfellow, Shlens, & Szegedy, 2015). It emphasizes that the values applied in the same direction in the low-value bits of the input values may cause a conscious orientation at the output. The major reason for this is the frequent use of a linear or “linearized” activation function in the many neural networks.

Another generative neural network type similar to GAN is Variational Autoencoders (VAE). VAE is also used for generating data according to the input in an unsupervised manner. VAE can be divided into two parts as encoder and decoder. Encoder tries to reduce dimensions with a bottleneck in latent space, thus data is transformed into mean and standard deviation vectors. This process is a kind of learning loss compression algorithm. The last section of VAE, which is called decoder, generates new data according to these vectors and specified probability distribution (Kingma & Welling, 2014; Kingma & Welling, 2019). VAEs are useful for creating similar data to the input for focusing on explicit information, but GANs focus on implicit information so that they can create new data that is not available yet. This situation makes GANs useful for realistic data generation and completing missing parts of the data.

In super-resolution problems, VAEs tend to generate blurry results because of the bottleneck. Important and necessary details on an image fail to encode and decode during this process. GAN architecture was designed to be unsupervised like VAEs and can be a very advantageous approach to increase the amount of data needed by producing artificial data in deep learning applications that need a large dataset.

3. OVERVIEW

Super-resolution studies aim to produce higher resolution and quality images than low-resolution images. But also, some studies benefit from super-resolution as well are explained in another sub-section.

3.1. Single-Image Super-Resolution (SISR) GAN Studies

This section includes GAN based super-resolution studies on context-free or context-aware images such as the human face, text, traffic signs, satellite, etc. All studies in this section are SISR studies.

Inspired by many super-resolution studies using GAN, “a generative adversarial network (GAN) for image super-resolution (SR)” (SRGAN) applied a realistic super-resolution process in the quality of photo-shooting to each image (Ledig, et al., 2016). Perceptual loss and content loss functions were used together instead of pixel-based similarity. SRGAN also benefited from the deep residual network and achieved higher mean opinion score (MOS) than the state-of-the-art techniques in the literature.

Four times and eight times magnifications were applied with the style transfer and resolution upgrade approach (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016). Semantic analysis was used to increase success in both processes. The proposed system consists of two parts; an image transformation network and a loss network which is a convolutional neural network. The basis of this selection is that the semantic and perceptual information that the loss function wants to calculate can be easily coded with the convolutional neural network.

Perceptual GAN is used to solve the small object detection problem which is traffic sign detection (Li, et al., 2017). There are cases where the boundary or silhouette is certain, but when interpreted due to its small size, incorrect results will likely occur. To develop a better object recognition application, the resolution upgrade process is applied to the small size objects.

In order to overcome the limitations of pixel-based loss methods, loss functions have been designed for both the generative and the discriminative network. High SSIM results in 4x and 8x upscaling were achieved with the super-resolution perceptual generative adversarial network (SRPGAN) (Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017).

Face Conditional Generative Adversarial Network (FCGAN), named neural network design, is applied to human faces for enhancement (Bin, Weihai, Xingming, & Chun-Liang, 2017). Four times scaling was performed with this network structure. There was no need for any preprocessing such as alignment and semantic information input. Also, this model was not affected by accessories such as hats and glasses.

A GAN based residual neural network was designed using a 4x upscaling factor (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017). In addition to the changes in the convolutional content loss and adversarial loss functions, several operations were performed during the training of the network and pre-processing the data. Especially, with the “mean opinion score” (MOS) criteria was found to be prominent among similar studies in the literature. It was criticized that in super-resolution studies, many models use mean squared error, which generates a higher PSNR signal but does not give a strong perceptual result.

Small and blurred human faces in visuals were made more detailed (Bai, Zhang, Ding, & Ghanem, 2018). Unlike previous studies in the literature, up-sampling and refinement sub-networks were used together. Another innovation was the ability to distinguish between real and generated data acquired in the discriminative network, as well as the ability to distinguish whether the area sampled in the relevant visual if it is a face. The dataset in this study was not developed to directly study human faces. Therefore, it has become necessary to do this in the discriminative network.

Thanks to the Transferred GAN (TGAN), a combination of the transfer-learning approach and the abandonment of the batch normalization process, super-resolution is applied to satellite images (Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018). The batch normalization

increased the computational time despite the increase in performance in other image-processing tasks, but there was not enough remarkable effect on super-resolution applications.

To further improve image quality of SRGAN networks, both the adversarial and perceptual loss functions and network enhancements were introduced in Enhanced Super-Resolution Generative Adversarial Networks (ESRGAN) (Wang, et al., 2018). The normalization process was abandoned like Ma et al. (2018). The most important point of the study was the method called Residual-in-Residual Dense Block (RRDB), the patterns in natural visuals studied were much better than SRGAN. Thus, this work placed first at the PIRM2018-SR Challenge (region 3) (Blau, Mechrez, Timofte, Michaeli, & Zelnik-Manor, 2018) with the best perceptual index.

EnhanceNet uses both perceptual and texture matching loss and focuses on texture details in images (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017). Architecture was designed with a fully convolutional network and residual learning blocks.

SRFeat also used long-skipped 16 residual block connections in the generative network to produce high-frequency structural features (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018). SRFeat has two discriminative networks; one has an adversarial loss and the other has pixel-wise loss functions. ImageNet dataset is used for pre-training while DIV2K dataset is used for fine-tuning.

Learning to super-resolve both text and face images within a single model, it aimed to produce solutions with a common network design called Multi-class GAN (MCGAN) instead of separate networks for each class (Xu, et al., 2017). Although there was only one generative network in design, there were as many discriminative networks as the number of classes. The discriminative networks were updated simultaneously. MCGAN used feature matching loss (23) that extracts features dynamically from the discriminative network instead of getting from a fixed Visual Geometry Group (VGG) network.

A different perspective for training images provided to GANs that stands in front of the standard downscaling operation which is a bilinear interpolation (Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018). But it was discovered that this method was not good enough for real-world low-resolution images because of factors such as blur, compression artifacts, sensor noise, etc. To overcome this problem, a high-to-low generation network was designed for the degradation process before low-to-high evaluation.

TextSR is focused on text-image super-resolution and uses “text perceptual loss” inspired by perceptual loss (Wang, et al., 2019). TextSR uses ASTER (Shi, et al., 2018) as a base recognition network and also focused on text correction and ASTER is not a super-resolution study. But, with the help of image super-resolution, text recognition was taken one step further and generating text images was advanced to a better level.

3.2. Multi-Image or Video-based Super-Resolution GAN Studies

License plate number recognition was another challenging task in computer vision. Domain Prior GAN (DP-GAN) recovered license plate numbers, even unrecognizable by humans, from various viewpoints of multiple surveillance cameras with the help of other components in progressive vehicle search (Liu W. , Liu, Ma, & Cheng, 2017). The vehicle search was used for recognizing vehicles in combination with the plate numbers as well. DP-GAN has the capability of aligning plate numbers also. None of the performance metrics were included in our study. Human evaluation was used for recognizing numbers to measure system performance. At this point, MOS seems similar but not the same exactly.

A temporally coherent generative model was designed for fluid flow super-resolution (Xie, Franz, Chu, & Thuerey, 2018). This study was the first on GAN. It was realized on a four-dimensional dataset with two discriminative networks, one focuses on space and the other on temporal aspects. The loss function used in this study is a novel adversarial loss function that evaluated the temporal coherence of the outputs.

4. PERFORMANCE METRICS

Performance metrics used to compare the studies and network optimization metrics used by each network to produce better results are given below.

The performance metric was used to calculate how effective the proposed method was. Similar studies can be compared using these metrics. The matching of performance metric and studies are shown in Table 1.

Table 1

Performance metrics and studies in which they are used

Performance Metrics	Studies
Mean Opinion Score (MOS)	(Ledig, et al., 2016) (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017) (Wang, et al., 2018)
Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)	(Ledig, et al., 2016) (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016) (Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017) (Bin, Weihai, Xingming, & Chun-Liang, 2017) (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017) (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017) (Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018) (Wang, et al., 2018) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018) (Xu, et al., 2017) (Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018) (Wang, et al., 2019)
Structural Similarity Index (SSIM)	(Ledig, et al., 2016) (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016) (Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017) (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017) (Xu, et al., 2017) (Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018) (Wang, et al., 2018) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018) (Wang, et al., 2019)
Dark Channel Ratio (DCR)	(Xu, et al., 2017)
Confusion Matrix (Accuracy)	(Li, et al., 2017) (Bai, Zhang, Ding, & Ghanem, 2018)

4.1. Mean Opinion Score (MOS)

It is a subjective assessment average with score values numbered from one to five. Usually used in the telecommunications industry to measure user experience and averages user ratings (ITU-T, 2006). Similarly, it is a metric made with the average of the scores given by the individuals in the super-resolution studies. Therefore, a subjective judgment is made. A higher MOS value means that images are more similar.

4.2. Peak Signal-to-Noise Ratio (PSNR)

It is the ratio between the maximum possible signal strength and the noise distortion that affects image quality. Correlated with the average of squared errors in each pixel (Dosselmann & Yang, 2005). A higher PSNR value indicates that the two images are more similar.

PSNR, which measures the quality of compression in image compression processes, is still widely used due to its simple structure, especially in video images. It is one of the most reliable methods for comparing super-resolution images. This method is commonly used in analog systems and provides value in decibels (Huynh-Thu & Ghanbari, 2008).

First, the mean squared error (MSE) for PSNR is calculated as in equation (2) (PSNR, 2020). m and n represent the rows and columns in the input image. I is the input image, K is the image as a result that comes from the super-resolution process. The total square error is calculated for each pixel of the two images.

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} [I(i, j) - K(i, j)]^2 \quad (2)$$

The result obtained with (2) will be used in (3). MAX_I represents the highest possible pixel value in the input image.

$$PSNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) \quad (3)$$

MAX_I directly depends on the bit depth of the image. For images with a bit depth of b , the MAX_I value can be obtained as in (4).

$$L = MAX_I = 2^b - 1 \quad (4)$$

4.3. Structural Similarity Index (SSIM)

It is used to measure the structural similarity between two images. Calculated by taking into account the characteristics of both images such as brightness, contrast, and structure (Wang, Bovik, Sheikh, & Simoncelli, 2004). A higher SSIM value means more similar images.

Detects changes between two images by focusing on luminance, contrast, and structure properties of images. The luminance equation is shown in (5), contrast in (6), and structure in (7).

$$l(x, y) = \frac{2\mu_x\mu_y + C_1}{\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1} \quad (6)$$

$$c(x, y) = \frac{2\sigma_x\sigma_y + C_2}{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2}$$

$$s(x, y) = \frac{\sigma_{xy} + C_3}{\sigma_x\sigma_y + C_3} \quad (7)$$

C_1 , C_2 , and C_3 are used in the equations in (8) to get rid of the uncertainty in case of $\mu_x^2 + \mu_y^2$ result converges to zero. K_1 and K_2 constants are fixed numbers are less than 1. L can be calculated as MAX_I , which represents the bit depth in the PSNR calculation expressed in (4).

$$C_1 = (K_1L)^2$$

$$C_2 = (K_2L)^2 \quad (8)$$

$$C_3 = C_2 / 2$$

Finally, SSIM is the weighted average of luminance, contrast and structure values as shown in equation (9).

$$SSIM(x, y) = [l(x, y)^a \cdot c(x, y)^b \cdot s(x, y)^c] \quad (9)$$

In order to generalize the formula, by accepting the values a , b and c equal to 1, the equation can be reduced to the state in (10). In this case, μ denotes the mean of the image while σ is standard deviation. So, σ_{xy} is the covariance of the x and y images.

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + C_1)(2\sigma_{xy} + C_2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + C_1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + C_2)} \quad (10)$$

4.4. Dark Channel Ratio (DCR)

Used to express clarity and sharpness between two images. It is not a widely used technique in super-resolution studies. It was used to calculate how much the blurred images were clarified in blurred face images (Xu, et al., 2017). The DCR equation is defined in (11). x is the input image and x_{gt} is the ground-truth of x . $\varphi(x)$ is the dark channel of x . ε is set to 10^{-8} to avoid division by zero.

$$DCR(x, x_{gt}) = \frac{f_L(\varphi(x))}{f_L(\varphi(x)) + \varepsilon} \quad (11)$$

5. LOSS FUNCTIONS

In neural network design, some loss functions are used. Although some changes have been made on these loss functions, the actual loss function, which it is based on, has been highlighted in terms of meaningful pairing. The studies and optimization metrics are shown in Table 2, but studies use adversarial loss formulated as GAN formula in (1) not shown in this table.

Table 2

Super-resolution aimed loss functions and studies in which they are used

Loss Functions	Studies
Perceptual Loss	(Ledig, et al., 2016)
	(Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016)
	(Li, et al., 2017)
	(Liu W. , Liu, Ma, & Cheng, 2017)
	(Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)
	(Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017)
	(Wang, et al., 2018)
(Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)	
(Wang, et al., 2019)	
Pixel-wise Loss	(Xu, et al., 2017)
	(Bin, Weihai, Xingming, & Chun-Liang, 2017)
	(Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017)
	(Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017)
	(Liu W. , Liu, Ma, & Cheng, 2017)
	(Bai, Zhang, Ding, & Ghanem, 2018)
(Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018)	
(Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018)	
Charbonnier Loss	(Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)
Feature Matching Loss	(Xu, et al., 2017)
	(Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)
	(Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018)
Texture Matching Loss	(Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017)
	(Xie, Franz, Chu, & Thurey, 2018)

5.1. Perceptual Loss Function

Systems that perform performance evaluation per pixel are not able to make a fair assessment. With one-pixel shift, calculating a significant difference between the original image and the generated image, even if it contains all of the visual features created in its original form (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016). During the training phase, using perceptual loss focused on higher-level features rather than pixel data. Therefore, perceptual loss deals with error in property space rather than pixel space. However, despite the increase in success, with the emergence of the optimization problem, the processing time is prolonged.

The perceptual loss calculated by a loss network collects all the squared errors and averages them. In order to calculate feature and style cost in a loss network (ϕ), two different equations (13) and (16) are used. The weight values (W) in the network producing super-resolution is minimized by the stochastic gradient descent method (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016). W is shown as (12).

$$W^* = \arg \min_W E_{x, \{y_i\}} \left[\sum_{i=1} \lambda_i l_i(f_w(x), y_i) \right] \quad (12)$$

Each loss function calculates a single value. While calculating this value, the difference between the original image and the generated image is examined. The loss functions are deep convolutional neural networks. However, there is no need to calculate style loss for single-image super-resolution (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016).

In the feature reconstruction loss function, the feature differences calculated by the loss network are obtained. For the x image, the value generated in the j -th layer is represented by $\phi_j(x)$. If the j -th layer is a convolutional neural network, a feature map of $C_j \times H_j \times W_j$ is obtained. Here, C_j defines the color depth, H_j is the height of the image, and W_j is the width of the image, each in the j -th layer. The output from the x image in a network trained according to W weights is expressed as $\hat{y} = f_w(x)$. The desired image y is obtained by feature loss (13) between these two images (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016).

$$l_{feat}^{\phi,j}(\hat{y}, y) = \frac{1}{C_j H_j W_j} \|\phi_j(\hat{y}) - \phi_j(y)\|_2^2 \quad (13)$$

Perceptual loss focuses on the structural features of the image. Differences in color, pattern, and shape are excluded.

There is no need for style loss calculation for super-resolution. However, in combination with style reconstruction loss, it makes a significant difference. Equation (16) is used for style reconstruction loss.

Firstly, it is necessary to define gram matrix. $G_j^\phi(x)$ is a matrix of size $C_j \times C_j$ which is defined as shown in (14).

$$G_j^\phi(x)_{c,c'} = \frac{1}{C_j H_j W_j} \sum_{h=1}^{H_j} \sum_{w=1}^{W_j} \phi_j(x)_{h,w,c} \phi_j(x)_{h,w,c'} \quad (14)$$

To make a more efficient calculation, if we put the matrix $\phi_j(x)$ into the form $\psi = C_j \times H_j W_j$, the function $G_j^\phi(x)$ is written as (15).

$$G_j^\phi(x) = \frac{\psi \psi^T}{C_j H_j W_j} \quad (15)$$

Thus, the style reconstruction loss is calculated as in (16) by the square Frobenius norm of the difference of defined gram matrices.

$$l_{style}^{\phi,j}(\hat{y}, y) = \|G_j^\phi(\hat{y}) - G_j^\phi(y)\|_F^2 \quad (16)$$

5.2. Pixel-wise Loss (Mean Squared Error)

It is the metric used to calculate errors in pixel space. The total error of each matching pixel is obtained and used as shown in (17). This expression is the normalized Euclidean distance of two images of the same size. This method is only possible if we have a ground truth image that can be compared (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016).

$$l_{pixel}(\hat{y}, y) = \frac{\|\hat{y} - y\|_2^2}{CHW} \quad (17)$$

In equation (18), another content loss function is also defined as convolutional content loss (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017). $G_{\theta_G}(I^{LR})$ is the high-resolution output image. This equation is also used to combine with other formulas to improve the performance. Zhang et al. (2017) used (18) in combination with cross-entropy while Liu et al. (2017) used adversarial loss.

$$l_X^{LR} = \frac{1}{r^2 WH} \sum_{x=1}^{rW} \sum_{y=1}^{rH} (I_X^{LR} - Conv(G_{\theta_G}(I^{LR})_{x,y}))^2 \quad (18)$$

Pixel-based loss functions are far from producing an efficient result for the human eye but may give better results over PSNR and SSIM because they are focused on one-to-one mapping.

5.3. Charbonnier Loss

To ensure the correctness of low-frequency details on result image, Charbonnier loss is used as a content loss function by Wu et al. (2017). The Charbonnier loss is defined in (19).

$$l_y(y, \hat{y}) = E_{z, y \sim p_{data}(z, y)}(\rho(y - G(z))) \quad (19)$$

y is denoted as ground truth image and $G(z)$ is the constructed image. Here, the Charbonnier penalty function is needed to be defined as shown in (20).

$$\rho(x) = \sqrt{x^2 + \varepsilon^2} \quad (20)$$

5.4. Feature Matching Loss

It is an error calculation method developed based on the features in the image on the idea that pixel-based study does not give good results. The feature matching loss (21) is defined and then adopted to original GAN formulation in (1) to recover more realistic details (Xu, et al., 2017).

$$l_{feat_match} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left\| \phi_{\theta}^l(G_{\omega}(y^i)) - \phi_{\theta}^l(x^i) \right\|^2 \quad (21)$$

ϕ_{θ}^l is the feature response to x at the l -th layer.

5.5. Texture Matching Loss

Source and generated image should be the same style to apply matching loss (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017). Gram matrix that defines correlations between different feature channels is shown in (22).

$$G(F) = FF^T \quad (22)$$

This Gram matrix is used in (23).

$$l_{texture} = \left\| G(\phi(I_{est})) - G(\phi(I_{HR})) \right\|_2^2 \quad (23)$$

With this loss method, generating more realistic results are possible. Xie et al. (2018) used a mathematically similar loss function to texture matching loss.

6. DATASETS

The datasets used in super-resolution and matching of the studies are shown in Table 3. SET5 and SET14 datasets include low and high-resolution images (Bevilacqua, Roumy, Guillemot, & Alberi-Morel, 2012). BSDS dataset has different variations such as BSDS100, BSDS200, BSDS300, and BSDS500 and they are created for image segmentation and boundary detection (The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark, 2019). Tsinghua-Tencent includes traffic signs inside a vehicle-view (Traffic-Sign Detection and Classification in the Wild, 2019). The Caltech benchmark dataset includes vehicle-view videos for detecting pedestrians (Caltech Pedestrian Detection Benchmark, 2019). The Manga109 dataset includes commercially made Japanese manga images between the 1970s and 2010s (Dataset, 2019). The T91 is created for training neural networks with high-resolution images (Kaggle - T91 Image Dataset, 2019). The General100 has uncompressed 100 BMP formatted images in good quality (Dong, Loy, & Tang, 2016). The Dataset of Hradis included scientific papers for text-deblurring (Hradiš, Kotera, Zemčík, & Šroubek, 2015). The CelebA dataset included more than 200K celebrity images with annotations (Large-scale CelebFaces Attributes (CelebA) Dataset, 2019). The Wider Face was created for face benchmark from a publicly available WIDER dataset (Yang, Luo, Loy, & Tang, 2016). The LS3D-W is a 3D facial landmark dataset (Bulat & Tzimiropoulos, 2017). The DIV2K was proposed for benchmarking on single-image super-resolution which includes 1000 images at 2K resolution and the test set is not publicly available (Agustsson & Timofte, 2017). The UC Merced dataset included remote sensing images (UC Merced Land Use Dataset, 2019). The Flickr2K was collected from the Flickr website and consisted of 2650 images at 2K resolution (Timofte, Agustsson, Van Gool, Yang, & Zhang, 2017). The OST was collected from search engines containing over ten thousand images (Wang, Yu, Dong, & Change Loy, 2018). The Urban100 included real human-made structures containing 100 images (Huang, Singh, & Ahuja, 2015). The ImageNet has over 14 million images built in a hierarchical structure for object recognition tasks (Deng, et al., 2009).

Ten different text-based datasets are included as shown in Table 3 (Wang, et al., 2019). Synth90k (Jaderberg, Simonyan, Vedaldi, & Zisserman, 2015) and SynthText (Gupta, Vedaldi, & Zisserman, 2016) are synthetic text datasets. IIT5k-Words includes texts with lexicons (Mishra, Alahari, & Jawahar, 2012). Street View Text is collected from Google Street View (Wang, Babenko, & Belongie, 2011). ICDAR 2003 has cropped words that have non-alphanumeric characters or less than three characters with lexicons (Lucas, et al., 2005). The ICDAR 2013 is an advanced form of ICDAR 2003 with no lexicons (Karatzas, et al., 2013). The ICDAR 2015 contained irregular texts within bounding boxes (Karatzas, et al., 2015). The SVT-Perspective was a benchmark dataset for recognizing perspective texts (Phan, Shivakumara, Tian, & Tan, 2013). The CUTE80 contained curved texts (Risnumawan, Shivakumara, Chan, & Tan, 2014). The VeRi dataset was created for vehicle re-identification but used as license plate number recognizing and this dataset has 50,000 images of 776 vehicles from 20 different cameras (Liu X. , Liu, Mei, & Ma, 2016).

Datasets that are directly used for super-resolution tasks are included in Table 3 and Table 4.

Table 3

Datasets and their domains used in super-resolution tasks using GAN

Datasets	Studies	Text	Face	Object Recognition	Traffic Signs	Pedestrian Detection	Drawing	Urban	Training for Super-resolution	Image segmentation	Remote Sensing	Image Restoration	Annotated images	High res included
SET5	(Ledig, et al., 2016) (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016) (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)								✓					
SET14	(Ledig, et al., 2016) (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016) (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)								✓					
BSDS	100 (Ledig, et al., 2016) (Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016) (Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017) (Wang, et al., 2018)									✓				
	200 (Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)									✓				
	300 (Ledig, et al., 2016) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)									✓				
Tsinghua-Tencent 100K	(Li, et al., 2017)				✓									
Caltech benchmark	(Li, et al., 2017)					✓								
Manga109	(Li, et al., 2017)						✓							
T91	(Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)								✓					
General100	(Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)								✓					
CelebA	(Bin, Weihai, Xingming, & Chun-Liang, 2017) (Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017) (Xu, et al., 2017)		✓										✓	

Wider Face	(Bai, Zhang, Ding, & Ghanem, 2018)		✓												
DIV2K	(Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018) (Wang, et al., 2018) (Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)											✓			✓
UC Merced (Remote Sensing Dataset)	(Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018)										✓				
Flicker2K	(Wang, et al., 2018)													✓	✓
OST (Outdoor Scene Training)	(Wang, et al., 2018)								✓						✓
Urban100	(Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017) (Wang, et al., 2018)							✓							✓
ImageNet	(Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)			✓											
Dataset of Hradis	(Xu, et al., 2017)	✓													
Synth90k	(Wang, et al., 2019)	✓													
SynthText	(Wang, et al., 2019)	✓													
IIIT5k-Words	(Wang, et al., 2019)	✓													
Street View Text	(Wang, et al., 2019)	✓													
ICDAR	2003 (Wang, et al., 2019)	✓													
	2013 (Wang, et al., 2019)	✓													
	2015 (Wang, et al., 2019)	✓													
SVT-Perspective	(Wang, et al., 2019)	✓													
CUTE80	(Wang, et al., 2019)	✓													
VeRi	(Liu X. , Liu, Mei, & Ma, 2016)	✓													
LS3D-W	(Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018)		✓												
Four-Dimensional Fluid Dataset	(Xie, Franz, Chu, & Thuerey, 2018)											✓			
Number of Unique Studies		3	5	1	1	1	1	2	6	6	1	4	4	4	

According to information in Table 3, different dataset counts are shown in Table 4. Goodfellow, et al. (2014) is not a super-resolution study, so not included. The average working dataset count per study is 2.81.

Table 4

Studies and the number of different datasets used for super-resolution

Studies	Dataset Count
(Ledig, et al., 2016)	4
(Johnson, Alahi, & Fei-Fei, 2016)	3
(Liu X. , Liu, Mei, & Ma, 2016)	1
(Li, et al., 2017)	3
(Wu, Duan, Liu, & Sun, 2017)	3
(Bin, Weihai, Xingming, & Chun-Liang, 2017)	1
(Zhang, Shao, Hu, & Gao, 2017)	1
(Sajjadi, Scholkopf, & Hirsch, 2017)	4
(Xu, et al., 2017)	1
(Bai, Zhang, Ding, & Ghanem, 2018)	1
(Ma, Pan, Guo, & Lei, 2018)	2
(Wang, et al., 2018)	5
(Park, Son, Cho, Hong, & Lee, 2018)	5
(Bulat, Yang, & Tzimiropoulos, 2018)	1
(Xie, Franz, Chu, & Thuerey, 2018)	1
(Wang, et al., 2019)	9
Average:	2.81

7. CONCLUSIONS

In the literature, there was not any surveys on GAN based super-resolution studies. This study aimed to overcome this shortcoming.

The popularity of GAN is increasing day by day. The most powerful part of the GAN is having two simultaneous networks trying to overcome each other. This process is likened to mini-max games and at the end of the process, more realistic data can be generated. Finally,, the most important point on GAN is the loss functions used in it. Thanks to the successful implementation of loss functions, the neural network generates more realistic results.

In addition to producing artificial data, GAN has been used in different working areas and has many variations with its applications to reduce noise in the data and clean up the data containing noise. GAN studies on various datasets are the biggest indicators of this situation. On the basis of good results of artificial neural networks, there is a need for training with a lot of data to make the pattern more meaningful. For example, when super-resolution is applied using GAN in faces that are not clearly apparent in photographs, a solution such as increasing the limited data can be considered.

Super-resolution is a process of the increment of details in images. GAN based super-resolution studies produced more detailed results than other traditional interpolation methods and state-of-the-art neural network-based studies. But some performance metrics cannot measure the quality perceptually. Most common performance metrics like PSNR and SSIM may be higher even if the quality is poor. The source of this kind of problem is about the loss functions used in neural networks. If the loss function in any neural network is similar to the performance metric, the neural network learns to increase its performance score, but the result may not as good as the score. It seems that MOS (mean opinion score) is more useful and accurate as a super-resolution performance metric.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

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

References

- Agustsson, E., & Timofte, R. (2017). Ntire 2017 challenge on single image super-resolution: Dataset and study. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*(126-135).
- Bai, Y., Zhang, Y., Ding, M., & Ghanem, B. (2018). Finding tiny faces in the wild with generative adversarial network. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Bevilacqua, M., Roumy, A., Guillemot, C., & Alberi-Morel, M. L. (2012). Low-complexity single-image super-resolution based on nonnegative neighbor embedding. *Proceedings of the 23rd British Machine Vision Conference (BMVC)*.
- Bin, H., Weihai, C., Xingming, W., & Chun-Liang, L. (2017). *High-quality face image generated with conditional boundary equilibrium generative adversarial networks*. Pattern Recognition Letters.
- Blau, Y., Mechrez, R., Timofte, R., Michaeli, T., & Zelnik-Manor, L. (2018). The 2018 pirm challenge on perceptual image super-resolution. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Bulat, A., & Tzimiropoulos, G. (2017). How far are we from solving the 2d & 3d face alignment problem? (and a dataset of 230,000 3d facial landmarks). *International Conference on Computer Vision*.
- Bulat, A., Yang, J., & Tzimiropoulos, G. (2018). To learn image super-resolution, use a gan to learn how to do image degradation first. *Proceedings of the European conference on computer vision (ECCV)*, (pp. 185-200).
- Caltech Pedestrian Detection Benchmark*. (2019, 12 23). Retrieved from http://www.vision.caltech.edu/Image_Datasets/CaltechPedestrians/
- Dataset, M. -J. (2019, 12 23). Retrieved from <http://www.manga109.org/en/>
- Deng, J., Dong, W., Socher, R., Li, L. J., Li, K., & Fei-Fei, L. (2009). Imagenet: A large-scale hierarchical image database. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Dong, C., Loy, C., & Tang, X. (2016, 12 23). Accelerating the Super-Resolution Convolutional Neural Network. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Dosselmann, R., & Yang, X. D. (2005). Existing and emerging image quality metrics. *Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering*.

- Gerchberg, R. W. (1974). Super-resolution through error energy reduction. *Optica Acta: International Journal of Optics*, 21(9), 709-720.
- Goodfellow, I. J., Shlens, J., & Szegedy, C. (2015). Explaining and harnessing adversarial examples. *International Conference on Learning Representations*.
- Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., Xu, B., Warde-Farley, D., Ozair, S., & Bengio, Y. (2014). Generative adversarial nets. *Advances in neural information processing systems*, 2672-2680.
- Gotoh, T., & Okutomi, M. (2004). Direct super-resolution and registration using raw CFA images. *Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 2.
- Gupta, A., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2016). Synthetic data for text localisation in natural images. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Hradiš, M., Kotera, J., Zemčík, P., & Šroubek, F. (2015). Convolutional neural networks for direct text deblurring. *Proceedings of BMVC*, 10(2).
- Huang, J. B., Singh, A., & Ahuja, N. (2015). Single image super-resolution from transformed self-exemplars. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Huynh-Thu, Q., & Ghanbari, M. (2008). Scope of validity of PSNR in image/video quality assessment. *44(13)*, 800-801. *Electronics letters*.
- ITU-T. (2006). *Rec. P.10: Vocabulary for performance and quality of service*.
- Jaderberg, M., Simonyan, K., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2015). Deep structured output learning for unconstrained text recognition. *International Conference on Learning Representations (ICLR)*.
- Johnson, J., Alahi, A., & Fei-Fei, L. (2016). Perceptual losses for real-time style transfer and super-resolution. *European conference on computer vision*.
- Kaggle - T91 Image Dataset. (2019, 12 23). Retrieved from <https://www.kaggle.com/1l01dm/t91-image-dataset>
- Karatzas, D., Gomez-Bigorda, L., Nicolaou, A., Ghosh, S., Bagdanov, A., Iwamura, M., & Shafait, F. e. (2015). ICDAR 2015 competition on robust reading. *International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR)*.
- Karatzas, D., Shafait, F., Uchida, S., Iwamura, M., i Bigorda, L. G., & Mestre, S. R. (2013). ICDAR 2013 robust reading competition. *International Conference on Document Analysis and Recognition*.
- Kingma, D. P., & Welling, M. (2014). Auto-Encoding Variational Bayes. *International Conference on Learning Representations*.
- Kingma, D. P., & Welling, M. (2019). An Introduction to Variational Autoencoders. *Foundations and Trends® in Machine Learning*, 12(4), 307-392.
- Large-scale CelebFaces Attributes (CelebA) Dataset. (2019, 12 23). Retrieved from <http://mmlab.ie.cuhk.edu.hk/projects/CelebA.html>
- Ledig, C., Theis, L., Huszár, F., Caballero, J., Cunningham, A., Acosta, A., & Shi, W. (2016). Photo-Realistic Single Image Super-Resolution Using a Generative Adversarial Network. *Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition*, (pp. 4681-4690).
- Li, J., Liang, X., Wei, Y., Xu, T., Feng, J., & Yan, S. (2017). Perceptual generative adversarial networks for small object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Liu, W., Liu, X., Ma, H., & Cheng, P. (2017). Beyond human-level license plate super-resolution with progressive vehicle search and domain priori GAN. *Proceedings of the 25th ACM international conference on Multimedia*, (pp. 1618-1626).
- Liu, X., Liu, W., Mei, T., & Ma, H. (2016). A deep learning-based approach to progressive vehicle re-identification for urban surveillance. *European conference on computer vision*, (pp. 869-884).
- Lucas, S. M., Panaretos, A., Sosa, L., Tang, A., Wong, S., Young, R., . . . Lin, X. (2005). ICDAR 2003 robust reading competitions: entries, results, and future directions. *International Journal of Document Analysis and Recognition (IJDR)*, 2(105-122), 7.
- Ma, W., Pan, Z., Guo, J., & Lei, B. (2018). Super-resolution of remote sensing images based on transferred generative adversarial network. *IGARSS 2018-2018 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- Mishra, A., Alahari, K., & Jawahar, C. V. (2012). Top-down and bottom-up cues for scene text recognition. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Mjolsness, E. (1985). *Neural networks, pattern recognition, and fingerprint hallucination*. Diss. California Institute of Technology.
- Nasrollahi, K., & Moeslund, T. B. (2014). Super-resolution: a comprehensive survey. *Machine vision and applications*, 25(6), 1423-1468.
- Park, S. J., Son, H., Cho, S., Hong, K. S., & Lee, S. (2018). Srfeat: Single image super-resolution with feature discrimination. *European Conference on Computer Vision (ECCV)*.
- Phan, T., Shivakumara, P., Tian, S., & Tan, C. (2013). Recognizing text with perspective distortion in natural scenes. *International Conference on Computer Vision*.
- Protter, M., Elad, M., Takeda, H., & Milanfar, P. (2008). Generalizing the nonlocal-means to super-resolution reconstruction. *IEEE Transactions on image processing*, 18(1), 36-51.
- PSNR. (2020, 7 6). Retrieved 11 23, 2019, from MathWorks: <https://www.mathworks.com/help/vision/ref/psnr.html>
- Risnumawan, A., Shivakumara, P., Chan, C. S., & Tan, C. L. (2014). A robust arbitrary text detection system for natural scene images. *Expert Systems with Applications*, 18(8027-8048), 41.
- Sajjadi, M. S., Scholkopf, B., & Hirsch, M. (2017). Enhancenet: Single image super-resolution through automated texture synthesis. *International Conference on Computer Vision (ICCV)*.
- Shi, B., Yang, M., Wang, X., Lyu, P., Yao, C., & Bai, X. (2018). Aster: An attentional scene text recognizer with flexible rectification. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 41(9), 2035-2048.
- The Berkeley Segmentation Dataset and Benchmark. (2019, 12 23). Retrieved from <https://www2.eecs.berkeley.edu/Research/Projects/CS/vision/bsds/>
- Timofte, R., Agustsson, E., Van Gool, L., Yang, M. H., & Zhang, L. (2017). Ntire 2017 challenge on single image super-resolution: Methods and results. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops*, 114-125.
- Traffic-Sign Detection and Classification in the Wild. (2019, 12 23). Retrieved from <https://cg.cs.tsinghua.edu.cn/traffic-sign/>
- UC Merced Land Use Dataset. (2019, 12 23). Retrieved from <http://weegee.vision.ucmerced.edu/datasets/landuse.html>

- Wang, K., Babenko, B., & Belongie, S. (2011). End-to-end scene text recognition. *International Conference on Computer Vision*.
- Wang, W., Xie, E., Sun, P., Wang, W., Tian, L., Shen, C., & Luo, P. (2019). *TextSR: Content-Aware Text Super-Resolution Guided by Recognition*. arXiv preprint.
- Wang, X., Yu, K., Dong, C., & Change Loy, C. (2018). Recovering Realistic Texture in Image Super-resolution by Deep Spatial Feature Transform. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*.
- Wang, X., Yu, K., Wu, S., Gu, J., Liu, Y., Dong, C., & Change Loy, C. (2018). ESRGAN: Enhanced super-resolution generative adversarial networks. *Proceedings of the European Conference on Computer Vision*.
- Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image quality assessment: from error visibility to structural similarity. *IEEE transactions on image processing*, 13(4), 600-612.
- Wu, B., Duan, H., Liu, Z., & Sun, G. (2017). *Srpgan: Perceptual generative adversarial network for single image super resolution*. arXiv preprint.
- Xie, Y., Franz, E., Chu, M., & Thuerey, N. (2018). tempoGAN: A temporally coherent, volumetric gan for super-resolution fluid flow. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 37(4), 1-15.
- Xu, X., Sun, D., Pan, J., Zhang, Y., Pfister, H., & Yang, M. H. (2017). Learning to super-resolve blurry face and text images. *Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision*.
- Yang, S., Luo, P., Loy, C. C., & Tang, X. (2016). WIDER FACE: A Face Detection Benchmark. *IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*.
- Zhang, D., Shao, J., Hu, G., & Gao, L. (2017). Sharp and real image super-resolution using generative adversarial network. *International Conference on Neural Information Processing*, (pp. 217-226).

Bulanık Mantık: 2000-2020 Yılları Arası Tez ve Makale Çalışmalarına Yönelik Bir İçerik Analizi

Fuzzy Logic: A Content Analysis For Thesis And Article Studies Between 2000-2020

Oğuzhan Özdemir¹ , Yusuf Kalinkara² 



ÖZ

Günümüzde performans belirleme çalışmalarının yanı sıra karar verme süreçlerinde de niceliksel veriler kullanılmaktadır. Nicel verilerin kullanılması, sözel olarak ifade edilebilen bazı durumların matematiksel olarak ifade edilebilmesini engellemektedir. Bulanık mantık bu problemi çözmek için geçerli ve güvenilir bir yol sunmaktadır. Bulanık mantık yaklaşımı, karar alırken kesin olmayan bilgilerin de işin içine katılmasına imkân tanır. Böylelikle bulanık mantık, klasik mantık ile matematiksel olarak ifade edilemeyen bilgilerin formüle edilmesine imkân tanır.

Bu çalışmada bulanık mantık yaklaşımından bahsedilmiş ve bulanık mantığın sunduğu avantajlar, neden olduğu dezavantajlar ortaya konulmuştur. Bulanık mantık günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Eğitimde de bulanık mantık kullanılmasına dair alan yazında çalışmalara rastlanmaktadır. Bu çalışmalara genel bir bakış sunmak, hangi alanlarda bulanık mantığın tercih edildiğine bakmak önemlidir. Yapılan alan yazın taramasında bulanık mantığın eğitim ile ilgili çalışmalarında çoğunlukla performans belirleme, başarı ölçme/karşılaştırma, farklı öğrenme stillerinin etkilerini ölçme, zeki öğrenme ve performans sistemleri tasarlanmasında, alan/meslek seçiminde, oyun tasarımında kullanıldığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Bulanık Mantık, Eğitim, İçerik Analizi

ABSTRACT

Today, quantitative data are being used to guide decision making processes as well as in performance determination studies. Using quantitative data prevents situations that can be expressed verbally from being expressed mathematically. Fuzzy logic offers a valid and reliable way to solve this problem. The fuzzy logic approach allows the inclusion of uncertain information while making decisions, thus making it possible to formulate information that cannot be expressed mathematically with classical logic.

In this study, the fuzzy logic approach is described along with its advantages and disadvantages. Fuzzy logic is being used in many fields today. There have been studies on the use of fuzzy logic in education. It is important to provide an overview of these studies and understand which areas of fuzzy logic are preferred. In the literature review, it was seen that fuzzy logic was mostly used in performance determination, measuring/comparing success, measuring the effects of different learning styles, designing intelligent learning and performance systems, field/profession selection, and game design in studies related to education.

Keywords: Fuzzy Logic, Education, Content Analysis

¹Doç. Dr., Fırat Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Elazığ, Türkiye
²Doktora Öğrencisi, Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Elazığ, Türkiye

ORCID: O.Ö. 0000-0002-5310-6605;
Y.K. 0000-0001-6077-9800

Corresponding author:

Yusuf KALINKARA
Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü,
Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi
Bölümü, Elazığ, Türkiye
E-mail address: yusufkalinkara@gmail.com

Submitted: 02.07.2020

Revision Requested: 12.11.2020

Last Revision Received: 14.11.2020

Accepted: 14.11.2020

Citation: Özdemir, O., ve Kalinkara, Y. (2020). Bulanık mantık: 2000-2020 yılları arası tez ve makale çalışmalarına yönelik bir içerik analizi. *Acta Infologica*, 4(2), 155-174.
<https://doi.org/10.26650/acin.762872>

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok işlemden karar verirken Aristo mantığını tercih ederiz. Mesela yarın hava sıcaklığının durumuna bakarken sıcaklık değerine göre havanın sıcak ya da soğuk olacağı hakkında kesin karar veririz. Aristo mantığı olayları, olguları, kararları doğru - yanlış siyah ya da beyaz olarak nitelendirmemize neden olur. Arada kalan belirsiz alanların sınıflandırılmasında Aristo mantığının yeterince hassas davranmadığı düşünülebilir. Bulanık mantık ve bulanık küme teorisi klasik mantık ile yeterince hassas ölçülemediği düşünülen değerlerin daha hassas ölçülmesinde önemli bir rol üstlenmektedir.

Günlük hayatta kullandığımız birçok ifade aslında bulanık bir yapıya sahiptir. Örneğin, insanların yaş durumları ile ilgili yaşlı, orta yaşlı, genç gibi ifadeler bulanık mantığın gündelik yaşamda kullanımına örnektir. İnsan beyni de bu tür belirsiz ifadelerle ve belirsiz durumlara alışmıştır. Bu nedenle de bulunduğumuz odanın ışığı yetersiz ise ışığı biraz arttırırız (Altaş, 1999).

Bulanıklık kavramı esasında dünyamızın sadece sıfır ve birlerden oluşmadığını iddia eder. Sıfır ve bir arasında yüzlerce aralık ve kesiklik bulunmaktadır (Işıklı, 2008). Bulanık mantık yaklaşımı, dünyamızdaki durum, olgu ve olayların, karar verme mekanizmalarının aslında kesintisiz süreçler olduğunu, siyah-beyaz, doğru-yanlış, başarılı - başarısız şeklinde kesin hatlar ile ayrılamayacağını ifade eder.

Belirsizlik içeren durumların çözümünde Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında yayınlanan bulanık mantık teorisi önemli bir yer tutmaktadır. Bu teori zamanla gelişmesi ve daha fazla alanda kullanılmaya başlanması ile önemli hale gelmiştir (Altaş, 1999). Bulanık mantığın babası olarak nitelendirilen Lotfi A. Zadeh, bu alanda bilime birçok kavram ve yasa kazandırmıştır. Bulanık koşullarda karar verebilme, bulanık küme, yaklaşıksal akıl yürütme kuramı, dilbilimsel değişkenler kuramı, bulanık eğer - öyleyse kuramı gibi birçok kuram ve yaklaşımda Lotfi A. Zadeh'in imzası vardır (Işıklı, 2010).

İlk çıktığı yıllarda çoğunlukla mühendislik alanında kullanılan bulanık mantık, günümüzde yapay zekâ, bilgisayar, sibernetik, internet teknolojileri, yüz tanıma sistemleri, uzay araçları, evrenin oluşumu, elektron teknolojileri, robot teknolojileri, savaş teknolojileri gibi farklı alanlarda da kullanılmaktadır (Işıklı, 2008). Bulanık mantığa duyulan ilgi her geçen gün artmaktadır.

Bulanık mantığa duyulan ilgideki artış bilimsel çalışmalarda da kendini göstermektedir. 1990 yılına kadar 2361 bilimsel eserin başlık kısmında bulanık mantık ifadesi geçerken, 2003 yılı itibarı ile 26680 bilimsel eserin başlığında bulanık mantık ifadesi yer almıştır (Işıklı, 2010).

Bulanık mantık mühendislik ve diğer sayısal alanların yanı sıra sosyal bilimlerde de kullanılmaktadır. Sosyal bilimlerdeki araştırmalarda belirsizliğin olması, kesin bir dil kullanmanın sakıncaları, bulanık mantık kullanmanın önemini ortaya koymaktadır. Kesin olmayan bilgiler eşliğinde tutarlı sonuçlar çıkarabilmek için bulanık mantık yaklaşımları tercih edilmektedir (Mert & Yılmaz, 2009). Eğitim bilimlerinde bulanık mantık çalışmaları bulunmakla birlikte eğitimde daha çok bulanık mantık daha çok ölçme, yönlendirme, zeki öğretim sistemlerinin tasarlanması, öğrenme stillerinin belirlenmesi başlıklarında çalışmalara rastlanmaktadır.

Bulanık mantığın eğitimde kullanılması ile ilgili çeşitli içerik çalışmaları bulunmaktadır. Özdemir ve diğerleri (2019), yaptıkları literatür çalışmasında eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmaları incelemişlerdir. Çalışma kapsamında 2003 ile 2016 yılları arasında yapılmış 22 yüksek lisans, 6 doktora tezi incelenmiştir. Çalışmaların çoğunda bulanık mantık tabanlı bir model önermesinde bulunduğu görülmüştür. Önerilen modellerin genellikle akademik başarı veya performans ölçme üzerine olduğu görülmektedir. Model önermenin yanında öğrenme stili belirlemede, zeki öğretim tasarımı geliştirilmesinde, uzaktan eğitim öğrencilerinin performansının belirlenmesinde bulanık mantık kullanılmıştır. Bu çalışmada incelenen çalışmaların ortak yönü olarak belirsizlik durumunda bulanık mantığın tahmin etme ve karar aşamasında başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur. Hassas sonuçlar vermesi ve aynı anda birçok kriterin kullanılabilir olması bulanık mantığın avantajları olarak sayılmıştır. Çalışmalar sonucunda bulanık mantığın eğitimde kullanılmasının olumlu olduğu, bu alanda daha fazla çalışma yapılmasına ihtiyaç duyulduğu ortaya çıkmıştır (Özdemir, vd., 2019).

Sonuç olarak eğitimde akademik başarının değerlendirilmesinde, öğrenme stillerinin belirlenmesinde, performansın değerlendirilmesinde, mesleki yönlendirmede geleneksel değerlendirme sistemleri yoğun olarak kullanılmaktadır. Bunun

yanında eğitim değerlendirmenin, sınıflamanın, karar vermenin önemli olduğu bir alandır. Eğitimde klasik değerlendirme ve karar verme mekanizmalarına alternatif olarak bulanık mantık çalışmaları da kullanılabilir. Bu çalışmada eğitimde bulanık mantık çalışmalarına değinilmiştir.

2. ÇALIŞMANIN AMACI

Eğitimde karar verme süreçlerinde öğrencinin hangi alana yöneleceğine, başarılı olup olmadığına karar vermede, performans ölçümünde birçok değişken işin içine girmektedir. Örneğin öğrencilerin akademik başarı durumlarına farklı değişkenler etki etmektedir. Akademik başarı ile tükenmişlik sendromu (Ardıç & Polatçı, 2008), öz düzenleyici öğrenme becerileri (Turan & Demirel, 2010), sosyo-ekonomik durum (Sirin, 2005), akademik motivasyon (Amrai vd. 2011), fiziksel aktivite (Serel, Arslan vd. 2018), probleme dayalı öğrenme yaklaşımı (Kılıç & Moralar, 2015), bilgisayar destekli öğretim yaklaşımı (Güven & Sülün, 2012), akademik erteleme (Balkıs vd, 2006), öz yeterlilik (Rahemi, 2007), öz düzenlemeli öğrenme (Zimmerman, 1990) gibi birçok değişken arasındaki ilişki incelenmiştir.

Bulanık mantık sistemleri yapısı gereği daha esnek sonuçlar ortaya koyabilmek ve daha doğru değerlendirmeler yapabilmek için faydalı olmaktadır. Aynı zamanda akademik başarı üzerinde etki eden değişken sayısı çok olduğundan dolayı ölçme ve değerlendirme sistemlerinde de bulanık mantıktan yararlanılmaktadır.

Bulanık mantık aynı zamanda performans değerlendirme (Çebi, 2011), zeki öğretim sistemlerinin tasarlanması (Alptekin, 2011), öğrenme stillerinin başarı ve tutuma etkisi (Özdemir, 2009), çoklu zekâ alanlarının belirlenmesi (Namlı, 2016), mesleki yönlendirme (Arı, 2009) gibi alanlarda da kullanılmaktadır.

3. ÇALIŞMANIN PROBLEM DURUMU

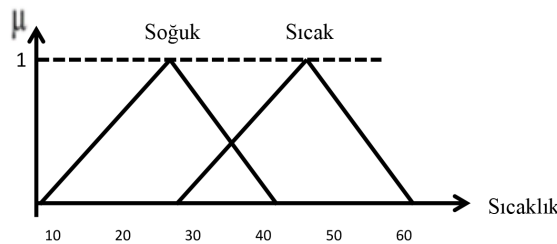
Bu araştırmada bulanık mantık yaklaşımının eğitimde hangi alanlarda hangi amaçlarla kullanıldığı araştırılmıştır. Eğitimde bulanık mantık neden ve nasıl kullanılmaktadır? Sorusuna cevap aranılan bu çalışmada aynı zamanda eğitimde bulanık mantık ile ilgili bütüncül bir bakış açısı ortaya konmaya çalışılmıştır.

4. İNCELENEN ÇALIŞMALAR VE ÖZELLİKLERİ

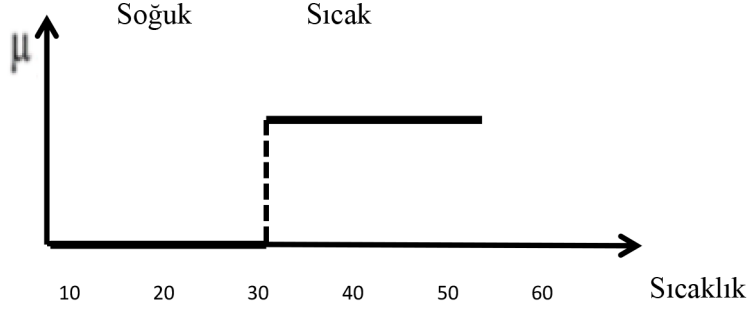
Alan yazın taraması şeklinde düzenlenen bu çalışmada bulanık mantık ile ilgili Science Direct, Springer, Proquest, Wiley, Emerald, Taylor Francis, Google Akademik, Dergipark, YÖK Tez Merkezi, ERIC ortamlarında eğitim ile ilgili yayınlanmış bulanık mantık çalışmaları ele alınmıştır. Toplamda 86 çalışma incelenmiştir. Bu çalışmaların 57 tanesi İngilizce, 29 tanesi Türkçe yayınlardan oluşmaktadır. Çalışmalar tür, künye, üniversitesi, ana bilim dalı, yayın yılı, konusu, bilimsel araştırma yöntemi, örneklem düzeyi, çalışmalarda kullanılan veri toplama araçları, kaynakça sayısı, kullanılan bulanık üyelik tipi, tercih edilen durulaştırma yöntemi, kullanılan bulanık çıkarım yöntemi ve çalışmanın bulanık mantık ile ilişkisi açılarından incelenmiştir.

4.1. Bulanık Mantık Nedir?

Bulanık mantık bir şey hakkında verilen kararın, hangi küme elemanının ne kadar üyesi olduğunu açıklar. Bulanık mantığa göre doğruluğun ya da yanlışlığın da bir derecesi vardır (Sıramkaya, 2019). Zadeh'e göre bulanık mantığı 3 temel üzerinde ele almak mümkündür: Mantık genişlemesi sayılabilecek bir akıl yürütmesi, bulanık kümeler vasıtası ile genişletilmiş bir bulanık mantık yorumu, en geniş anlamı ile bulanık aritmetikten bulanık biçim tanıma ve bulanık dillere kadar giden geniş bir alanda çalışılan bir alandır (Işıklı, 2010).



Şekil 1. Bulanık Mantık Modeli



Şekil 2. Klasik Mantık Modeli

Şekil-2 incelendiğinde klasik mantığın kesin sınırları olduğu, sınırın bir tarafında bulunan bir üyenin diğer tarafı ile ilişkisinin olmadığı görülmektedir. Şekil-1 de, bulanık mantıkta her iki kümeye üye olabilen küme elemanlarını görebilmek mümkündür.

Bulanık mantığın kuramsal temelinde Aristo mantığı, bulanık mantık ayrımının yanında iki tane daha kuramsal görüş yer almaktadır. Dinamik sistemler kuramı ve soft computing kuramları bulanık mantığın kuramsal kökenlerinin oluşturulmasında önemli bir yer tutmaktadır. Doğayı modellemek için önemli bir kuram olan dinamik sistemler kuramı, dinamik birleşik sistemler yaklaşımı altında sosyal ve bilişsel problemlerin incelenebilmesini mümkün kılmaktadır. Yine dinamik sistemler kuramına göre mükemmel bir sistem oluşturmak mümkün değildir. Zadeh, bulanık mantıkta bu gerçeği, bir önermenin netleştirilmesi durumunda diğer önerme aynı derecede bulanıklaşmaktadır şeklinde ifade etmektedir. Soft computing kuramı ise yine Zadeh tarafından geliştirilen ve zeki sistemler tasarlamak için kullanılan bir kuramdır. Bu kuram farklı kuramların birbirini reddetmesi yerine birlikte kullanılmasını öneren bir sistemdir. Soft computing kuramı birçok farklı kuramın bir araya getirilmesi ile oluşturulmuş bir kuramdır (Işıklı, 2010).

Bulanık mantığın günümüzde uygulama bulduğu birçok bulanık sistem mevcuttur. Bulanık sistem ile klasik sistemin karşılaştırılması aşağıdaki şekillerde gösterilmiştir (Şen, 2001).



Şekil 3. Klasik Sistem



Şekil 4. Genel Bulanık Sistem

Şekil 4'te bir bulanık sistemin temel mantığı gösterilmektedir. Şekil 3'ten farklı olarak, burada girdi değerleri ve çıktı değerleri bulanık elemanlardan oluşmaktadır (Şen, 2001). Girdi değerleri üç adımda çıktı halini alır. Bu adımlar bulanıklaştırma, kontrol, durulaştırma adımlarıdır.

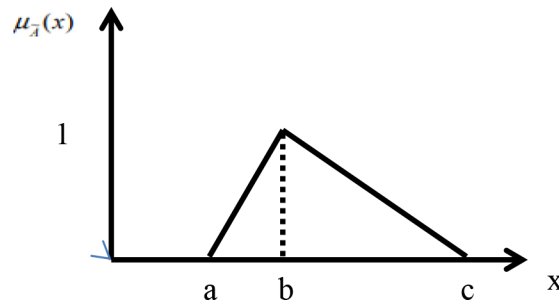
Bulanık küme oluşturma bulanıklaştırma olarak adlandırılır. Mevcut bilgiler ve oluşturulan kurallar eşliğinde elemanlar arasında bağlantı kurma ve bu yolla bulanık kümeler oluşturmaya bulanıklaştırma süreci adı verilir. Bulanık verilerin bulanık kümelerde temsil edilecek şekilde sayısallaştırılmasına davranış tanımlama adı verilir. Bulanık sayıları ve bulanık kümeleri ham sayılara dönüştürme işlemine ise netleştirme, durulaştırma adı verilir (Işıklı, 2010).

Bulanık mantık ile ilgili en önemli kavramlardan birisi de bulanık küme kavramıdır. Bulanık küme üyelik derecelerinin sürekli olması mantığına dayanan bir nesne sınıfıdır. Böyle bir kümede kümenin elemanlarının sıfır ile bir arasında değişen üyelik dereceleri bulunmaktadır (Zadeh, 1965). Klasik küme anlayışında keskin sert sınırlar bulunmaktadır. Bulanık küme klasik kümeden nispi üyelik yönünden ayrılır. Klasik kümede var - yok ikilemi varken, bulanık kümede tam üyelik “1”, ile kümeye hiç üye olmama “0” ile temsil edilirken 1 ile 0 arasındaki değerler ise nispi üyelikleri ifade eder (Arslan, 2019).

Bulanık mantık ile ilgili önemli bir çalışma alanı da bulanık denetim sistemleridir. Mamdani ve arkadaşları tarafından hayata geçirilen bu sistemler birçok sektörde kullanılmaktadır. Bulanık mantık denetim sistemleri, klasik kontrol sistemlerinin daha verimli hale getirilmesi amacıyla birçok alanda karşımıza çıkmaktadır. Bulanık mantığın yapay zekâ ve genetik algoritmalar ile bir arada kullanılması ile daha akıllı, insan davranışlarına daha yakın denetim sistemleri ortaya çıkmıştır. Bulanık mantık sistemleri, daha hassas, daha fazla doğruluk payı barındıran denetim sistemleri olarak nitelenebilir (Altaş, 1999).

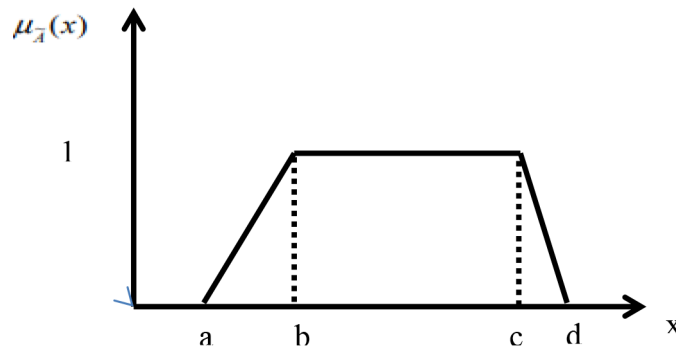
Bulanık denetim sistemlerinde bulanık denetleyiciler denilen yapılar kullanılır. Bulanık denetleyiciler, sonuç üretmek için bulanık kurallar adı verilen kurallar topluluğunu kullanırlar. Bunun yanında bulanık denetleyiciler, farklı üyelik fonksiyonlarını da kullanabilmektedir. Bulanık mantık ile ilgili üyelik fonksiyonları bulanık denetleyicilerin sonuç üretmesi için gereklidir. Bulanık mantık üyelik fonksiyonlarının en bilinenleri üçgen, yamuk, sinüsoid, cauchy, çan, sigmoid, gaussian şeklindedir. Bulanık mantıkta feedback (geri bildirim) mekanizması sayesinde hangi kurallar sisteminin ve hangi üyelik fonksiyonunun daha verimli sonuçlar elde ettiği görülebilir (Akyazı, Usta & Akpınar, 2011).

Bulanık mantıkta çok kullanılan bazı üyelik tiplerinin açıklamaları aşağıdadır. Üçgen tipi üyelik fonksiyonu a ve c üçgenin tabanını, b değeri ise üçgenin tepe noktasını oluşturacak şekilde tanımlanır. Şekil 5'te üçgen tipi üyelik fonksiyonu görülmektedir (Ayçın, 2011).



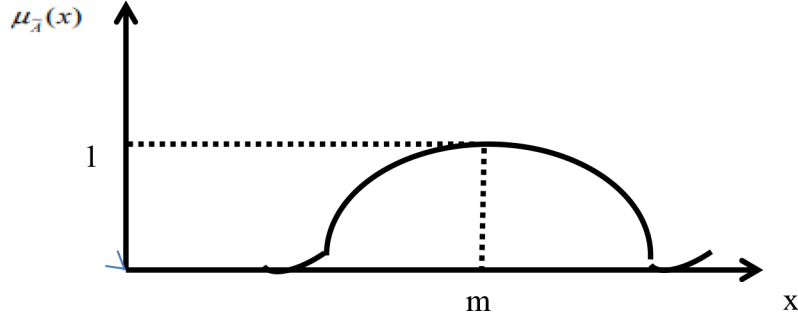
Şekil 5. Üçgen Tipi Üyelik Fonksiyonu

Yamuk üyelik fonksiyonunda alt limit olarak a, üst sınır olarak d ve öz değerler olarak da b ve d değerlerini temsil eden dört eleman bulunmaktadır. Şekil 6'da yamuk tipi üyelik fonksiyonu görülmektedir (Ayçın, 2011).



Şekil 6. Yamuk Tipi Üyelik Fonksiyonu

Gauss Tipi üyelik fonksiyonu bir diğer üyelik fonksiyonudur. Bu üyelik fonksiyonu m ve k olmak üzere iki tane parametreye sahiptir. Burada m fonksiyonun merkez değerini, k ise genişliğini ifade etmektedir. Şekil 7'de Gauss tipi üyelik gösterilmiştir (Ayçın, 2011).



Şekil 7. Gauss Tipi Üyelik Fonksiyonu

Bulanık mantık işlemleri sonucunda sonuç elde etmek için çıkarım işlemleri uygulanır. Çıkarım işlemleri bulanık çıkarım ve durulaştırma olarak ikiye ayrılır. Bulanık çıkarım için Mamdani, Sugeno ve Tsukamoto çıkarım metotları kullanılır. Bulanık mantık her ne kadar belirsizlik ile ilintili olsa da sonuçta o da sayısal değerlere ihtiyaç duyar. Bulanık sistemin sonuçlarının sayısallaştırılması için durulaştırma yapılmaktadır.

Maksimum üyelik yöntemi, Ağırlık Merkezi Yöntemi ve Ağırlık Ortalaması Yöntemi, Mean-Max Üyelik Yöntemi, En Büyük İlk veya Son Üyelik Derecesi yöntemi durulaştırma sırasında kullanılan başlıca yöntemler arasındadır. Maksimum Üyelik ilkesinde, Üyelik derecesi en büyük olan üye kesin değer olarak kabul edilir. En Büyüklerin Ortası Yöntemi ise, üyelik derecesi en büyük olan üyelerin ortalamasının alınarak bilgilerin kesinleştirilmesine dayanan durulama ilkesidir (Alptekin, 2011).

Bulanık mantık karar verme sistemleri ile de birlikte sıklıkla kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri, karar aşamasında kriter sayısının çok olduğu durumlarda tercih edilir. Birçok farklı çok kriterli karar verme tekniği bulunmaktadır. WPM, TOPSİS, PROMETHEE, AND, DEMATEL, AHP çok bilinen karar verme sistemlerinden bazılarıdır. Bulanık mantık belirsizlik durumlarında önemli avantajlar sağladığından çok kriterli karar verme teknikleri ile birlikte verimli bir şekilde kullanılabilir (Şengül, Miraç & Shiraz, 2012).

Bulanık mantığın çeşitli avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır. Bulanık mantık insan düşünüş tarzına çok yakındır. Bulanık mantık matematiksel modellere ihtiyaç duymadığından, sözel dil yapısına daha uygun olduğundan dolayı denetim işlemlerinde daha fazla tercih edilmektedir. Sistemlerin kararlılık, gözlemlenebilirlik ve denetlenebilirlik analizlerinde kesin bir yöntemin olmaması bulanık mantığın en önemli dezavantajı olarak öne çıkmaktadır. Bulanık mantıkta üyelik işlemleri bulunmaktadır. Üyelik işlemlerinin ayarlanmasının çok zaman alması ve bulanık mantığın tek başına öğrenme yeteneğinin olmaması da önemli bir dezavantajdır (Ayçın, 2011). Bulanık mantık esnek yapısı nedeni ile kesinlik taşımayan verileri modelleme imkânı sunar. Günlük hayatta söz ile ifade ettiğimiz olayları modelleyebilmek açısından bulanık mantık bizlere fırsatlar sunar (Baykal & Beyan, 2004).

5. BULGULAR

Bu çalışmada bulanık mantığın eğitimde kullanımı ile ilgili bir literatür çalışması yapılmıştır. Bulgular kısmında elde edilen sonuçlar listelenmiştir.

5.1. Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Çalışmaları içinde tezler türlerine göre incelendiğinde Tablo 1'de 4 doktora, 18 yüksek lisans çalışması yapıldığı görülmektedir.

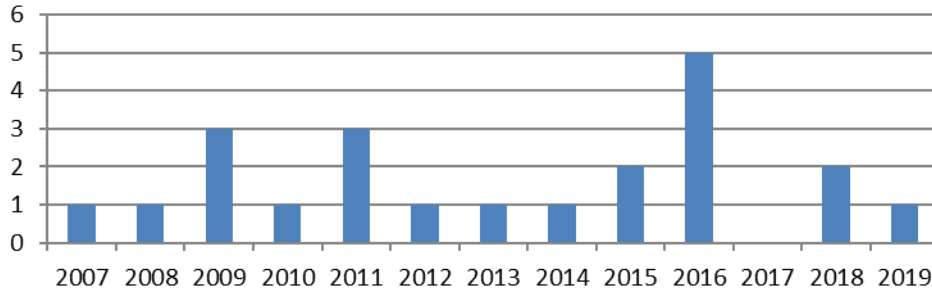
Tablo 1

Tezlerin Türlerine Göre Dağılımı

Türü	Frekans(f)	Yüzde(%)
Yüksek Lisans Tezi	18	81,82
Doktora Tezi	4	18,18
Toplam	22	100

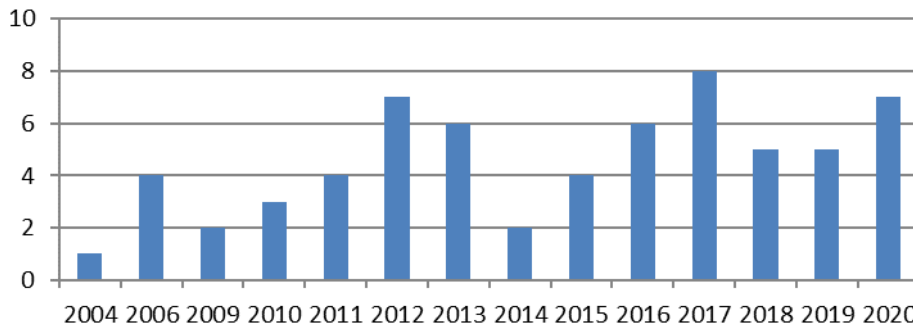
5.2. Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı

Tez çalışmaları yıllara göre incelendiğinde aşağıdaki grafik ile karşılaşılmaktadır. Grafik 1'de görüldüğü üzere tez çalışmalarında dalgalı bir seyir gözlenmektedir. En yüksek çalışmaya 2016 yılında ulaşılmıştır.



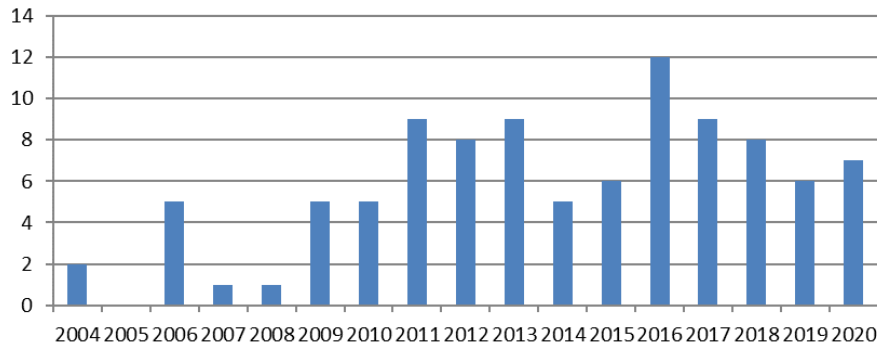
Grafik 1. Tezlerin Yıllara Göre Dağılımı

Grafik 2'de görüldüğü üzere makale çalışmaları yıllara göre incelendiğinde inişli çıkışlı bir görüntü ile karşılaşılmaktadır. Bunun yanında bulanık mantık ile ilgili makalelerin son yıllarda arttığı görülmektedir.



Grafik 2. Makalelerin Yıllara Göre Dağılımı

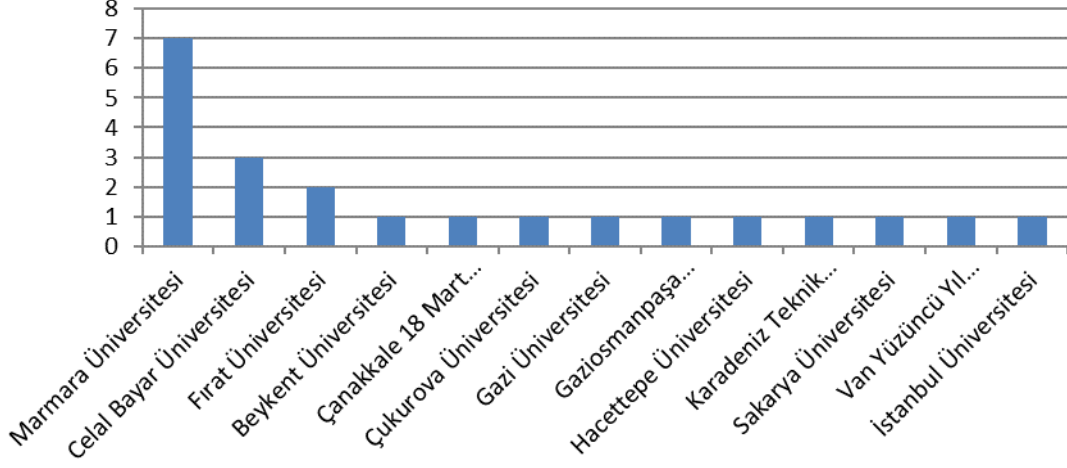
Bulanık mantık ile ilgili tez ve makalelerin yayınlanma yıllarına bakıldığında grafik 3 ile karşılaşılmaktadır. Tezlerin ve makalelerin sayısında son yıllarda artış olduğu görülmektedir.



Grafik 3. Tezlerin ve Makalelerin Yıllara Göre Dağılımı

5.3. Tez Çalışmalarının Üniversitelere Göre Dağılımı

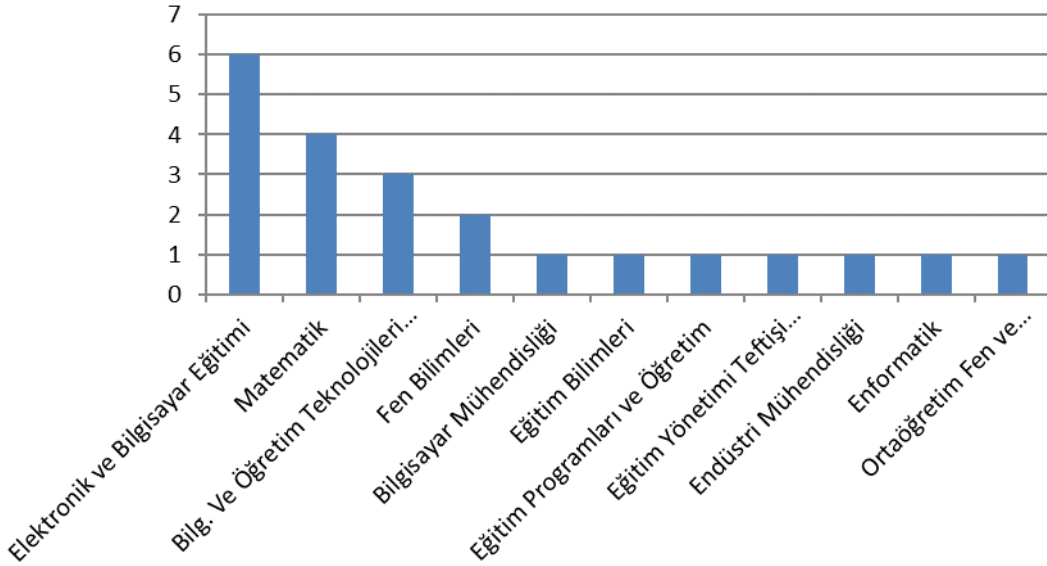
Tez çalışmaları üniversitelere göre incelendiğinde grafik 4 ile karşılaşmaktadır. Eğitimde bulanık mantık ile ilgili en fazla çalışma Marmara Üniversitesinde yapılmıştır. Marmara Üniversitesini, Celal Bayar Üniversitesi, Fırat Üniversitesi izlemektedir.



Grafik 4. Tezlerin Üniversitelere Göre Dağılımı

5.4. Tez Çalışmalarının Anabilim Dallarına Göre Dağılımı

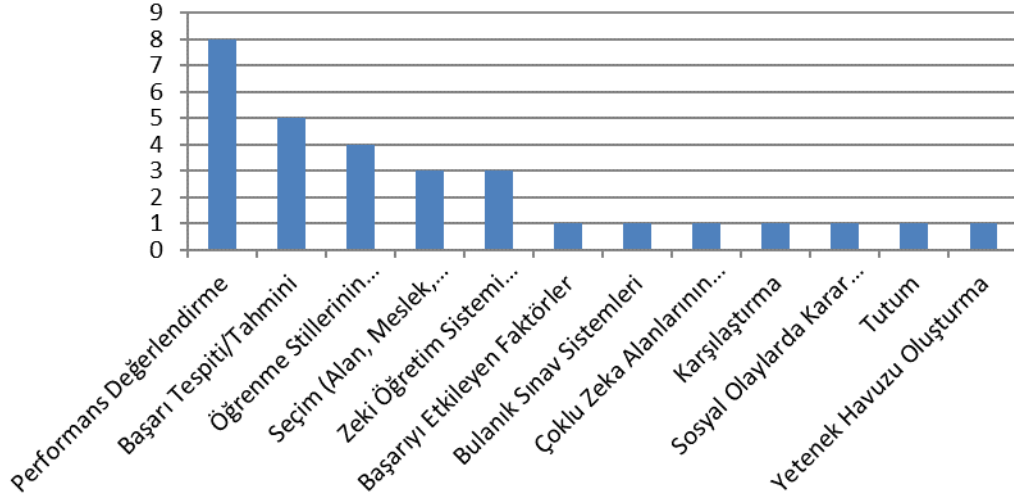
Tez çalışmaları ana bilim dallarına göre sıralandığında grafik 5 ile karşılaşmaktadır. Görüldüğü gibi Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi, Matematik ve Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi anabilim dallarında en çok yayın yapılmıştır.



Grafik 5. Tezlerin Anabilim Dallarına Göre Dağılımı

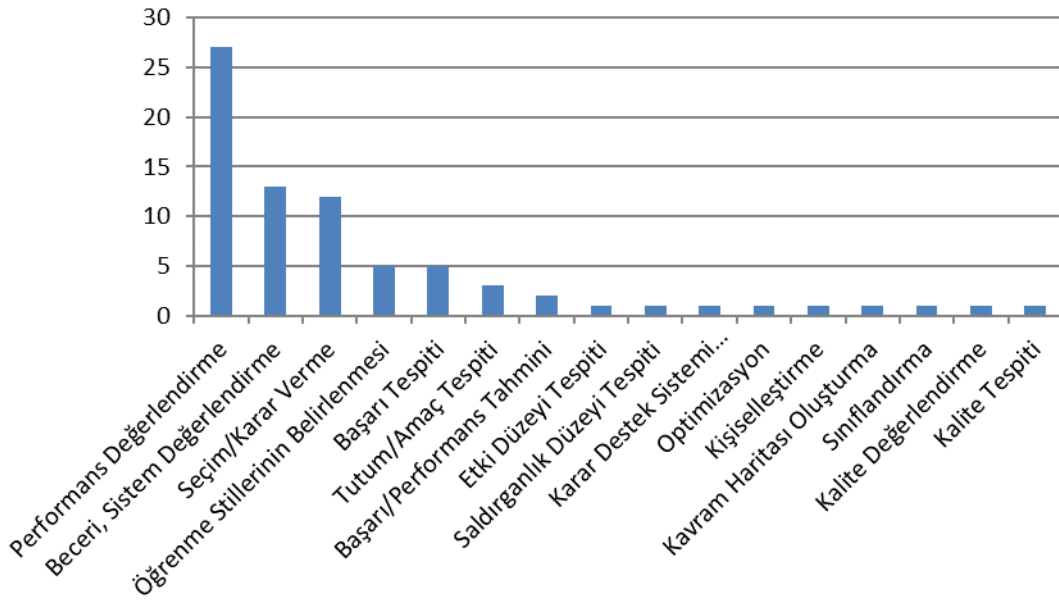
5.5. Çalışmaların Konularına Göre Dağılımı

Tez çalışmalarında incelenen konulara bakıldığında grafik 6 ile karşılaşmaktadır. Grafikte görüldüğü üzere en fazla performans değerlendirme, başarı tespit/tahmini ve öğrenme stillerinin belirlenmesi konuları çalışılmıştır.



Grafik 6. Tezlerin Konularına Göre Dağılımı

Grafik 7'deki gibi makaleler konularına göre incelendiğinde performans değerlendirme, beceri, sistem değerlendirme, seçim/ karar verme, öğrenme stillerinin belirlenmesi konularında en fazla çalışma yapılmıştır.



Grafik 7. Makalelerin Konularına Göre Dağılımı

5.6. Çalışmalarda Tercih Edilen Bilimsel Araştırma Yöntemleri

Çalışmalarda tercih edilen araştırma yöntemleri incelendiğinde grafik 8'de görüldüğü üzere en çok karma araştırma yönteminin, sonrasında ise nicel ve nitel araştırma yöntemlerinin tercih edildiği görülmüştür.

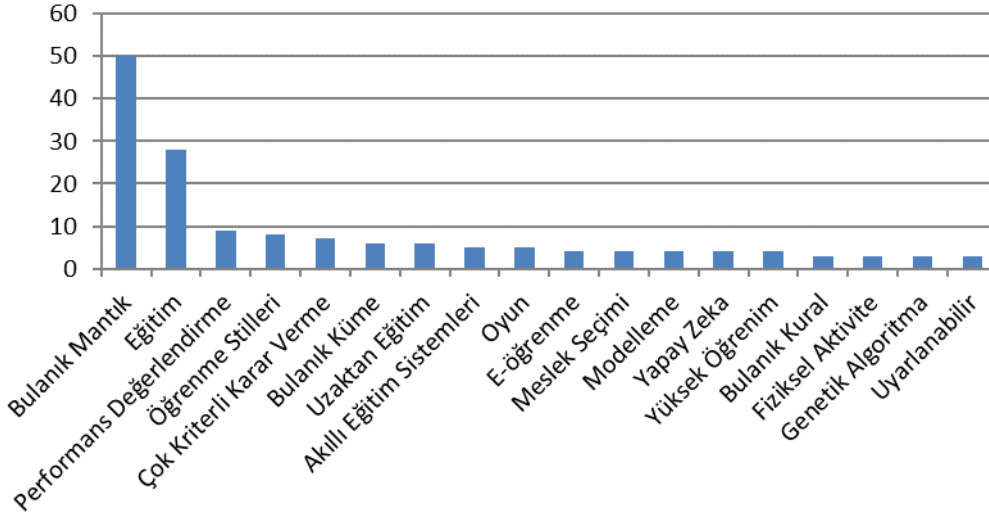
Araştırma Yöntemleri



Grafik 8. Tez ve Makalelerde Kullanılan Araştırma Yöntemleri

5.7. Çalışmalarda Kullanılan Anahtar Kelimeler

Anahtar kelimeler ile ilgili grafik (Grafik 9) incelendiğinde en fazla kullanılan anahtar kelimeler: Bulanık mantık, eğitim, performans değerlendirme, öğrenme stilleri, çok kriterli karar verme, bulanık küme, uzaktan eğitim, akıllı eğitim sistemleri, oyun, e-öğrenme, meslek seçimi, modelleme, yapay zekâ, yükseköğretim şeklindedir.

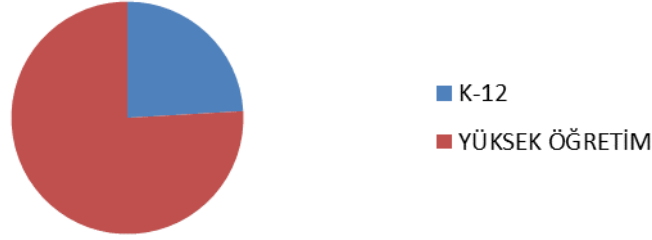


Grafik 9. Tez ve Makalelerin Anahtar Kelimelere Göre Dağılımı

5.8. Çalışmaların Örneklem Düzeylerine Göre Dağılımı

Örneklem düzeyleri incelendiğinde tez ve makale çalışmalarının örneklem düzeyi çoğunlukla yükseköğretim ve K-12 şeklindedir. Grafik 10'da örneklem düzeyi ile ilgili detaylar gösterilmiştir.

Örneklem Düzeyi

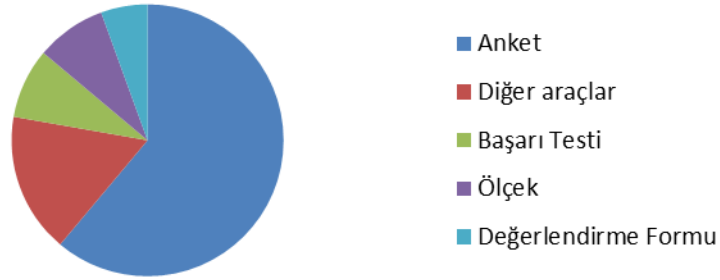


Grafik 10. Çalışmaların Örneklem Düzeyine Göre Dağılımı

5.9. Çalışmalarda Kullanılan Veri Toplama Araçları

Veri toplama araçlarına bakıldığında çalışmalarda sıklıkla kullanılan veri toplama araçları anket, ölçek, başarı testi, değerlendirme formu ve çeşitli kayıtlar şeklindedir. Bunun dışında geliştirilen yazılımlar aracılığı ile veri toplama çok tercih edilen veri toplama aracı olarak öne çıkmaktadır. Veri toplama araçlarının pasta grafiği grafik 10'da gösterilmiştir.

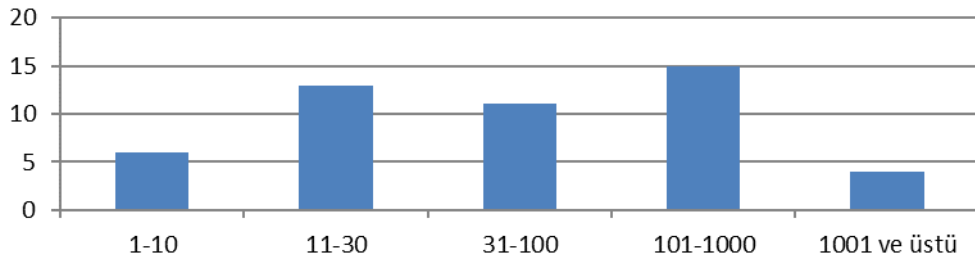
Veri Toplama Araçları



Grafik 10. Çalışmaların Veri Toplama Araçlarına Göre Dağılımı

5.10. Çalışmalarda Tercih Edilen Örneklem Düzeyleri

Örneklem sayısı verilen çalışmalarda en fazla 101-1000 arasında örneklem ile çalışıldığı grafik-11'de görüldüğü üzeredir. Bunun yanında bulanık mantık çalışmalarında çok daha az örneklem sayısı ile de çalışmalar yapıldığı görülebilmektedir.

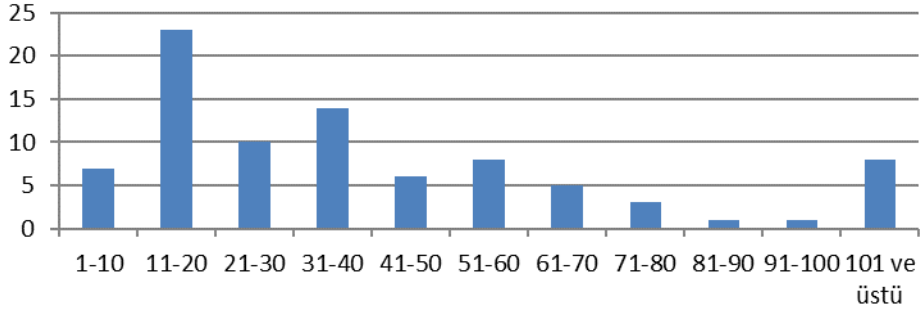


Grafik 11. Çalışmaların Örneklem Sayısına Göre Dağılımı

5.11. Çalışmaların Kullanılan Kaynak Sayısına Göre Dağılımı

Çalışmalarda kullanılan kaynakça sayılarına bakıldığında en az 6 en fazla 345 kaynakça gösterildiği görülmüştür. Grafik 12'de görüldüğü üzere az sayıda kaynak ile de bulanık mantık çalışması yapılabilmektedir.

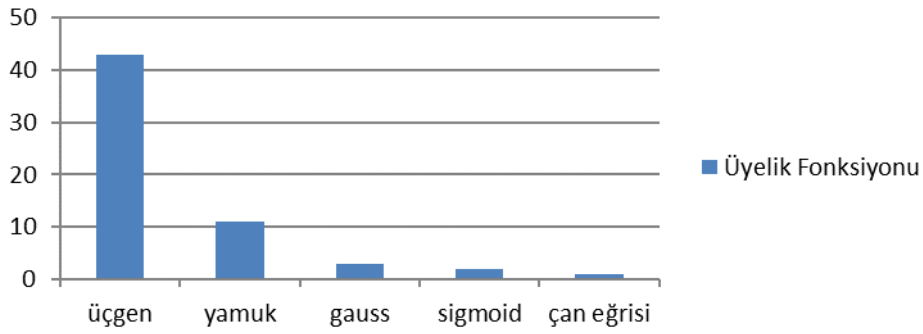
Kaynakça Sayısı



Grafik 12. Çalışmaların Kaynakça Sayısına Göre Dağılımı

5.12. Çalışmalarda Kullanılan Bulanık Üyelik Tipleri

Bulanık mantıkta üyelerin aldığı değerler ile oluşturulan eğrilere ya da çizimlere üyelik fonksiyonu adı verilir. Bu başlık altında incelenen çalışmalarda kullanılan bulanık mantık üyelik fonksiyonları incelenmiştir. Grafik 13 incelendiğinde en fazla üçgen üyelik fonksiyonunun kullanıldığı görülmektedir.



Grafik 13. Çalışmalarda Kullanılan Üyelik Fonksiyonları

5.13. Çalışmalarda Kullanılan Durulaştırma Yöntemleri

Bulanık mantık ile ilgili çalışmalara bakıldığında durulaştırma yöntemlerinin önemli yer tuttuğu görülmektedir. Çalışmalarda tercih edilen durulaştırma yöntemleri Grafik 14'de belirtilmiştir.

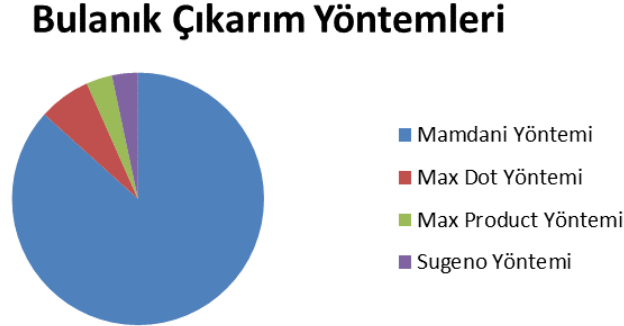
Durulaştırma Yöntemleri



Grafik 14. Çalışmalarda Kullanılan Durulaştırma Yöntemleri

5.14. Çalışmalarda Kullanılan Bulanık Çıkarım Yöntemleri

Literatürde sıklıkla karşılaşılan bulanık çıkarım yöntemleri Mamdani, Sugeno ve Tsukomoto şeklindedir. Bu çalışmada da kullanılan bulanık çıkarım yöntemleri incelenmiş ve sonuçlar grafik 15’de belirtilmiştir.



Grafik 15. Çalışmalarda Kullanılan Bulanık Çıkarım Yöntemleri

5.15. Eğitimde Bulanık Mantık Kullanımı İle İlgili Yayınlar

Bu araştırmada eğitimde bulanık mantık kullanımı ile ilgili 86 çalışma taranmıştır. Bu kısımda bu çalışmalara çeşitli başlıklar altında değinilmiştir.

5.15.1. Zeki Sistemler

Eğitimde bulanık mantık kullanımı ile ilgili çalışmaların bir kısmında bulanık mantığın zeki sistemler ya da zeki öğrenme sistemleri geliştirilmesinde tercih edildiği görülmektedir. Marmara Üniversitesinde yürütülen bir lisansüstü çalışmasında eğitim fakültesinde okuyan öğretmen adaylarının performanslarını inceleyen, onlara güçlü ve zayıf yönleri hakkında geri bildirimde bulunan uzman sistem oluşturulmuştur. Bulanık mantık ve grup karar destek sistemlerinin kullanıldığı bu çalışmada oluşturulan sistemin öğretmen adaylarının performanslarının ölçülmesinde başarılı olduğu, öğretmen adaylarına zayıf ve güçlü yanları ile ilgili geri bildirimde bulunduğu görülmüştür (Ordukaya, 2011).

Bulanık mantık yaklaşımları zeki öğretim sistemleri tasarlanmasında sıklıkla kullanılmaktadır. Karacı (2013), yaptığı çalışmada Türkçenin öğretilmesi amacı ile bir zeki öğretim sistemi tasarlamıştır. Ses sentezleme ve tanıma teknolojilerinin temel alındığı bu sistemde okuma, yazma ve dinleme etkinlikleri yer almaktadır.

Bir başka çalışmada fiziksel aktiviteleri değerlendirmek için hazırlanan bir zeki öğretim sistemi tasarımında bulanık mantık ve sinir ağlarına dayalı bir yapı kullanılmıştır (Sgrò, vd. 2010). Bu çalışmada öğrencinin fizik ya da matematik gibi farklı alanlarda olduğu gibi fiziksel çalışmalarda da kendi kendini değerlendirmesi sağlanmaya çalışılmıştır.

Bulanık mantık ile zeki öğretim sistemi tasarımı yapılan bir diğer çalışmada öğrencilerin e-öğrenme deneyimlerini kişiselleştirmek amaçlanmıştır. Bulanık tabanlı, akıllı bir e-öğrenme sistemi öneren bu çalışmada öğrencilerin kişisel öğrenme deneyimlerini yükseltmek hedeflenmiştir. Bulanık girdi birimleri olarak öğrencilerin kişisel özellikleri temel alınarak öğrencilere kişisel tavsiyelerde bulunabilen bir öğrenme ortamı tasarlanmıştır (Karthika, Deborah, & Vijayakumar, 2019).

Proquest veri tabanında yayınlanan başka bir çalışmada zeki öğretim sistemleri sanal eğitimde kullanılmıştır. Sanal eğitimde önerilen bir sistem üzerine yapılan bu çalışmada, yapay zekâ sistemleri ile yapılacak e-öğrenme deneyimlerinin daha verimli olacağı; öğrencilerin ve grupların farklı gereksinimlerinin karşılanması için bulanık mantıktan yararlanabileceği ifade edilmektedir (Machado, vd. 2016).

Öğrencilerin İngilizce öğrenme becerileri ile ilgili başka bir çalışmada ise öğrencilere İngilizce okumalar yapmaları için makale tavsiye eden bir zeki sistem geliştirilmiştir. Bulanık mantık temelli bu sistem öğrencilerin profil bilgilerine ve önceki okumalarına bakarak, onlara uygun okuma metinleri önermektedir (Hsieh, vd. 2012).

Alptekin, (2011) tez çalışmasında görme engelliler için zeki öğretim sistemi tasarlamıştır. Görme engellilerin herhangi ek bir araca ihtiyaç duymadan internet tabanlı bu öğretim sistemini kullanmaları amaçlanmıştır. Fare ile kontrol edilebilir ve ses ile yönetilebilir bir ara yüze sahip olan sistem, bireylerin öğrenme stillerini bir test yardımı ile tespit edip onları uygun içeriklere yönlendirmektedir.

5.15.2. Eğitsel Oyunlar

Bulanık mantık ve eğitsel oyunların ilişkisini inceleyen çeşitli çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Eğitsel oyunlarda bulanık mantık kullanımı ile ilgili 4 farklı yayına rastlanılmıştır.

Mobil tabanlı bir oyun tasarımında bulanık mantıktan oyun içinde öğrencilere tavsiyede bulunan ve öğrenmelerini destekleyen bir yapı içerisinde yararlanılmıştır (Troussas, Krouska, & Sgouropoulou, 2020). Alınan geri bildirimler, öğrenciler tarafından yapının olumlu bulunduğunu göstermektedir.

Papadimitriou ve arkadaşları (2019), bulanık mantık ile geliştirdikleri oyunda, oyunun öğrencinin bilgi seviyesine göre dinamik olarak ilerlemesini ve oyunun zorluk seviyesinin değişmesini sağlamışlardır. Uyarlanabilir yapısı ile FuzzEG isimli oyun, öğrencilerin bireysel öğrenmelerini desteklemektedir. Yine öğrencilerin gelişimlerini desteklemek için hazırlanan eğitsel çok oyunculu bir oyunda, öğrencilerin ilerlemesine bağlı olarak oyunun zorluk seviyesi ve oyunun hızı değişmektedir (Ivan, vd. 2017).

Video oyunlarında zeki sistem tasarımına yönelik bir diğer çalışmada ise kullanıcı performansını değerlendirmek ve belirli zorluklara göre ek çalışma materyali sunmak için bulanık mantıktan faydalanılmıştır (Robles & Quintero 2020). Etkileşimli öğrenmeye olanak veren bu çalışmada video oyunlarının ve akıllı sistemlerin birlikte kullanılmasının öğrencilerin performanslarına olumlu etki ettiği görülmüştür.

5.15.3. Performans Değerlendirme

Bulanık mantık aynı zamanda performans belirlemede de kullanılmaktadır. Kuşçu, (2007) karar verme süreçlerinde bulanık mantık isimli çalışmasında, öğretim elemanlarının performanslarını incelemek için, bulanık tabanlı bir model geliştirmiştir. Bu çalışma sonunda bulanık mantığın geleneksel yöntemden daha başarılı sonuçlar verdiği, insan düşünce ve davranışlarına benzer bir şekilde bilgisayarlardan yararlanabilmeyi sağladığı görülmüştür.

Çebi, (2011) yaptığı tez çalışmasında öğrenci performanslarının değerlendirilmesinde bulanık mantık yöntemini kullanmıştır. Çalışma sonucunda bulanık mantık ile hesaplanan performans değerlerinin klasik yöntem ile hesaplanan performans değerlerinden daha hassas ve daha doğru olduğu ortaya konmuştur.

Mikro öğretimde performansın araştırıldığı bir diğer çalışmada öğrencilerin performanslarını ölçebilmek için bulanık mantık tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Araştırma sonucunda bulanık mantık ile performans ölçmenin adaletli, objektif ve daha doğru olduğu ortaya konulmuştur (Bakanay, 2009).

Arslan (2019), yaptığı çalışmada öğretmen performanslarını değerlendirmek için bulanık mantıktan yararlanmıştır. Bu araştırma sonucu klasik mantık ile oluşturulan performans puanlarının bulanık mantık ile oluşturulan puanlardan daha yüksek olduğu görülmüştür.

Ertuğrul (2006), yaptığı çalışmada bulanık mantık yöntemi ile üniversite öğretim üyelerinin performansını değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda performans değerlendirmesinde klasik mantık yerine bulanık mantık kullanılmasının daha esnek olması, sesli ifadeleri formüle edebilmeye imkân tanınması yönüyle faydalı olduğu ortaya çıkmıştır.

Öğrenci performansları ile ilgili bir diğer çalışmada bulanık mantığa dayalı çok ölçütlü karar verme mekanizmaları temel alınarak öğrencilerin performansları ölçülmeye çalışılmıştır. Araştırma sonucunda bulanık mantık yaklaşımlarının öğrencilerin değerlendirilmesinde daha adil, daha hassas ve daha nesnel sonuçlar üretebileceği ortaya çıkarılmıştır (Ayca & Hasan, 2017).

5.15.4. Öğrenme Stillerinin ve Zeka Alanlarının Tespiti

Namlı, (2016) tarafından yürütülen bir tez çalışmasında öğrencilerin başarısında bulanık mantık ile oluşturulan zekâ alanlarının etkisi incelenmiştir. Deney ve kontrol grublu bu çalışmada deney grubunun çoklu zekâ özellikleri bulanık mantık yardımı ile tespit edildikten sonra her iki grubun başarı puanları karşılaştırılmıştır. Son test puanlarına göre her iki grubun puanlarında da anlamlı bir artış gerçekleşmiştir. Grupların son test puanları arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir.

Fırat Üniversitesinde gerçekleştirilen bir tez çalışmasında bulanık mantık ile tespit edilmiş öğrenme stillerine göre düzenlenmiş eğitim ortamlarının öğrenci başarısı üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışma sonucunda kontrol ve deney gruplarının son test puanları ön test puanlarına göre anlamlı bir şekilde farklı çıkmıştır(Ozdemir, 2009).

Dunn öğrenme stili üzerine yapılan bir tez çalışmasında ise öğrenme stillerinin tespitinde bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Öğrencilerin cinsiyeti, yaşı, bölümü, sınıfı gibi değişkenlere bağlı olarak öğrenme stillerinde farklılıklar olduğu ortaya konulmuştur(Uysal, 2016).

Benzer bir çalışmada ise Gregorc öğrenme stilleri modeli baz alınarak bulanık mantık ile öğrenme stilleri tespit edilmiştir (Ergene, 2019). Öğrenme stilleri ile ilgili bir diğer çalışmada Honey & Mumford Ve Mccarthy Öğrenme Stili Modellerinin bulanık mantık ile gerçekleştirimi ve bunun başarıya etkileri incelenmiştir(Balbal, 2016)

Öğrenme stillerinin tespiti ile ilgili bir diğer çalışmada Felder-Silvermann öğrenme stili modeli özellikle web ortamlarında öğrenme stili tespiti için kullanılmıştır. Öğrenme stillerinin tespitinde karşılaşılan zorlukları aşmak için bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Bulanık mantık ile önerilen modelin tahmin başarısının klasik sistemlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür (Deborah, vd. 2015).

5.15.5. Alana/Mesleğe Yönelme

Akkaş, (2018) yaptığı tez çalışmasında Lise öğrencilerinin üniversite seçimini etkileyen etmenlerin incelenmesine odaklanmıştır. Çalışma kapsamında üniversite seçimindeki belirsizliğin giderilmesi için bulanık mantıktan yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin üniversite seçimi ile ilgili algılarının her sene farklılaştığı görülmüştür.

Karar alırken de bulanık mantık faydalı olmaktadır. Meslek seçiminde yönlendirme yapılması amacı ile bulanık mantık temelli bir yazılım hazırlanması Sakarya Üniversitesinde bir tezin konusunu oluşturmuştur (Arı, 2009). Giriş değerleri olarak öğrenci akademik benlik değerleri ve öğrencilerin notları alınmış olup, çıktı değerleri olarak öğrencinin hangi alanda başarılı olacağına yönelik varsayımlar yer almaktadır.

Bulanık mantık öğrencileri alana yöneltmede de kullanılmaktadır. Uzun, (2008) yaptığı çalışmada ortaöğretim öğrencilerinin alana yöneltmede bulanık mantık tabanlı bir model geliştirmiştir. Çalışma sonucunda bulanık tabanlı model ile alana yönlendirmenin geleneksel yöntemlere göre daha başarılı olduğu, bu başarısının altında yatan nedenin bulanık mantığın çok kriterli karar vermeye müsait olmasından kaynaklandığı, bulanık mantık sayesinde eğitimde rehberlik işlemlerinde karmaşık hesaplamaların hızlıca yapılmasına imkân tanıdığı görülmüştür.

5.15.6. Başarı/Performans Tahmini

BÖTE öğrencilerinin başarı durumlarının incelendiği bir tez çalışmasında Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü öğrencilerinin akademik başarılarını etkileyen faktörleri belirlemek ve böylelikle akademik başarıyı tahmin eden bir model geliştirmek hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında öğrencilerin başarılarını etkileyen faktörler belirlendikten sonra, elde edilen verilere dayanılarak başarı tahmin modeli geliştirilmiştir. Bulanık mantık temelli geliştirilen başarı tahmin modeli yüksek düzeyde başarı sağlamıştır(Uysal, 2015).

Bulanık mantık başarı tahmininde farklı şekillerde kullanılmaktadır. (Yıldız, Bal, & Gulseçen, 2013) yaptıkları çalışmada uzaktan eğitim öğrencilerinin yılsonu başarı notları bulanık mantık yöntemi kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada farklı tahmin araçları karşılaştırılmıştır. İlk 8 haftanın verilerine dayanılarak yapılan tahmin çalışmalarında gen bulanık model kullanılarak yapılan tahminlerin başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür.

Eğitimde oyunlaştırma ile ilgili farklı bir çalışmada öğrencilerin eğitimsel öğrenme performansı bulanık mantık yardımı ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında önerilen model, klasik sistemlere nazaran daha iyi sonuçlar verirken, oyunlaştırma kapsamında da hangi değişkenlerin doğru tahminler için önemli olduğunu ortaya çıkarmıştır (Su, 2017).

5.15.7. Başarı/Yetenek/Tutum Gibi Değişkenlerin Tespiti

Başarı değerlendirilmesinin amaçlandığı bir diğer tez çalışmasında ise ortaöğretim matematik bölümünde okuyan öğretmen adaylarının başarılarının bulanık mantık ile tespiti amaçlanmıştır. Öğretmen adaylarının başarı durumları geleneksel yöntemle ve bulanık mantık yöntemi ile tespit edilip her iki durum karşılaştırılmıştır. Bulanık mantık yöntemi ile hesaplanan başarı puanlarının geleneksel yöntem ile hesaplanan başarı puanlarından anlamlı olarak farklılaştığı, bulanık mantık ile yapılan hesaplamada öğrencilerin daha başarılı olduğu görülmüştür (Öcal, 2015).

Demirçelik, (2010) çalışmasında bulanık sınav sistemlerini incelemiş, yeni bir bulanık sınav sistemi tasarlamıştır. Tasarlanan sınav sisteminde her sorunun kolay ve zor olmak üzere çeşitli varyasyonları yer almakta olup, farklı kapasitedeki öğrencilerin çözebileceği sorular yer almaktadır. Bu çalışmada amaç farklı öğrencileri kendi seviyelerinde ölçmektir.

Gündüzalp, (2016) çalışmasında üniversite öğrencileri için yetenek yönetim havuzu oluşturmuştur. Çalışma sonucunda üniversitelerde yetenek yönetim sistemlerinin kullanılmasının faydalı olacağı, yetenek kriterlerinin bulanık mantık ile kolaylıkla işlenebileceği görülmüştür.

Güner ve Çomak (2014) yaptıkları çalışmada lise öğrencilerinin matematik dersine karşı tutumlarına etki eden değişkenleri tespit edebilmek için bulanık mantıktan yararlanmışlardır. Bu çalışmada öğrencilerin matematik dersine yönelik tutumlarını tespit etmek amacıyla oluşturulmuş bir ölçme aracının bulanık mantık yardımı ile daha hassas hale getirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda öğrencilerin tutum puanlarının orta düzeyde olduğu görülmüştür.

Bir araştırmada öğrencilerin teknoloji kullanımının öğrencilerin saldırganlık düzeyi ve anksiyete durumlarına etkisi bulanık mantık yöntemi ile incelenmiştir. Araştırma sonucunda saldırganlık düzeylerinin ve anksiyete durumlarının tespiti için daha güvenilir bir model ortaya konulmuştur (Memmedova, 2017).

Farklı bir çalışmada ise öğrencilerin sunum becerilerini ölçmek için bulanık mantık ile önerilen bir sistem denenmiştir. Öğrencilerin normal beceri puanları ile bulanık mantık sisteminden elde edilen puanlar karşılaştırıldığında arada anlamlı bir farklılık olduğu görülmüştür (Ozdemir, & Tekin, 2016)

Bir diğer çalışmada ise geleneksel sistemdeki başarı notları ve bulanık mantık ile hesaplanmış başarı notları karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda bulanık mantık ile hesaplanmış başarı notlarının geleneksel sistem ile hesaplanmış başarı notlarından anlamlı derecede farklı olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırma sonucunda bulanık mantığın derinleme öğrenme imkânı sağladığı, inceleme kaygısını azalttığı, ayrıntılı ölçme ve değerlendirme imkânı sunduğu, sıftaki ortalama başarıyı arttırarak homojen bir dağılım sağladığı görülmüştür (Semerci, 2004).

5.15.8. Seçim ve Karar Destek Sistemleri

Bulanık mantık seçme görevlerinde başarıyla uygulanmaktadır. En uygun e-öğrenme hizmet sağlayıcısını seçmek amacıyla yapılan bir çalışmada bulanık mantığa dayalı kalite işlev dağıtımı kullanılmıştır. Bu yöntem sayesinde e-öğrenme hizmet sağlayıcıları için, başarı kriterleri ortaya konulmuştur (Kazançoğlu & Aksoy, 2011).

Hizmet kalite değerlendirmesi ve seçim probleminin temel alındığı bir diğer çalışmada (Karakış, 2018), değerlendirme ve seçim için bulanık analitik hiyerarşi süreci ve MOORA yöntemleri kullanılmıştır. Çalışmanın sonucunda öğretmenlerin mesleki nitelikleri ve tecrübeleri, okuldaki eğitsel, sosyal ve kültürel faaliyetler ve okulun fiziksel özellikleri ve temizliği kriterleri performans açısından önemli kriterler olarak ön plana çıkmıştır.

Erasmus Öğrenci Değişim programlarına öğrenci seçiminde bulanık mantık yaklaşımını esas alan bir çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci ve rubrik ile elde edilen puanlar karşılaştırılmıştır. İki yaklaşım sonucunda öğrenci sıralamalarının farklı olduğu, bulanık mantık yaklaşımının daha hassas ve esnek olduğu görülmüştür (Taşkın, Üstün & Deliktaş, 2013).

6. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Toplamda 86 makale ve tez incelemeye dâhil edilmiştir. İncelenen tezlerin 18 tanesi yüksek lisans tezi 4 tanesi doktora tezidir. Çalışmaların 57 tanesi İngilizce, 29 tanesi ise Türkçe yayınlardır.

İncelenen en eski çalışma 2004 yılına ait olup, bir makale çalışmasıdır. En güncel çalışma ise 2020 yılında yayımlanan bir makale çalışmasıdır. Eğitimde bulanık mantık ile ilgili yayınlarda 2009 yılından itibaren göreceli bir artış görülmektedir. Bunun nedeni eğitimde bulanık mantık kullanımının son on yıldır daha popüler hale gelmiş olması olabilir.

Tez çalışmaları yapıldığı üniversitelere göre incelendiğinde en fazla Marmara Üniversitesi'nde (7 tez çalışması) çalışma yapıldığı görülmektedir. Marmara Üniversitesini Celal Bayar Üniversitesi ve Fırat Üniversitesi izlemektedir.

Tez çalışmaları ana bilim dallarına göre incelendiğinde en fazla Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Matematik Anabilim Dalı ve Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Anabilim dallarında çalışma yapıldığı görülmüştür. Bulanık mantığın matematiksel kökenleri, eğitimde uygulanabilir olması, günümüzün popüler teknolojilerinden yapay zeka teknolojileri ile ilintili olması, bu anabilim dallarında yoğun bir şekilde kullanılmasına neden olmuştur.

Çalışma kapsamında tezler ve makaleler konularına göre incelenmiş, en fazla tercih edilen konuların performans değerlendirme, başarı tespiti/tahmini, öğrenme stillerinin belirlenmesi, seçim/karar verme olduğu görülmüştür. Çalışmaların konu alanlarına bakıldığında bulanık mantığın eğitimde karar verme, tahminde bulunma, seçim yapma, değerlendirme aşamalarında sıklıkla kullanılabildiği görülmektedir. İncelenen makalelerin konularına bakıldığında performans değerlendirme, beceri/sistem değerlendirme, seçim-karar verme olduğu görülmektedir. Makalelerde öğrenme stillerinin belirlenmesi de önemli bir konu olarak öne çıkmıştır.

Çalışmalarda kullanılan araştırma yöntemleri incelendiğinde en fazla karma araştırma yönteminin kullanıldığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak bulanık mantığın insanlara özgü sözlü ifadeleri matematiksel olarak ifade etmek için önemli bir araç olması gösterilebilir.

Kullanılan anahtar kelimeler konularla benzer özellikler taşımaktadır. Çalışmalarda en çok bulanık mantık, eğitim, performans değerlendirme, öğrenme stilleri, çok kriterli karar verme, bulanık küme, uzaktan eğitim, akıllı eğitim sistemleri, oyun, e-öğrenme, meslek seçimi, modelleme, yapay zekâ, yükseköğretim anahtar kelimeleri kullanılmıştır. Anahtar kelimelerden çıkan sonuca göre bulanık mantığın birçok farklı alanla ilişkisi olduğu görülmektedir.

Örneklem düzeyi incelendiğinde çoğunlukla yükseköğretimin tercih edildiği, bunun yanında ilk ve ortaöğretim seviyesinde çalışma sayısının az olduğu görülmektedir. Araştırmacıların yükseköğretim öğrencilerine kolay erişebilmesi, k-12 seviyesinde yapılan çalışmalarda izin alınması için gerekli prosedürel zorluklar nedenler arasında sayılabilir.

Çalışmalarda kullanılan veri toplama araçları incelendiğinde birçok çalışmada anket, ölçek başarı testi, değerlendirme veri toplama araçları kullanılmıştır. Bu sayılan veri toplama araçlarının yanı sıra bulanık mantık ile yapılan çalışmalarının neredeyse tamamında bir yazılım kullanıldığından bu yazılımlar aracılığı ile de veri toplanmaktadır.

Örneklem grupları incelendiğinde çoğunlukla 101-1000 arasında örneklem ile yapılan çalışmalar daha çoktur. Bunun yanında bulanık mantık çalışmalarında az sayıda örneklem ile yapılan çalışmalara da rastlanmaktadır. Bulanık mantıkta az sayıda kişi ile yapılan çalışmalar genel olarak vaka çalışmaları ve modelin sınanması şeklinde çalışmalardır. Aynı zamanda veri tabanları üzerinden çok sayıda kişiye ulaşarak da çalışmalar yürütülmüştür.

Çalışmalarda kullanılan kaynakça sayıları incelendiğinde çoğunlukla 11-20 arasında kaynak ile araştırmalar yapıldığı görülmektedir. Eğitim bilimlerinde yapılan diğer çalışmalar incelendiğinde bulanık mantık ile ilgili çalışmalarda kullanılan kaynakça sayısının nispeten daha az olduğu söylenebilir.

Eğitim bilimlerinde bulanık mantık çalışmalarında kullanılan üyelik fonksiyonları arasında en çok tercih edilen üçgen tipi üyelik fonksiyonu olmuştur. Üçgen üyelik tipi yapıcı daha basit olduğundan daha fazla hesaplama gücü gerektirmez, bu nedenle fazlaca tercih edilmiştir.

Eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalara bakıldığında en çok tercih edilen durulaştırma yöntemlerinin ağırlık merkezi yöntemi, ağırlık ortalaması yöntemi, alan merkezi yöntemi ve maksimum üyelik yöntemi olduğu görülmektedir. Belirlenen noktaların ağırlıklı ortalamasının alındığı; Ağırlık merkezi yöntemi bulanık mantık çalışmalarında en yaygın olarak kullanılan durulaştırma yöntemi olduğundan dolayı, eğitim bilimleri çalışmalarında da en fazla tercih edilen bulanıklaştırma yöntemi olarak öne çıkmıştır.

Bulanık mantıkta sayısal değerler elde edebilmek için bulanık çıkarım yöntemleri kullanılır. İncelenen çalışmalarda Mamdani yöntemi en fazla kullanılan bulanık çıkarım yöntemi olarak öne çıkmaktadır. Mamdani çıkarım yöntemi bulanık mantık ile ilgili tüm çalışmalarda da en fazla tercih edilen yöntemdir.

Eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalar incelendiğinde şu çıkarımlara ulaşılmıştır:

- 1- Eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalar belirli alanlarda yoğunlaşmıştır.
- 2- Eğitim süreçlerinde karar verme aşamalarında bulanık mantıktan yararlanılmaktadır.
- 3- Eğitimde kesin sınırları konulmamış, öğrenme stilleri, zeka alanları gibi kavramların sınırlarını daha hassas bir şekilde ortaya koyabilmek için bulanık mantıktan yararlanılmıştır.
- 4- Çalışmaların bir kısmında klasik mantık ve bulanık mantık karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmaların çoğunda bulanık mantığın klasik mantığa üstünlükleri göze çarparken, bazı çalışmalarda bulanık mantık kullanmanın klasik mantık kullanma karşısında önemli bir üstünlüğünün olmadığı görülmüştür.
- 5- Çalışmalar çoğunlukla yükseköğretim seviyesinde gerçekleştirilmiştir. Benzer çalışmaların ilköğretim ve ortaöğretim seviyesinde daha fazla gerçekleştirilmesi faydalı olacaktır. Çünkü seçim karar verme mekanizmaları ilköğretim seviyesinde de gerçekleşmektedir. Örneğin Bilim Sanat merkezlerine öğrenci seçerken ya da ortaokul sonunda liseye yönlendirmede bulanık mantık karar verme yaklaşımları esas alınarak daha doğru kararlar alınabilir.
- 6- Bulanık mantık ile ilgili bazı alanlara yoğunlaşmıştır. Eğitimde bulanık mantık ile ilgili araştırma yapacak araştırmacıların konu seçiminde ve örneklem seçiminde bu çalışmanın sonuçlarını dikkate almaları faydalarına olacaktır. Araştırmacıların yoğunlaşılan alanlar yerine daha az araştırma yapılan alanlara yönelmesi bilime katkı açısından önemlidir.
- 7- Eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalara bakıldığında dezavantajlı bireyler ile çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Eğitimde bulanık mantık ile ilgili çalışmalarda bu alanda yapılacak çalışmalar daha fazla öneme sahip olabilir.
- 8- Eğitimde bulanık mantık çalışmalarının bir kısmında çok az sayıda örneklem ile çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Bu nedenle daha çok örneklem grubu ile bu çalışmalar tekrarlanabilir.
- 9- Bulanık mantık sistemlerinin eğitimde kullanılması ile ilgili çalışmalar bakıldığında zeki öğretim sistemlerinin yeterince çalışmadığı görülmektedir. Araştırmacıların bu alana yönelmesi faydalı olacaktır.
- 10- Bulanık mantık aynı zamanda eğitsel oyunlarda eğlenceli, kişiye özgü, farklı öğrenme hızlarına uygun ortamlar tasarlamak için kullanılmaktadır. Bu nedenle eğitsel oyun tasarlayanların bulanık mantıktan yararlanmaları faydalı olacaktır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

Finansal Destek: Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Conflict of Interest: The authors have no conflict of interest to declare.

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

Kaynaklar/References

- Akkaş, E. (2018). *Farklı sınıf düzeyindeki lise öğrencileri arasında bulanık ahp yöntemi uygulanarak üniversite seçim kriterlerinin karşılaştırmalı analizi*. Marmara Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi.
- Akyazı, Ö., Usta, M. A., & Akpınar, A. S. (2011). Kapalı ortam sıcaklık ve nem denetiminin farklı bulanık üyelik fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmesi. *6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11)* (pp. 16-18).
- Alptekin, N., & Yeşilaydın, G. (2015). OECD ülkelerinin sağlık göstergelerine göre bulanık kümeleme analizi ile sınıflandırılması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 7(4), 137-155.
- Alptekin, O. (2011). *Görme engelliler için zeki bir öğretim sistemi tasarımı.*, Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık mantık: bulanıklılık kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85.
- Amrai, K., Motlagh, S. E., Zalani, H. A., & Parhon, H. (2011). The relationship between academic motivation and academic achievement students. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 399-402.
- Ardıç, K., & Polatçı, S. (2008). Tükenmişlik sendromu akademisyenler üzerinde bir uygulama (GOÜ Örneği). *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2).
- Arı, E. (2009). *Bulanık mantık tabanlı mesleki yönlendirme*. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Arslan, S. S., Alemdaroğlu, İ., Öksüz, Ç., Karaduman, A. A., & Yılmaz, Ö. T. (2018). Genç bireylerde fiziksel aktivitenin akademik başarı ve depresyon üzerine etkisi. *Ergoterapi ve Rehabilitasyon Dergisi*, 6(1), 37-42.
- Arslan, M. (2019). *Öğretmen performanslarının bulanık mantık yöntemi ile değerlendirilmesi*. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ayçın, E. (2011). *Kural tabanlı bulanık modelleme ve fiyat tahminleme sürecinde bir uygulama*. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Yönetim Bilimleri Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Bakanay, D. (2009). *Mikro öğretimde performansın bulanık mantık yöntemiyle değerlendirilmesi*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Balbal, K. F. (2016). *Honey & mumford ve mccarthy öğrenme stili modellerinin bulanık mantık tabanlı gerçekleştirimi ve performans analizi*. Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Balkır, Z. G., Alınacı, U., & Apaydın, E. (2011). Fuzzy logic in legal education. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 12(2), 60-69.
- Balkıs, M., Duru, E., Buluş, M., & Duru, S. (2006). Üniversite öğrencilerinde akademik erteleme eğiliminin çeşitli değişkenler açısından incelenmesi. *Ege Eğitim Dergisi*, 7(2), 57-73.
- Baykal, N., & Beyan, T. (2004). *Bulanık mantık ilke ve temelleri*. Ankara, Türkiye: Bıçaklar Kitabevi.
- Çebi, A. (2011). *Bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile öğrenci performanslarının değerlendirilmesi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana bilim dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Çebi, A., & Karal, H. (2017). An application of fuzzy analytic hierarchy process (FAHP) for evaluating students' project. *Educational Research and Reviews*, 12(3), 120-132.
- Çetinkaya, Ş. (2015). *Stochastic mortality using non – life methods*. Doğu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Finansal İktisat Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Deborah, L. J., Sathiyaseelan, R., Audithan, S., & Vijayakumar, P. (2015). Fuzzy-logic based learning style prediction in e-learning using web interface information. *Sadhana*, 40(2), 379-394.
- Demirçelik, Ç. (2010). *Bulanık sınav sistemleri*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi
- Ergene, V. Ç. (2019). *Bulanık mantık tabanlı gregorc öğrenme stili modeli gerçekleştirimi*. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ertuğrul, İ. (2006). Akademik performans değerlendirmede bulanık mantık yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 20(1): 155–76.
- Gündüzalp, S. (2016). *Üniversitelerde yetenek yönetimi kapsamında yetenek havuzu oluşturmaya yönelik bir model önerisi*. Fırat Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Güner, N., & Çomak, E. (2014). Lise öğrencilerinin matematik dersine yönelik tutumlarının bulanık mantık yöntemi ile incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5), 189-196.
- İşıklı, Ş. (2008). Bulanık mantık ve bulanık teknolojiler. *Araştırma Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Felsefe Bölümü Dergisi (Yayınlanmıyor)*.
- İşıklı, Ş. (2010). Lotfi a. Zadeh'nin hayat hikâyesi ve bulanık paradigmanın üç temel unsuru. *Kutadgubilig: Felsefe-Bilim Araştırmaları Dergisi*, Sayı 17, ss.89-101
- Ivan, C., Rumondor, P. C., Ricky, M. Y., Yossy, E. H., & Budiharto, W. (2017). Help the math town: adaptive multiplayer math-science games using fuzzy logic. *Procedia Computer Science*, 116, 309-317.
- Karacı, A. (2013). *Ses sentezleme ve tanıma teknolojilerini kullanarak türkçenin ana dil olarak öğretimi için zeki öğretim sistemi geliştirilmesi*. Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Doktora Tezi
- Karakış, E. (2018). Bulanık AHS ve bulanık moora yöntemleri ile okul öncesi eğitimi hizmet kalitesi değerlendirmesi ve anaokul seçimi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 19(2): 184–98.

- Kazançoğlu, Y., & Aksoy, M. (2011). A fuzzy logic-based quality function deployment for selection of e-learning provider. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(4), 39-45.
- Kılıç, I., & Moralar, A. (2015). Fen eğitiminde probleme dayalı öğrenme yaklaşımının akademik başarı ve motivasyona etkisi. *Pegem Eğitim ve Öğretim Dergisi, Pegem Journal of Education and Instruction*, 5(5), 625.
- Kuşçu, D. (2007). *Karar verme süreçlerinde bulanık mantık yaklaşımı*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Machado, M. A. S., Moreira, T. D. R. G., Gomes, L. F. A. M., Caldeira, A. M., & Santos, D. J. (2016). A fuzzy logic application in virtual education. *Procedia Computer Science*, 91, 19-26.
- Memmedova, K. (2017). Fuzzy logic modelling of the impact of using technology on anxiety and aggression levels of students. *Procedia Computer Science*, 120, 495-501.
- Mert, Z. G., & Yılmaz, S. (2009). Kocaeli mahalleleri donatı yeterliliğinin bulanık mantık yaklaşımı ile değerlendirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 22(3), 167-183.
- Namlı, N. A. (2016). *Bulanık mantık ile belirlenmiş çoklu zeka alanlarına göre düzenlenen öğrenme ortamlarının öğrencilerin akademik başarılarına etkisi*. Çukurova Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Ordukaya, E. (2011). *Bulanık karar verme süreçlerinde geri bildirim ve mikro öğretim uygulaması*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Öcal, A. (2015). *Belirtisiz mantıktan yararlanılarak ortaöğretim matematik öğretmenliği öğrencilerinin öğretmenlik uygulaması başarılarının değerlendirilmesi*. Hacettepe Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Özdemir, O. (2009). *Bulanık mantık ile belirlenmiş öğrenme stillerine dayalı öğrenme ortamlarının öğrencilerin başarı ve tutumlarına etkisi*. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eğitim Bilimleri Bölümü, Eğitim Programları ve Öğretimi Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Ozdemir, O., & Tekin, A. (2016). Evaluation of the presentation skills of the pre-service teachers via fuzzy logic. *Computers in Human Behavior*, 61, 288-299.
- Papadimitriou, S., Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2019). FuzzEG: fuzzy logic for adaptive scenarios in an educational adventure game. *Multimedia Tools and Applications*, 78(22), 32023-32053.
- Rahemi, Jamileh. (2007). Self-Efficacy in english and iranian senior high school students majoring in humanities. *Novitas-Royal* 1(2).
- Robles, D., & Quintero M, C. G. (2020). Intelligent system for interactive teaching through videogames. *Sustainability*, 12(9), 3573.
- Semerci, Ç. (2004). The influence of fuzzy logic theory on students' achievement. *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 3(2), 56-61.
- Sgrò, F., Mango, P., Pignato, S., Piccolo, A. L., Nicolosi, S., Schembri, R., & Lipoma, M. (2010). A neuro-fuzzy approach for student module of physical activity its. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 9, 189-193.
- Su, C. H. (2017). A novel hybrid learning achievement prediction model: A case study in gamification education applications (APPs). *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 16(02), 515-543.
- Sıramkaya, E. (2006). *Veri madenciliğinde bulanık mantık uygulaması*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sugeno, M., Asai, K., & Terano, T. (1992). Fuzzy systems theory and its applications. *Tokyo Institute of Technology*.
- Şen, Z. (2001). *Bulanık mantık ve modelleme ilkeleri*. İstanbul, Türkiye: Bilge Kültür Sanat.
- Şengül, Ü., E. Miraç., & Shiraz, S. E. (2012). Bulanık AHP ile belediyelerin toplu taşıma araç seçimi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (40), 143-165.
- Şirin, S. R. (2005). Socioeconomic status and academic achievement: A meta-analytic review of research. *Review of educational research*, 75(3), 417-453.
- Taşkın, H., Üstün, Ö., & Deliktaş, D. (2013) Fuzzy mcdm approach for oral examination in erasmus student selection process. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, (032), 21-40.
- Turan, S., & Demirel, Ö. (2010). Öz-düzenleyici öğrenme becerilerinin akademik başarı ile ilişkisi: Hacettepe üniversitesi tıp fakültesi örneği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 38(38), 279-291.
- Troussas, C., Krouska, A., & Sgouropoulou, C. (2020). Collaboration and fuzzy-modeled personalization for mobile game-based learning in higher education. *Computers & Education*, 144, 103698.
- Uysal, H. (2015). *BÖTE öğrencilerinin akademik başarılarını etkileyen faktörlerin belirlenmesi ve akademik başarı tahmin modelinin geliştirilmesi*. Çanakkale 18 Mart Üniversitesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Uysal, M. (2016). *Bulanık mantık tabanlı dunn öğrenme stili modeli gerçekleştirimi*. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uysal, M., Mülayim, N., Özdemir, A., & Alaybeyoğlu, A. (2014-Şubat). Bulanık mantık tabanlı dunn öğrenme stili modelinin geliştirimi. *16. Akademik Bilişim Konferansı* içinde (642-643. ss), Adnan Menderes Üniversitesi, Aydın, Türkiye.
- Uzun, K. P. 2008. *Mesleki ve teknik eğitim okullarında öğrencileri alana yönlmede uzman sistem yaklaşımı*. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- Zadeh, L. A. (1965). Information and control. *Fuzzy sets*, 8(3), 338-353.
- Zimmerman, B. J. (1990). Self-regulated learning and academic achievement: An overview. *Educational psychologist*, 25(1), 3-17.

YAZARLARA BİLGİ

TANIM

Acta INFOLOGICA (ACIN), İstanbul Üniversitesi Enformatik Bölümü'nün yayınıdır. Açık-erişimli, bilimsel ve hakemli bir dergi olarak yılda iki defa Haziran ve Aralık aylarında yayınlanır. Derginin başlangıç tarihi 2017'dir.

AMAÇ VE KAPSAM

ACIN, veri-enformasyon-bilgi kavramlarını, bilgi-iletişim teknolojileri ve uygulamalarını temel alarak gerek enformatik alanında gerekse disiplinler arası gerçekleştirilen çalışmalar için bilimsel bir yayın ortamı sunmayı, yayınlanan çalışmalar ile bu alanda çalışan, alana ilgi duyan araştırmacılar ve ilgililerin gelişimine katkı sağlamayı amaçlamaktadır.

ACIN'ın çalışma alanları aşağıda listelenmiştir. Bu alanlarda ya da bu alanlarla ilgili olduğu düşünülen alanlardaki tüm çalışmalar derginin kapsamındadır.

Akıllı Sistemler
Bilgi Güvenliği ve Hukuk
Bilgi Yönetimi
Bilgisayar Ağları
Bilgisayar Mimarisi
Bilişim Sistemleri
Biyoenformatik
Coğrafi Bilgi Sistemleri
E-Uygulamalar
İnternet Teknolojileri
Karar Destek Sistemleri ve İş Zekası
Mikro Denetleyici ve Uygulamaları
Mobil Sistemler
Modelleme ve Optimizasyon
Sosyal ve Dijital Medya
Veri Madenciliği
Veri Tabanı Sistemleri
Yapay Zeka ve Makine Öğrenmesi
Yazılım Mühendisliği
Yönetim Bilişim Sistemleri

EDİTORYAL POLİTİKALAR VE HAKEM SÜRECİ

Yayın Politikası

Dergiye yayınlanmak üzere gönderilen makalelerin içeriği derginin amaç ve kapsamı ile uyumlu olmalıdır. Dergi, orijinal araştırma niteliğindeki yazıları yayınlamaya öncelik vermektedir.

Genel İlkeler

Daha önce yayınlanmamış ya da yayınlanmak üzere başka bir dergide halen değerlendirmede olmayan ve her bir yazar tarafından onaylanan makaleler değerlendirilmek üzere kabul edilir.

Ön değerlendirmeyi geçen yazılar iThenticate intihal tarama programından geçirilir. İntihal incelemesinden sonra, uygun makaleler Editör tarafından orijinaliteleri, metodolojileri, makalede ele alınan konunun önemi ve derginin kapsamına uygunluğu açısından değerlendirilir.

Bilimsel toplantılarda sunulan özet bildirimler, makalede belirtilmesi koşulu ile kaynak olarak kabul edilir. Editör, gönderilen makale biçimsel esaslara uygun ise, gelen yazıyı yurtiçinden ve /veya yurtdışından en az iki hakemin değerlendirmesine sunar, hakemler gerek gördüğü takdirde yazıda istenen değişiklikler yazarlar tarafından yapıldıktan sonra yayınlanmasına onay verir.

YAZARLARA BİLGİ

Makale yayınlanmak üzere Dergiye gönderildikten sonra yazarlardan hiçbirinin ismi, tüm yazarların yazılı izni olmadan yazar listesinden silinemez ve yeni bir isim yazar olarak eklenemez ve yazar sırası değiştirilemez.

Yayına kabul edilmeyen makale, resim ve fotoğraflar yazarlara geri gönderilmez.

AÇIK ERİŞİM İLKESİ

ACIN'in tüm içeriği okura ya da okurun dahil olduğu kuruma ücretsiz olarak sunulur. Okurlar, ticari amaç haricinde, yayıncı ya da yazardan izin almadan dergi makalelerinin tam metnini okuyabilir, indirebilir, kopyalayabilir, arayabilir ve link sağlayabilir.

ACIN makaleleri açık erişimlidir ve Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.tr>) olarak lisanslıdır.

İşleme Ücreti

Derginin tüm giderleri İstanbul Üniversitesi tarafından karşılanmaktadır. Dergide makale yayını ve makale süreçlerinin yürütülmesi ücrete tabi değildir. Dergiye gönderilen ya da yayın için kabul edilen makaleler için işleme ücreti ya da gönderim ücreti alınmaz.

Hakem Süreci

Daha önce yayınlanmamış ya da yayınlanmak üzere başka bir dergide halen değerlendirmede olmayan ve her bir yazar tarafından onaylanan makaleler değerlendirilmek üzere kabul edilir. Gönderilen ve ön kontrolü geçen makaleler iThenticate yazılımı kullanılarak intihal için taranır. İntihal kontrolünden sonra, uygun olan makaleler baş editör tarafından orijinallik, metodoloji, işlenen konunun önemi ve dergi kapsamı ile uyumluluğu açısından değerlendirilir. Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, cinsel yöneliminden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar.

Seçilen makaleler en az iki ulusal/uluslararası hakeme değerlendirmeye gönderilir; yayın kararı, hakemlerin talepleri doğrultusunda yazarların gerçekleştirdiği düzenlemelerin ve hakem sürecinin sonrasında baş editör tarafından verilir.

Hakemlerin değerlendirmeleri objektif olmalıdır. Hakem süreci sırasında hakemlerin aşağıdaki hususları dikkate alarak değerlendirmelerini yapmaları beklenir.

- Makale yeni ve önemli bir bilgi içeriyor mu?
- Öz, makalenin içeriğini net ve düzgün bir şekilde tanımlıyor mu?
- Yöntem bütünlüklü ve anlaşılır şekilde tanımlanmış mı?
- Yapılan yorum ve varılan sonuçlar bulgularla kanıtlanıyor mu?
- Alandaki diğer çalışmalara yeterli referans verilmiş mi?
- Dil kalitesi yeterli mi?

Hakemler, gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdır. Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir.

TELİF HAKKINDA

Yazarlar Acta INFOLOGICA (ACIN) dergisinde yayınlanan çalışmalarının telif hakkına sahiptirler ve çalışmaları Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) olarak lisanslıdır. Creative Commons Atıf-GayrıTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı, eserin ticari kullanım dışında her boyut ve formatta paylaşılmasına, kopyalanmasına, çoğaltılmasına ve orijinal esere uygun şekilde atıfta bulunmak kaydıyla yeniden düzenleme, dönüştürme ve eserin üzerine inşa etme dâhil adapte edilmesine izin verir.

YAZARLARA BİLGİ

YAYIN ETİĞİ VE İLKELER

Acta INFOLOGICA (ACIN), yayın etiğinde en yüksek standartlara bağlıdır ve Committee on Publication Ethics (COPE), Directory of Open Access Journals (DOAJ), Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA) ve World Association of Medical Editors (WAME) tarafından yayınlanan etik yayıncılık ilkelerini benimser; Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing başlığı altında ifade edilen ilkeler için: <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>

Gönderilen tüm makaleler orijinal, yayınlanmamış ve başka bir dergide değerlendirme sürecinde olmamalıdır. Her bir makale editörlerden biri ve en az iki hakem tarafından çift kör değerlendirilmeden geçirilir. İntihal, duplikasyon, sahte yazarlık/inkar edilen yazarlık, araştırma/veri fabrikasyonu, makale dilimleme, dilimleyerek yayın, telif hakları ihlali ve çıkar çatışmasının gizlenmesi, etik dışı davranışlar olarak kabul edilir.

Kabul edilen etik standartlara uygun olmayan tüm makaleler yayından çıkarılır. Buna yayından sonra tespit edilen olası kuraldışı, uygunsuzluklar içeren makaleler de dahildir.

ARAŞTIRMA ETİĞİ

Acta INFOLOGICA (ACIN) araştırma etiğinde en yüksek standartları gözetir ve aşağıda tanımlanan uluslararası araştırma etiği ilkelerini benimser. Makalelerin etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır.

- Araştırmanın tasarlanması, tasarımın gözden geçirilmesi ve araştırmanın yürütülmesinde, bütünlük, kalite ve şeffaflık ilkeleri sağlanmalıdır.
- Araştırma ekibi ve katılımcılar, araştırmanın amacı, yöntemleri ve öngörülen olası kullanımları; araştırmaya katılımın gerektirdikleri ve varsa riskleri hakkında tam olarak bilgilendirilmelidir.
- Araştırma katılımcılarının sağladığı bilgilerin gizliliği ve yanıt verenlerin gizliliği sağlanmalıdır. Araştırma katılımcıların özerkliğini ve saygınlığını koruyacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Araştırma katılımcıları gönüllü olarak araştırmada yer almalı, herhangi bir zorlama altında olmamalıdır.
- Katılımcıların zarar görmesinden kaçınılmalıdır. Araştırma, katılımcıları riske sokmayacak şekilde planlanmalıdır.
- Araştırma bağımsızlığıyla ilgili açık ve net olunmalı; çıkar çatışması varsa belirtilmelidir.
- Deneysel çalışmalarda, araştırmaya katılmaya karar veren katılımcıların yazılı bilgilendirilmiş onayı alınmalıdır. Çocukların ve vesayet altındakilerin veya tasdiklenmiş akıl hastalığı bulunanların yasal vasisinin onayı alınmalıdır.
- Çalışma herhangi bir kurum ya da kuruluşta gerçekleştirilecekse bu kurum ya da kuruluştan çalışma yapılacağına dair onay alınmalıdır.
- İnsan ögesi bulunan çalışmalarda, “yöntem” bölümünde katılımcılardan “bilgilendirilmiş onam” alındığının ve çalışmanın yapıldığı kurumdaki etik kurul onayı alındığı belirtilmesi gerekir.

YAZARLARIN SORUMLULUĞU

Makalelerin bilimsel ve etik kurallara uygunluğu yazarların sorumluluğundadır. Yazar makalenin orijinal olduğu, daha önce başka bir yerde yayınlanmadığı ve başka bir yerde, başka bir dilde yayınlanmak üzere değerlendirmede olmadığı konusunda teminat sağlamalıdır. Uygulamadaki telif kanunları ve anlaşmaları gözetilmelidir. Telifle bağlı materyaller (örneğin tablolar, şekiller veya büyük alıntılar) gerekli izin ve teşekkürle kullanılmalıdır. Başka yazarların, katkıda bulunanların çalışmaları ya da yararlanılan kaynaklar uygun biçimde kullanılmalı ve referanslarda belirtilmelidir.

Gönderilen makalede tüm yazarların akademik ve bilimsel olarak doğrudan katkısı olmalıdır, bu bağlamda “yazar” yayınlanan bir araştırmanın kavramsallaştırılmasına ve tasarımına, verilerin elde edilmesine, analizine ya da yorumlanmasına belirgin katkı yapan, yazının yazılması ya da bunun içerik açısından eleştirel biçimde gözden geçirilmesinde görev yapan birisi olarak görülür. Yazar olabilmenin diğer koşulları ise, makaledeki çalışmayı planlamak veya icra etmek ve / veya revize etmektir. Fon sağlanması, veri toplanması ya da araştırma grubunun genel süpervizyonu tek başına yazarlık hakkı kazandırmaz. Yazar olarak gösterilen tüm bireyler sayılan tüm ölçütleri karşılamalıdır ve yukarıdaki ölçütleri karşılayan her birey yazar olarak gösterilebilir. Yazarların isim sıralaması ortak verilen bir karar olmalıdır. Tüm yazarlar yazar sıralamasını Telif Hakkı Devir Formunda imzalı olarak belirtmek zorundadırlar.

Yazarlık için yeterli ölçütleri karşılamayan ancak çalışmaya katkısı olan tüm bireyler “teşekkür / bilgileri” kısmında sıralanmalıdır. Bunlara

YAZARLARA BİLGİ

örnek olarak ise sadece teknik destek sağlayan, yazıma yardımcı olan ya da sadece genel bir destek sağlayan, finansal ve materyal desteği sunan kişiler verilebilir.

Bütün yazarlar, araştırmanın sonuçlarını ya da bilimsel değerlendirmeyi etkileyebilme potansiyeli olan finansal ilişkiler, çıkar çatışması ve çıkar rekabetini beyan etmelidirler. Bir yazar kendi yayınlanmış yazısında belirgin bir hata ya da yanlışlık tespit ederse, bu yanlışlıklara ilişkin düzeltme ya da geri çekme için editör ile hemen temasa geçme ve işbirliği yapma sorumluluğunu taşır.

EDİTÖR VE HAKEM SORUMLULUKLARI

Baş editör, makaleleri, yazarların etnik kökeninden, cinsiyetinden, cinsel yöneliminden, uyruğundan, dini inancından ve siyasi felsefesinden bağımsız olarak değerlendirir. Yayına gönderilen makalelerin adil bir şekilde çift taraflı kör hakem değerlendirmesinden geçmelerini sağlar. Gönderilen makalelere ilişkin tüm bilginin, makale yayınlanana kadar gizli kalacağını garanti eder. Baş editör içerik ve yayının toplam kalitesinden sorumludur. Gereğinde hata sayfası yayınlamalı ya da düzeltme yapmalıdır.

Baş editör; yazarlar, editörler ve hakemler arasında çıkar çatışmasına izin vermez. Hakem atama konusunda tam yetkiye sahiptir ve Dergide yayınlanacak makalelerle ilgili nihai kararı vermekle yükümlüdür.

Hakemlerin araştırmayla ilgili, yazarlarla ve/veya araştırmanın finansal destekçileriyle çıkar çatışmaları olmamalıdır. Değerlendirmelerinin sonucunda tarafsız bir yargıya varmalıdırlar. Gönderilmiş yazılara ilişkin tüm bilginin gizli tutulmasını sağlamalı ve yazar tarafında herhangi bir telif hakkı ihlali ve intihal fark ederlerse editöre raporlamalıdırlar. Hakem, makale konusu hakkında kendini vasıflı hissetmiyor ya da zamanında geri dönüş sağlaması mümkün görünmüyorsa, editöre bu durumu bildirmeli ve hakem sürecine kendisini dahil etmemesini istemelidir.

Değerlendirme sürecinde editör hakemlere gözden geçirme için gönderilen makalelerin, yazarların özel mülkü olduğunu ve bunun imtiyazlı bir iletişim olduğunu açıkça belirtir. Hakemler ve yayın kurulu üyeleri başka kişilerle makaleleri tartışamazlar. Hakemlerin kimliğinin gizli kalmasına özen gösterilmelidir. Bazı durumlarda editörün kararıyla, ilgili hakemlerin makaleye ait yorumları aynı makaleyi yorumlayan diğer hakemlere gönderilerek hakemlerin bu süreçte aydınlatılması sağlanabilir.

YAZILARIN HAZIRLANMASI

DİL

Derginin yayın dili Türkçe ve Amerikan İngilizcesi'dir.

Yazıların Hazırlanması ve Yazım Kuralları

Aksi belirtilmedikçe gönderilen yazılarla ilgili tüm yazışmalar ilk yazarla yapılacaktır. Makale gönderimi online olarak ve <http://acin.istanbul.edu.tr> adresinden erişilen <http://dergipark.gov.tr/login> üzerinden yapılmalıdır. Gönderilen yazılar, makale türünü belirten ve makaleyle ilgili detayları içeren (bkz: Son Kontrol Listesi) kapak sayfası; editöre mektup, yazının elektronik formunu içeren Microsoft Word 2003 ve üzerindeki versiyonları ile yazılmış elektronik dosya ve tüm yazarların imzaladığı Telif Hakkı Devir Formu eklenerek gönderilmelidir.

- Microsoft Word 6.0 ya da üstü bir versiyon kullanıyorsanız ACIN Makale Şablonunu kullanabilirsiniz. Aksi halde, bu doküman bir yönerge olarak kullanılabilir.
- Makale başlıkları büyük harf ve küçük harflerden oluşmalı, bütün harfler büyük olmamalıdır. Başlığa formül yazmaktan kaçınılmalıdır. Başlıkta "(Davetli)" ya da benzeri ifadeler yer almamalıdır.
- Öz 150-250 kelime arasında olmalıdır, bir paragraf olarak yazılmalı ve matematiksel denklem ya da tablo içermemelidir. Öz, okuyucunun kolaylıkla bulabilmesi için, üç ya da dört anahtar kelime ya da ifade içermelidir. Öz iyi okunabilir ve de dilbilgisi açısından doğru olmalıdır.
- Özün altında çalışmanın içeriğini temsil eden üç anahtar kelime olmalıdır. Anahtar kelimelerin, "TR Dizin Anahtar Terimler Listesi", "Medical Subject Headings", "CAB Theasarus", "JISCT", "ERIC" vd. tarafından tanımlanmış olmasına önem verilmelidir.
- Çalışmaların başlıca şu unsurları içermesi gerekmektedir: Türkçe başlık, öz ve anahtar kelimeler; İngilizce başlık öz ve anahtar kelimeler; ana metin bölümleri, kaynaklar, tablolar ve şekiller.
- Yayınlanmak üzere gönderilen makale ile birlikte yazar bilgilerini içeren kapak sayfası gönderilmelidir. Kapak sayfasında, makalenin

YAZARLARA BİLGİ

başlığı, yazar veya yazarların bağlı buldukları kurum ve unvanları, kendilerine ulaşılabilecek adresler, cep, iş ve faks numaraları, ORCID ve e-posta adresleri yer almalıdır (bkz. Son Kontrol Listesi).

7. Referanslar APA 6 stiline uygun olarak hazırlanmalıdır.

KAYNAKLAR

Referans Stili ve Formatı

Acta INFOLOGICA (ACIN), metin içi alıntılama ve kaynak gösterme için APA (American Psychological Association) kaynak sitilinin 6. edisyonunu benimser. APA 6. Edisyon hakkında bilgi için:

- American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6th ed.). Washington, DC: APA.

- <http://www.apastyle.org/>

Kaynakların doğruluğundan yazar(lar) sorumludur. Tüm kaynaklar metinde belirtilmelidir. Kaynaklar aşağıdaki örneklerdeki gibi gösterilmelidir.

Metin İçinde Kaynak Gösterme

Kaynaklar metinde parantez içinde yazarların soyadı ve yayın tarihi yazılarak belirtilmelidir. Birden fazla kaynak gösterilecekse kaynaklar arasında (;) işareti kullanılmalıdır. Kaynaklar alfabetik olarak sıralanmalıdır.

Örnekler:

Birden fazla kaynak;

(Esin ve ark., 2002; Karasar 1995)

Tek yazarlı kaynak;

(Akyolcu, 2007)

İki yazarlı kaynak;

(Saymer ve Demirci, 2007, s. 72)

Üç, dört ve beş yazarlı kaynak;

Metin içinde ilk kullanımda: (Ailen, Ciambrene ve Welch, 2000, s. 12–13) Metin içinde tekrarlayan kullanımlarda: (Ailen ve ark., 2000)

Altı ve daha çok yazarlı kaynak;

(Çavdar ve ark., 2003)

Kaynaklar Bölümünde Kaynak Gösterme

Kullanılan tüm kaynaklar metnin sonunda ayrı bir bölüm halinde yazar soyadlarına göre alfabetik olarak numaralandırılmadan verilmelidir.

Kaynak yazımı ile ilgili örnekler aşağıda verilmiştir.

Kitap

a) *Türkçe Kitap*

Karasar, N. (1995). Araştırmalarda rapor hazırlama (8.bs). Ankara: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.

b) *Türkçeye Çevrilmiş Kitap*

Mucchielli, A. (1991). Zihniyetler (A. Kotil, Çev.). İstanbul: İletişim Yayınları.

c) *Editörlü Kitap*

Ören, T., Üney, T. ve Çölkesen, R. (Ed.). (2006). Türkiye bilişim ansiklopedisi. İstanbul: Papatya Yayıncılık.

d) *Çok Yazarlı Türkçe Kitap*

Tonta, Y., Bitirim, Y. ve Sever, H. (2002). Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme. Ankara: Total Bilişim.

e) *İngilizce Kitap*

Kamien R., & Kamien A. (2014). Music: An appreciation. New York, NY: McGraw-Hill Education.

f) *İngilizce Kitap İçerisinde Bölüm*

Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), New cultural studies: Adventures in theory (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

g) *Türkçe Kitap İçerisinde Bölüm*

Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi. M. Zencirkıran (Ed.), Örgüt sosyolojisi kitabı içinde (s. 233–263). Bursa: Dora Basım Yayın.

h) Yayıncının ve Yazarın Kurum Olduğu Yayın

Türk Standartları Enstitüsü. (1974). Adlandırma ilkeleri. Ankara: Yazar.

Makale

a) Türkçe Makale

Mutlu, B. ve Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri. İstanbul Üniversitesi Florence Nightingale Hemşirelik Dergisi, 15(60), 179–182.

b) İngilizce Makale

de Cillia, R., Reisingl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

c) Yediden Fazla Yazarlı Makale

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. ... Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

d) DOI'si Olmayan Online Edinilmiş Makale

Al, U. ve Doğan, G. (2012). Hacettepe Üniversitesi Bilgi ve Belge Yönetimi Bölümü tezlerinin atıf analizi. *Türk Kütüphaneciliği*, 26, 349–369. Erişim adresi: <http://www.tk.org.tr/>

e) DOI'si Olan Makale

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

f) Advance Online Olarak Yayımlanmış Makale

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

g) Popüler Dergi Makalesi

Semerçioğlu, C. (2015, Haziran). Sıradanlığın rayihası. *Sabit Fikir*, 52, 38–39.

Tez, Sunum, Bildiri

a) Türkçe Tezler

Sarı, E. (2008). Kültür kimlik ve politika: Mardin’de kültürlerarasılık. (Doktora Tezi). Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

b) Ticari Veritabanında Yer Alan Yüksek Lisans Ya da Doktora Tezi

Van Brunt, D. (1997). Networked consumer health information systems (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses. (UMI No. 9943436)

c) Kurumsal Veritabanında Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi

Yaylalı-Yıldız, B. (2014). University campuses as places of potential publicness: Exploring the politicals, social and cultural practices in Ege University (Doctoral dissertation). Retrieved from: <http://library.iyte.edu.tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

d) Web’de Yer Alan İngilizce Yüksek Lisans/Doktora Tezi

Tonta, Y. A. (1992). An analysis of search failures in online library catalogs (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

e) Dissertations Abstracts International’da Yer Alan Yüksek Lisans/Doktora Tezi

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

f) Sempozyum Katkısı

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer’s disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome. Symposium conducted at American Psychological Association meeting, Orlando, FL.

g) Online Olarak Erişilen Konferans Bildiri Özeti

Çınar, M., Doğan, D. ve Seferoğlu, S. S. (2015, Şubat). Eğitimde dijital araçlar: Google sınıf uygulaması üzerine bir değerlendirme [Öz]. Akademik Bilişim Konferansında sunulan bildiri, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir. Erişim adresi: <http://ab2015.anadolu.edu.tr/index.php?menu=5&submenu=27>

h) Düzenli Olarak Online Yayımlanan Bildiriler

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

i) Kitap Şeklinde Yayımlanan Bildiriler

Schneider, R. (2013). Research data literacy. S. Kurbanoğlu ve ark. (Ed.), *Communications in Computer and Information Science: Vol. 397. Worldwide Communalities and Challenges in Information Literacy Research and Practice içinde* (s. 134–140). Cham, İsviçre: Springer. <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03919-0>

YAZARLARA BİLGİ

j) Kongre Bildirisi

Çepni, S., Bacanak A. ve Özsevgeç T. (2001, Haziran). Fen bilgisi öğretmen adaylarının fen branşlarına karşı tutumları ile fen branşlarındaki başarılarının ilişkisi. X. Ulusal Eğitim Bilimleri Kongresi'nde sunulan bildiri, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Bolu

Diğer Kaynaklar

a) Gazete Yazısı

Toker, Ç. (2015, 26 Haziran). 'Unutma' notları. Cumhuriyet, s. 13.

b) Online Gazete Yazısı

Tamer, M. (2015, 26 Haziran). E-ticaret hamle yapmak için tüketiciyi bekliyor. Milliyet. Erişim adresi: <http://www.milliyet>

c) Web Page/Blog Post

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepp: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

d) Online Ansiklopedi/Sözlük

Bilgi mimarisi. (2014, 20 Aralık). Vikipedi içinde. Erişim adresi: http://tr.wikipedia.org/wiki/Bilgi_mimarisi

Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.), The Stanford encyclopedia of philosophy. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

e) Podcast

Radyo ODTÜ (Yapımcı). (2015, 13 Nisan). Modern sabahlar [Podcast]. Erişim adresi: <http://www.radyoodtu.com.tr/>

f) Bir Televizyon Dizisinden Tek Bir Bölüm

Shore, D. (Senarist), Jackson, M. (Senarist) ve Bookstaver, S. (Yönetmen). (2012). Runaways [Televizyon dizisi bölümü]. D. Shore (Baş yapımcı), House M.D. içinde. New York, NY: Fox Broadcasting.

g) Müzik Kaydı

Say, F. (2009). Galata Kulesi. İstanbul senfonisi [CD] içinde. İstanbul: Ak Müzik.

SON KONTROL LİSTESİ

Aşağıdaki listede eksik olmadığından emin olun:

- Editöre mektup
 - Makalenin türü
 - Başka bir dergiye gönderilmemiş olduğu bilgisi
 - Sponsor veya ticari bir firma ile ilişkisi (varsa belirtiniz)
 - Kaynakların APA6'ya göre belirtildiği
 - İngilizce yönünden kontrolünün yapıldığı
 - Yazarlara Bilgide detaylı olarak anlatılan dergi politikalarının gözden geçirildiği
- Telif Hakkı Devir Formu
- Daha önce basılmış materyal (yazı-resim-tablo) kullanılmış ise izin belgesi
- Kapak sayfası
 - Makalenin kategorisi
 - Makale dilinde ve İngilizce başlık

INFORMATION FOR AUTHORS

DESCRIPTION

Acta INFOLOGICA (ACIN) is the publication of Informatics Department of the Istanbul University. It is an open access, scholarly, peer-reviewed journal published biannually in June and December. The journal was founded in 2017.

AIM AND SCOPE

ACIN aims to contribute to the scientific community interested in the field of informatics and aims to provide a platform for researchers exploring issues based on the concepts of data-information-knowledge, information and communication technologies and applications. The journal welcomes multidisciplinary studies regarding the field as well.

The areas of study covered in the scope of ACIN are in below;

Intelligent Systems

Information Security and Law

Knowledge Management

Computer Networks

Computer Architecture

Information Systems

Bioinformatics

Geographic Information Systems

E-Applications

Internet Technologies

Decision Support Systems and Business Intelligence

Microcontroller and Applications

Mobile Systems

Modeling and Optimization

Project Management

Social and Digital Media

Data Mining

Database Systems

Artificial Intelligence and Machine Learning

Software Engineering

EDITORIAL POLICIES AND PEER REVIEW PROCESS

Publication Policy

The subjects covered in the manuscripts submitted to the Journal for publication must be in accordance with the aim and scope of the journal. The journal gives priority to original research papers submitted for publication.

General Principles

Only those manuscripts approved by its every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by editor-in-chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope.

Short presentations that took place in scientific meetings can be referred if indicated in the article. The editor hands over the papers matching the formal rules to at least two national/international referees for evaluation and gives green light for publication upon modification by the authors in accordance with the referees' claims. Changing the name of an author (omission, addition or order) in papers submitted to the Journal requires written permission of all declared authors. Refused manuscripts and graphics are not returned to the author.

INFORMATION FOR AUTHORS

OPEN ACCESS STATEMENT

Acta INFOLOGICA (ACIN) is an open access journal which means that all content is freely available without charge to the user or his/her institution. Except for commercial purposes, users are allowed to read, download, copy, print, search, or link to the full texts of the articles in this journal without asking prior permission from the publisher or the author.

The articles in ACIN are open access articles licensed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.en>)

Article Processing Charge

All expenses of the journal are covered by the Istanbul University. Processing and publication are free of charge with the journal. There is no article processing charges or submission fees for any submitted or accepted articles.

Peer Review Process

Only those manuscripts approved by its every individual author and that were not published before in or sent to another journal, are accepted for evaluation.

Submitted manuscripts that pass preliminary control are scanned for plagiarism using iThenticate software. After plagiarism check, the eligible ones are evaluated by Editor-in-Chief for their originality, methodology, the importance of the subject covered and compliance with the journal scope. Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, sexual orientation, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors and ensures a fair double-blind peer review of the selected manuscripts.

The selected manuscripts are sent to at least two national/international referees for evaluation and publication decision is given by Editor-in-Chief upon modification by the authors in accordance with the referees' claims.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the Journal.

Reviewers' judgments must be objective. Reviewers' comments on the following aspects are expected while conducting the review.

- Does the manuscript contain new and significant information?
- Does the abstract clearly and accurately describe the content of the manuscript?
- Is the problem significant and concisely stated?
- Are the methods described comprehensively?
- Are the interpretations and conclusions justified by the results?
- Is adequate references made to other Works in the field?
- Is the language acceptable?

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees is important.

COPYRIGHT NOTICE

Authors publishing with Acta INFOLOGICA (ACIN) retain the copyright to their work, licensing it under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license that gives permission to copy and redistribute the material in any medium or format other than commercial purposes as well as remix, transform and build upon the material by providing appropriate credit to the original work.

INFORMATION FOR AUTHORS

PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE STATEMENT

Acta INFOLOGICA (ACIN) is committed to upholding the highest standards of publication ethics and pays regard to Principles of Transparency and Best Practice in Scholarly Publishing published by the Committee on Publication Ethics (COPE), the Directory of Open Access Journals (DOAJ), to access the Open Access Scholarly Publishers Association (OASPA), and the World Association of Medical Editors (WAME) on <https://publicationethics.org/resources/guidelines-new/principles-transparency-and-best-practice-scholarly-publishing>. All parties involved in the publishing process (Editors, Reviewers, Authors and Publishers) are expected to agree on the following ethical principles.

All submissions must be original, unpublished (including as full text in conference proceedings), and not under the review of any other publication synchronously. Each manuscript is reviewed by one of the editors and at least two referees under double-blind peer review process. Plagiarism, duplication, fraud authorship/denied authorship, research/data fabrication, salami slicing/salami publication, breaching of copyrights, prevailing conflict of interest are unethical behaviors.

All manuscripts not in accordance with the accepted ethical standards will be removed from the publication. This also contains any possible malpractice discovered after the publication. In accordance with the code of conduct we will report any cases of suspected plagiarism or duplicate publishing.

RESEARCH ETHICS

Acta INFOLOGICA (ACIN) adheres to the highest standards in research ethics and follows the principles of international research ethics as defined below. The authors are responsible for the compliance of the manuscripts with the ethical rules.

- Principles of integrity, quality and transparency should be sustained in designing the research, reviewing the design and conducting the research.
- The research team and participants should be fully informed about the aim, methods, possible uses and requirements of the research and risks of participation in research.
- The confidentiality of the information provided by the research participants and the confidentiality of the respondents should be ensured. The research should be designed to protect the autonomy and dignity of the participants.
- Research participants should participate in the research voluntarily, not under any coercion.
- Any possible harm to participants must be avoided. The research should be planned in such a way that the participants are not at risk.
- The independence of research must be clear; and any conflict of interest or must be disclosed.
- In experimental studies with human subjects, written informed consent of the participants who decide to participate in the research must be obtained. In the case of children and those under wardship or with confirmed insanity, legal custodian's assent must be obtained.
- If the study is to be carried out in any institution or organization, approval must be obtained from this institution or organization.
- In studies with human subject, it must be noted in the method's section of the manuscript that the informed consent of the participants and ethics committee approval from the institution where the study has been conducted have been obtained.

AUTHOR RESPONSIBILITIES

It is authors' responsibility to ensure that the article is in accordance with scientific and ethical standards and rules. And authors must ensure that submitted work is original. They must certify that the manuscript has not previously been published elsewhere or is not currently being considered for publication elsewhere, in any language. Applicable copyright laws and conventions must be followed. Copyright material (e.g. tables, figures or extensive quotations) must be reproduced only with appropriate permission and acknowledgement. Any work or words of other authors, contributors, or sources must be appropriately credited and referenced.

All the authors of a submitted manuscript must have direct scientific and academic contribution to the manuscript. The author(s) of the original research articles is defined as a person who is significantly involved in "conceptualization and design of the study", "collecting the data", "analyzing the data", "writing the manuscript", "reviewing the manuscript with a critical perspective" and "planning/conducting the study of the manuscript and/or revising it". Fund raising, data collection or supervision of the research group are not sufficient roles to be accepted as an author. The author(s) must meet all these criteria described above. The order of names in the author list of an article must be a co-decision and it must be indicated in the Copyright Transfer Form. The individuals who do not meet the authorship criteria but contributed to the study must take place in the acknowledgement section. Individuals providing technical support, assisting writing, providing a general support, providing material or financial support are examples to be indicated in acknowledgement section.

INFORMATION FOR AUTHORS

All authors must disclose all issues concerning financial relationship, conflict of interest, and competing interest that may potentially influence the results of the research or scientific judgment.

When an author discovers a significant error or inaccuracy in his/her own published paper, it is the author's obligation to promptly cooperate with the Editor to provide retractions or corrections of mistakes.

RESPONSIBILITY FOR THE EDITOR AND REVIEWERS

Editor-in-Chief evaluates manuscripts for their scientific content without regard to ethnic origin, gender, sexual orientation, citizenship, religious belief or political philosophy of the authors. He/She provides a fair double-blind peer review of the submitted articles for publication and ensures that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential before publishing.

Editor-in-Chief is responsible for the contents and overall quality of the publication. He/She must publish errata pages or make corrections when needed.

Editor-in-Chief does not allow any conflicts of interest between the authors, editors and reviewers. Only he has the full authority to assign a reviewer and is responsible for final decision for publication of the manuscripts in the Journal.

Reviewers must have no conflict of interest with respect to the research, the authors and/or the research funders. Their judgments must be objective.

Reviewers must ensure that all the information related to submitted manuscripts is kept as confidential and must report to the editor if they are aware of copyright infringement and plagiarism on the author's side.

A reviewer who feels unqualified to review the topic of a manuscript or knows that its prompt review will be impossible should notify the editor and excuse himself from the review process.

The editor informs the reviewers that the manuscripts are confidential information and that this is a privileged interaction. The reviewers and editorial board cannot discuss the manuscripts with other persons. The anonymity of the referees must be ensured. In particular situations, the editor may share the review of one reviewer with other reviewers to clarify a particular point.

MANUSCRIPT ORGANIZATION

LANGUAGE

The language of the journal is both Turkish and American English.

Manuscript Organization and Submission

All correspondence will be sent to the first-named author unless otherwise specified. Manuscript is to be submitted online via <http://dergipark.gov.tr/login> that can be accessed at <http://acin.istanbul.edu.tr> and it must be accompanied by a title page specifying the article category (i.e. research article, review etc.) and including information about the manuscript (see the Submission Checklist) and cover letter to the editor. Manuscripts should be prepared in Microsoft Word 2003 and upper versions. In addition, Copyright Transfer Form that has to be signed by all authors must be submitted.

1. Use ACIN article document as a template if you are using Microsoft Word 6.0 or upper versions. Otherwise, use this document as an instruction set.
 2. The first letters of words in the article title should be written in uppercase; the entire title should not be capitalized. Avoid writing formulas in the title. Do not write "(Invited)" or similar expressions in the title.
 3. The abstract must be between 150–250 words and written as one paragraph. It should not contain displayed mathematical equations or tabular material. The abstract should include three or four different keywords or phrases, as this will help readers to find it. It is important to avoid over-repetition of such phrases as this can result in a page being rejected by search engines. Ensure that your abstract reads well and is grammatically correct.
 4. Underneath the abstracts, 3 keywords that inform the reader about the content of the study should be specified. Keywords must be defined by taking into consideration authorities like "TR Dizin Anahtar Terimler Listesi", "Medical Subject Headings", "CAB
-

INFORMATION FOR AUTHORS

Theasarus”, “JISCT, “ERIC”, etc.

5. The manuscripts should contain mainly these components: title, abstract and keywords; sections, references, tables and figures.
6. A title page including author information must be submitted together with the manuscript. The title page is to include fully descriptive title of the manuscript and, affiliation, title, e-mail address, ORCID, postal address, phone, mobile phone and fax number of the author(s) (see The Submission Checklist).
7. References should be prepared as APA 6th edition.

REFERENCES

Reference Style and Format

Acta INFOLOGICA (ACIN) complies with APA (American Psychological Association) style 6th Edition for referencing and quoting. For more information:

- American Psychological Association. (2010). Publication manual of the American Psychological Association (6th ed.). Washington, DC: APA.
- <http://www.apastyle.org>

Accuracy of citation is the author’s responsibility. All references should be cited in text. Reference list must be in alphabetical order. Type references in the style shown below.

Citations in the Text

Citations must be indicated with the author surname and publication year within the parenthesis.

If more than one citation is made within the same paranthesis, separate them with (;).

Samples:

More than one citation;

(Esin, et al., 2002; Karasar, 1995)

Citation with one author;

(Akyolcu, 2007)

Citation with two authors;

(Saymer & Demirci, 2007)

Citation with three, four, five authors;

First citation in the text: (Ailen, Ciembrune, & Welch, 2000) Subsequent citations in the text: (Ailen, et al., 2000)

Citations with more than six authors;

(Çavdar, et al., 2003)

Citations in the Reference

All the citations done in the text should be listed in the References section in alphabetical order of author surname without numbering. Below given examples should be considered in citing the references.

Basic Reference Types

Book

a) Turkish Book

Karasar, N. (1995). *Araştırmalarda rapor hazırlama* (8th ed.) [Preparing research reports]. Ankara, Turkey: 3A Eğitim Danışmanlık Ltd.

b) Book Translated into Turkish

Mucchielli, A. (1991). *Zihniyetler* [Mindsets] (A. Kotil, Trans.). İstanbul, Turkey: İletişim Yayınları.

c) Edited Book

Ören, T., Üney, T., & Çölkesen, R. (Eds.). (2006). *Türkiye bilişim ansiklopedisi* [Turkish Encyclopedia of Informatics]. İstanbul, Turkey: Papatya Yayıncılık.

d) Turkish Book with Multiple Authors

Tonta, Y., Bitirim, Y., & Sever, H. (2002). *Türkçe arama motorlarında performans değerlendirme* [Performance evaluation in Turkish search engines]. Ankara, Turkey: Total Bilişim.

e) Book in English

Kamien R., & Kamien A. (2014). *Music: An appreciation*. New York, NY: McGraw-Hill Education.

f) Chapter in an Edited Book

Bassett, C. (2006). Cultural studies and new media. In G. Hall & C. Birchall (Eds.), *New cultural studies: Adventures in theory* (pp. 220–237). Edinburgh, UK: Edinburgh University Press.

INFORMATION FOR AUTHORS

g) Chapter in an Edited Book in Turkish

Erkmen, T. (2012). Örgüt kültürü: Fonksiyonları, öğeleri, işletme yönetimi ve liderlikteki önemi [Organization culture: Its functions, elements and importance in leadership and business management]. In M. Zencirkiran (Ed.), *Örgüt sosyolojisi* [Organization sociology] (pp. 233–263). Bursa, Turkey: Dora Basım Yayın.

h) Book with the same organization as author and publisher

American Psychological Association. (2009). *Publication manual of the American psychological association* (6th ed.). Washington, DC: Author.

Article

a) Turkish Article

Mutlu, B., & Savaşer, S. (2007). Çocuğu ameliyat sonrası yoğun bakımda olan ebeveynlerde stres nedenleri ve azaltma girişimleri [Source and intervention reduction of stress for parents whose children are in intensive care unit after surgery]. *Istanbul University Florence Nightingale Journal of Nursing*, 15(60), 179–182.

b) English Article

de Cillia, R., Reisigl, M., & Wodak, R. (1999). The discursive construction of national identity. *Discourse and Society*, 10(2), 149–173. <http://dx.doi.org/10.1177/0957926599010002002>

c) Journal Article with DOI and More Than Seven Authors

Lal, H., Cunningham, A. L., Godeaux, O., Chlibek, R., Diez-Domingo, J., Hwang, S.-J. ... Heineman, T. C. (2015). Efficacy of an adjuvanted herpes zoster subunit vaccine in older adults. *New England Journal of Medicine*, 372, 2087–2096. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1501184>

d) Journal Article from Web, without DOI

Sidani, S. (2003). Enhancing the evaluation of nursing care effectiveness. *Canadian Journal of Nursing Research*, 35(3), 26–38. Retrieved from <http://cjunr.mcgill.ca>

e) Journal Article with DOI

Turner, S. J. (2010). Website statistics 2.0: Using Google Analytics to measure library website effectiveness. *Technical Services Quarterly*, 27, 261–278. <http://dx.doi.org/10.1080/07317131003765910>

f) Advance Online Publication

Smith, J. A. (2010). Citing advance online publication: A review. *Journal of Psychology*. Advance online publication. <http://dx.doi.org/10.1037/a45d7867>

g) Article in a Magazine

Henry, W. A., III. (1990, April 9). Making the grade in today's schools. *Time*, 135, 28–31.

Doctoral Dissertation, Master's Thesis, Presentation, Proceeding

a) Dissertation/Thesis from a Commercial Database

Van Brunt, D. (1997). *Networked consumer health information systems* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses database. (UMI No. 9943436)

b) Dissertation/Thesis from an Institutional Database

Yaylalı-Yıldız, B. (2014). *University campuses as places of potential publicness: Exploring the politicals, social and cultural practices in Ege University* (Doctoral dissertation). Retrieved from <http://library.iyte.edu.tr/hizli-erisim/iyte-tez-portali>

c) Dissertation/Thesis from Web

Tonta, Y. A. (1992). *An analysis of search failures in online library catalogs* (Doctoral dissertation, University of California, Berkeley). Retrieved from <http://yunus.hacettepe.edu.tr/~tonta/yayinlar/phd/ickapak.html>

d) Dissertation/Thesis abstracted in Dissertations Abstracts International

Appelbaum, L. G. (2005). Three studies of human information processing: Texture amplification, motion representation, and figure-ground segregation. *Dissertation Abstracts International: Section B. Sciences and Engineering*, 65(10), 5428.

e) Symposium Contribution

Krinsky-McHale, S. J., Zigman, W. B., & Silverman, W. (2012, August). Are neuropsychiatric symptoms markers of prodromal Alzheimer's disease in adults with Down syndrome? In W. B. Zigman (Chair), *Predictors of mild cognitive impairment, dementia, and mortality in adults with Down syndrome*. Symposium conducted at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

f) Conference Paper Abstract Retrieved Online

Liu, S. (2005, May). *Defending against business crises with the help of intelligent agent based early warning solutions*. Paper presented at the Seventh International Conference on Enterprise Information Systems, Miami, FL. Abstract retrieved from http://www.iccis.org/iccis2005/abstracts_2005.htm

g) Conference Paper - In Regularly Published Proceedings and Retrieved Online

Herculano-Houzel, S., Collins, C. E., Wong, P., Kaas, J. H., & Lent, R. (2008). The basic nonuniformity of the cerebral cortex. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 12593–12598. <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.0805417105>

h) Proceeding in Book Form

INFORMATION FOR AUTHORS

Parsons, O. A., Pryzwansky, W. B., Weinstein, D. J., & Wiens, A. N. (1995). Taxonomy for psychology. In J. N. Reich, H. Sands, & A. N. Wiens (Eds.), *Education and training beyond the doctoral degree: Proceedings of the American Psychological Association National Conference on Postdoctoral Education and Training in Psychology* (pp. 45–50). Washington, DC: American Psychological Association.

i) Paper Presentation

Nguyen, C. A. (2012, August). *Humor and deception in advertising: When laughter may not be the best medicine*. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Orlando, FL.

Other Sources

a) Newspaper Article

Browne, R. (2010, March 21). This brainless patient is no dummy. *Sydney Morning Herald*, 45.

b) Newspaper Article with no Author

New drug appears to sharply cut risk of death from heart failure. (1993, July 15). *The Washington Post*, p. A12.

c) Web Page/Blog Post

Bordwell, D. (2013, June 18). David Koepp: Making the world movie-sized [Web log post]. Retrieved from <http://www.davidbordwell.net/blog/page/27/>

d) Online Encyclopedia/Dictionary

Ignition. (1989). In *Oxford English online dictionary* (2nd ed.). Retrieved from <http://dictionary.oed.com>

Marcoux, A. (2008). Business ethics. In E. N. Zalta (Ed.). *The Stanford encyclopedia of philosophy*. Retrieved from <http://plato.stanford.edu/entries/ethics-business/>

e) Podcast

Dunning, B. (Producer). (2011, January 12). *inFact: Conspiracy theories* [Video podcast]. Retrieved from <http://itunes.apple.com/>

f) Single Episode in a Television Series

Egan, D. (Writer), & Alexander, J. (Director). (2005). Failure to communicate. [Television series episode]. In D. Shore (Executive producer), *House*; New York, NY: Fox Broadcasting.

g) Music

Fuchs, G. (2004). Light the menorah. On *Eight nights of Hanukkah* [CD]. Brick, NJ: Kid Kosher.

SUBMISSION CHECKLIST

Ensure that the following items are present:

- Cover letter to the editor
 - The category of the manuscript
 - Confirming that “the paper is not under consideration for publication in another journal”.
 - Including disclosure of any commercial or financial involvement.
 - Confirming that last control for fluent English was done.
 - Confirming that journal policies detailed in Information for Authors have been reviewed.
 - Confirming that the references cited in the text and listed in the references section are in line with APA 6.
 - Copyright Transfer Form
 - Permission of previous published material if used in the present manuscript
 - Title page
 - The category of the manuscript
 - The title of the manuscript
 - All authors’ names and affiliations (institution, faculty/department, city, country),
 - e-mail addresses
 - Corresponding author’s email address, full postal address, telephone and fax number
 - ORCIDs of all authors.
 - Main Manuscript Document
 - The title of the manuscript
 - Abstract (150-250 words)
 - Key words: 3 words
 - Grant support (if exists)
 - Conflict of interest (if exists)
 - Acknowledgement (if exists)
 - References
 - All tables, illustrations (figures) (including title, explanation, captions)
-

TELİF HAKKI DEVİR FORMU / COPYRIGHT TRANSFER FORM



Acta INFOLOGICA

Istanbul University
İstanbul Üniversitesi

Copyright Agreement Form
Telif Hakkı Anlaşması Formu

Responsible/Corresponding Author <i>Sorumlu Yazar</i>	
Title of Manuscript <i>Makalenin Başlığı</i>	
Acceptance date <i>Kabul Tarihi</i>	
List of authors <i>Yazarların Listesi</i>	

Sıra No	Name - Surname Adı-Soyadı	E-mail E-Posta	Signature İmza	Date Tarih
1				
2				
3				
4				
5				

Manuscript Type (Research Article, Review, Short communication, etc.) <i>Makalenin türü (Araştırma makalesi, Derleme, Kısa bildiri, v.b.)</i>
Responsible/Corresponding Author: <i>Sorumlu Yazar:</i>

University/company/institution	<i>Çalıştığı kurum</i>	
Address	<i>Posta adresi</i>	
E-mail	<i>E-posta</i>	
Phone; mobile phone	<i>Telefon no; GSM no</i>	

The author(s) agrees that:
The manuscript submitted is his/her/their own original work, and has not been plagiarized from any prior work, all authors participated in the work in a substantive way, and are prepared to take public responsibility for the work, all authors have seen and approved the manuscript as submitted, the manuscript has not been published and is not being submitted or considered for publication elsewhere, the text, illustrations, and any other materials included in the manuscript do not infringe upon any existing copyright or other rights of anyone. İSTANBUL UNIVERSITY will publish the content under Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0) license that gives permission to copy and redistribute the material in any medium or format other than commercial purposes as well as remix, transform and build upon the material by providing appropriate credit to the original work. The Contributor(s) or, if applicable the Contributor's Employer, retain(s) all proprietary rights in addition to copyright, patent rights; to use, free of charge, all parts of this article for the author's future works in books, lectures, classroom teaching or oral presentations, the right to reproduce the article for their own purposes provided the copies are not offered for sale. All materials related to manuscripts, accepted or rejected, including photographs, original figures etc., will be kept by İSTANBUL UNIVERSITY for one year following the editor's decision. These materials will then be destroyed. I/We indemnify İSTANBUL UNIVERSITY and the Editors of the Journals, and hold them harmless from any loss, expense or damage occasioned by a claim or suit by a third party for copyright infringement, or any suit arising out of any breach of the foregoing warranties as a result of publication of my/our article. I/We also warrant that the article contains no libelous or unlawful statements, and does not contain material or instructions that might cause harm or injury. This Copyright Agreement Form must be signed/ratified by all authors. Separate copies of the form (completed in full) may be submitted by authors located at different institutions; however, all signatures must be original and authenticated.

Yazar(lar) aşağıdaki hususları kabul eder
Sunulan makalenin yazar(lar)ın orijinal çalışması olduğunu ve intihal yapmadıklarını, Tüm yazarların bu çalışmaya aslı olarak katılmış olduklarını ve bu çalışma için her türlü sorumluluğu aldıklarını, Tüm yazarların sunulan makalenin son halini gördüklerini ve onayladıklarını, Makalenin başka bir yerde basılmadığını veya basılmak için sunulmadığını, Makalede bulunan metnin, şekillerin ve dokümanların diğer şahıslara ait olan Telif Haklarını ihlal etmediğini kabul ve taahhüt ederler. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ'nin bu fikri eseri, Creative Commons Atf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı ile yayınlamasına izin verirler. Creative Commons Atf-GayriTicari 4.0 Uluslararası (CC BY-NC 4.0) lisansı, eserin ticari kullanım dışında her boyut ve formatta paylaşılmasına, kopyalanmasına, çoğaltılmasına ve orijinal esere uygun şekilde atıfta bulunmak kaydıyla yeniden düzenleme, dönüştürme ve eserin üzerine inşa etme dâhil adapte edilmesine izin verir. Yazar(lar)ın veya varsa yazar(lar)ın işvereninin telif dâhil patent hakları, yazar(lar)ın gelecekte kitaplarında veya diğer çalışmalarında makalenin tümünü ücret ödemeksizin kullanma hakkı makaleyi satmamak koşuluyla kendi amaçları için çoğaltma hakkı gibi fikri mülkiyet hakları saklıdır. Yayımlanan veya yayıma kabul edilmeyen makalelerle ilgili dokümanlar (fotoğraf, orijinal şekil vb.) karar tarihinden başlamak üzere bir yıl süreyle İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ'nce saklanır ve bu sürenin sonunda imha edilir. Ben/Biz, telif hakkı ihlali nedeniyle üçüncü şahıslarla vuku bulacak hak talebi veya açılacak davalarda İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ ve Dergi Editörlerinin hiçbir sorumluluğunun olmadığını, tüm sorumluluğun yazarlara ait olduğunu taahhüt ederim/ederiz. Ayrıca Ben/Biz makalede hiçbir suç unsuru veya kanuna aykırı ifade bulunmadığını, araştırma yapılırken kanuna aykırı herhangi bir malzeme ve yöntem kullanılmadığını taahhüt ederim/ederiz. Bu Telif Hakkı Anlaşması Formu tüm yazarlar tarafından imzalanmalıdır/onaylanmalıdır. Form farklı kurumlarda bulunan yazarlar tarafından ayrı kopyalar halinde doldurularak sunulabilir. Ancak, tüm imzaların orijinal veya kanıtlanabilir şekilde onaylı olması gerekir.

Responsible/Corresponding Author; <i>Sorumlu Yazar;</i>	Signature / İmza	Date / Tarih
	/...../.....

