

Ejosat

Özel Sayı/Special Issue (ISMSIT)

Kasım/November 2020

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ
EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Dergi Sahibi

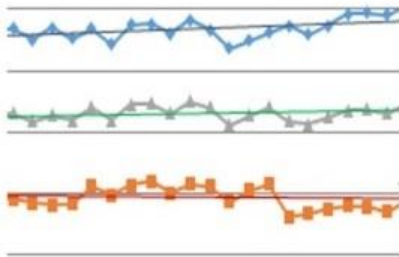
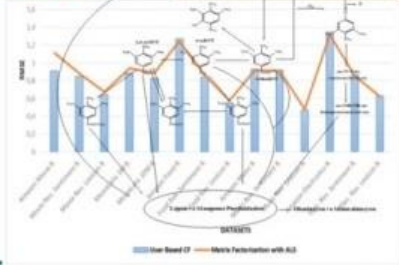
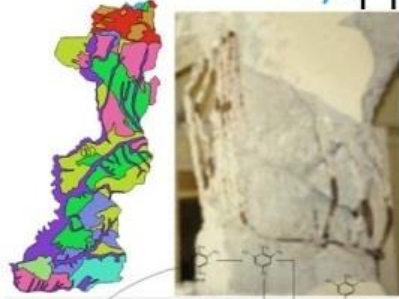
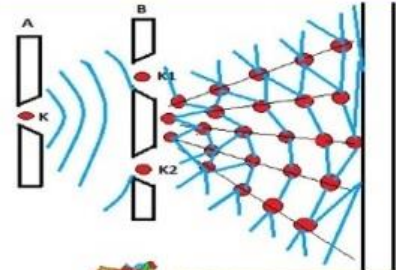
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Editörler

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Yıldız Teknik Üniversitesi



Başta TR Dizin olmak üzere, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services ve Google Scholar gibi indekslerde taranmaktadır.

TRDIZIN



INDEX COPERNICUS
INTERNATIONAL

Google
scholar



Dergi Sekreteri ve İletişim Bilgileri
Abdulkadir ŞAHİNER

E-posta: ejosat@outlook.com

Web Adresi: www.ejosat.com.tr

EJOSAT dergisi hakemli bir dergi olup, senede Mart, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere 3 kez yayımlanmaktadır.

www.ejosat.com

ISSN: 2148 - 2683

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ

EUROPEN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Ejosat Özel Sayı 2020 (ISMSIT)/ Ejosat Special Issue 2020 (ISMSIT) İÇİNDEKİLER LİSTESİ

- A Hybrid Multicriteria Decision Approach for Industrial Robot Selection / Sayfalar : 1-9
Dr. Öğr. Üyesi Mehmet ŞAHİN
- Security Risks and Safeguard Measures in Social Media Usage / Sayfalar : 10-15
Yrd. Doç. İlker KARA
- Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi / Sayfalar : 16-27
Mehmet ERDEM
- Soğutma Sistemlerindeki Soğutucu Akışkan Kaçak Tespiti İçin Kızılötesi Görüntüler Üzerinde Pearson Korelasyon Benzerlik Analiz Yönteminin Kullanılması / Sayfalar : 28-36
Dr. Ferzan KATIRCIOĞLU, Zafer CİNGİZ, Yusuf ÇAY, Ali GÜREL, Ahmet KOLİP
- Analysis and Evaluation of Multicast Video Streaming Over IEEE 802.11n/ac / Sayfalar : 37-42
Dr. Berna BULUT
- Pace Regresyon Algoritması İle Kaynama Isı Transferinde Isı Akısının Modellenmesi / Sayfalar : 43-49
Dr. Öğretim Görevlisi Erdem ALIÇ, Yrd. Doç. Dr. Mehmet DAŞ
- Independent Joint Control Simulations on Adaptive Maneuvering of a Magnetotactic Bacterium via a Single Permanent Magnet / Sayfalar : 50-59
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Fatih TABAK
- U-Net ile Çekirdek Segmentasyonunda Hiper Parametre Optimizasyonu Etkisinin Değerlendirilmesi / Sayfalar : 60-69
Doktora Furkan ATLAN, Dr. Öğr. Üyesi Emrah HANÇER, Dr. Öğr. Üyesi İhsan PENÇE
- Development of a SIM Card based Key Management System / Sayfalar : 70-77
Dr. Öğr. Üyesi Büşra ÖZDENİZCİ KÖSE, Cem ÇEVİKBAŞ, Hacı Ali MANTAR, Vedat COŞKUN
- Trapez Yutucu Plakalı Bir Havalı Güneş Kolektörünün Deneysel Tasarımı ve Sayısal Analizi / Sayfalar : 78-88
Dr. Öğretim Görevlisi Erdem ALIÇ, Yrd. Doç. Dr. Mehmet DAŞ
- Processing and Characterization of Sepiolite Clay Containing Composites for Organic Brake Pad Application / Sayfalar : 89-94
Bora ORAL, Yrd. Doç. Dr. Şerife AKKOYUN
- Histopatoloji Görüntülerde Derin Öğrenme Yöntemleri ile Çekirdek Segmentasyonu / Sayfalar : 95-102
Yüksek Lisans Ertuğrul MENTEŞE, Dr. Emrah HANÇER
- Ses Telleri Görüntülerinde Otomatik Piksel Tabanlı Sınıflandırma için Performans Ölçütlerinin İncelenmesi / Sayfalar : 103-110
Yüksek Lisans Ayşenur YILMAZ, Yüksek Lisans Yaşar Said DERMİMAN, Dr. Öğr. Üyesi Turgay KOÇ
- Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri Kullanılarak Cinsiyet Belirleme / Sayfalar : 111-120
Ersin ÖZTÜRK, Doç. Dr. Çetin KURNAZ
- Effect of Processing Conditions on the Electrospinning Behavior of Polyvinylpyrrolidone with Lower Toxicity Solvents / Sayfalar : 121-128
Nurcan ŞENOL, Yrd. Doç. Dr. Şerife AKKOYUN
- Mikrodalga Görüntüleme Sistemleri için Mikroşerit Anten Tasarımı / Sayfalar : 129-137
Mustafa MUTLU, Doç. Dr. Çetin KURNAZ
- Thermal Transition and Mechanical Properties of Magnetite and Wollastonite Filled Rigid Polyurethane Foams / Sayfalar : 138-145
Yüksek Lisans Doğan Berkay ALTINEL, Dr. Öğr. Üyesi Meral AKKOYUN
- Supervisory Controller Design for Reactive Power Compensation / Sayfalar : 146-154
Dr. Öğr. Üyesi Ayetül GELEN, Doç. Dr. Gökhan GELEN, Arş. Gör. Aykut BIÇAK
- Yapay Sinir Ağları ile Sıvı Ham Demir Tahmini ve 5.Yüksek Fırın Uygulaması / Sayfalar : 155-162
Ertan KÖPRÜ, Yrd. Doç. Dr. Caner ÖZCAN

- Ters Sarkaç Sistemi İçin LQR Kontrolcü Tasarımında Genetik Algoritma Optimizasyonu / Sayfalar : 163-171
Arş. Gör. Mehmet Tayyip ÖZDEMİR, Arş. Gör. Muhammet Mevlüt KARACA, Arş. Gör. Ali Tahir KARAŞAHİN
- Analysis of Communication Time Delayed Automatic Generation Control via SMA with 2 DOF PIADμ Controller for Interconnected Power System / Sayfalar : 172-180
Arş. Gör. Mustafa SAKA, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim EKE, Prof. Dr. Cengiz TAPLAMACIOĞLU
- Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler / Sayfalar : 181-186
Yüksek Lisans Erkut YİĞİT, Doktora Ahmet Erdem ONER, Orçun YÖNTEM
- Twitter Platformunda Makine Öğrenmesi Algoritmalarıyla Cinsiyet ve İlgili Analizi / Sayfalar : 187-194
Yüksek Lisans Enes GÜNÇE, Dr. Öğr. Üyesi Aydın CARUS
- The Impacts of Mental and Physical Fatigue of Employees on the Perception Level and the Risk of Accident / Sayfalar : 195-205
Ahmet TASDELEN, Yrd. Doç. Dr. Alper ÖZPINAR
- Robust Image Watermarking using DWT, SVD, Chirp-z and LU Decomposition / Sayfalar : 206-214
Yrd. Doç. Dr. Mary AGOYI
- Filtre Tabanlı Nitelik Seçimi ve Topluluk Öğrenme Yaklaşımlarıyla Borsa İstanbul Enerji Endeksi Yön Tahmini / Sayfalar : 215-220
Dr. Öğr. Üyesi Hakan GÜNDÜZ
- Bir Tartım Otomasyonunda, Platform Tipi Yük Hücrelerinin, S-tipi Olarak Kullanılması / Sayfalar : 221-227
Dr. Öğr. Üyesi Ebubekir YAŞAR
- Glove Design Assistant With Hearing and Speech Difficulties / Sayfalar : 228-231
Fırat ORHANBULUCU, Dr. Öğr. Üyesi Reyhan ZENGİN, Ferhat KURT, Kemal KARADENİZ, Mustafa Emre ERGÜLEÇ
- Optimization of Surgical Schedules at a Specialist Hospital: A Case Application / Sayfalar : 232-239
Mehmet SAVSAR, Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Enis BULAK, Orkun KOZANOĞLU
- Edas ve Codas Yöntemiyle İstanbul İlinin Dış Ticaret Kapasitesinin İncelenmesi / Sayfalar : 240-248
Arş. Gör. Ecenur ALIOĞULLARI, Fatih TÜYSÜZ
- Metal-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT Sandviç Panellerin Eğilme Davranışlarının Deneysel Olarak Araştırılması / Sayfalar : 249-253
Dr. Öğr. Üyesi Berkant DİNDAR
- Model Investigation of Nonlinear Dynamical Systems by Sparse Identification / Sayfalar : 254-263
Doktora Nezir KADAH, Necdet Sinan ÖZBEK
- Atmosferik Sınır Tabakası Stabilitésinin Bina Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi / Sayfalar : 264-269
Yrd. Doç. Dr. Yiğit ALTAN
- A Study of Static and Dynamic Significance Weighting Multipliers on the Pearson Correlation for Collaborative Filtering / Sayfalar : 270-275
Arş. Gör. Savaş OKYAY, Arş. Gör. Sercan AYGÜN
- HPT Türevi UV Absorblayıcıların PET İplik ve Kumaşların UV Dayanımı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi / Sayfalar : 276-282
Doç. Dr. Serpil KOC, Yüksek Lisans Nimet DOĞMUŞ YILMAZ
- Recognizing Musical Notation Using Convolutional Neural Networks / Sayfalar : 283-290
Ahmad OTHMAN, Yrd. Doç. Dr. Cem DİREKOĞLU
- Person Re-Identification in Surveillance Videos using Deep Learning based Body Part Partition and Gaussian Filtering / Sayfalar : 291-296
Fatih AKSU, Yrd. Doç. Dr. Cem DİREKOĞLU
- Akciğer ve Prostat Kanseri için İlaç Yeniden Konumlandırmanın Uygulanması / Sayfalar : 297-304
Arş. Gör. Ali CÜVİTOĞLU, Zerrin IŞIK
- Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Yenilikçi Ekonomilere Yönelik Ampirik bir Analiz / Sayfalar : 305-312
Dr. Öğr. Üyesi Hicran KASA
- A Novel Agriculture Tracking System Using Data Mining Approaches / Sayfalar : 313-322
Asena Gökçe ALBAY, Dr. Yunus DOĞAN
- Personel İş Zekası Sistemi ve Veri Madenciliği ile Personel Memnuniyetinin Ölçülmesi / Sayfalar : 323-334
Yüksek Lisans Gizem ÇETİN, Dr. Öğr. Üyesi Ömer Özgür TANRIÖVER

Analysis of Effects of Some Factors on Performance of a Dental Clinic / Sayfalar : 335-344

Prof. Dr. Mehmet SAVSAR, Hasan ÇİÇEK

Rasch-based Assessment for Innovative Education Systems / Sayfalar : 345-352

Dr. Öğr. Üyesi Elif DÜLGER

Big Data Technology in Today's Education Systems: Learning Analytics / Sayfalar : 353-361

Dr. Öğr. Üyesi Elif DÜLGER

Blockchain-Based Data Security in Military Autonomous Systems / Sayfalar : 362-368

Yrd. Doç. Dr. Pelin ANGIN

Bir yönde perdeli 15 katlı yapının dinamik davranışının incelenmesi / Sayfalar : 369-380

Yrd. Doç. Dr. Muhammet Zeki ÖZYURT, Yüksek Lisans Abdullah HAYVALI

Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Birincil Enerji Arzı Yönünden Değerlendirilmesi / Sayfalar : 381-385

Dr. Öğr. Üyesi Melis ALPASLAN TAKAN, Prof. Dr. Suheyla YEREL KANDEMİR

Futbol Müsabakaları ile İlgili Tweetlerin Anlık Duygu Analizi / Sayfalar : 386-396

Yüksek Lisans Rıza KORKUSUZ, Dr. Öğr. Üyesi Aydın CARUS

Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları İle Demir Çelik Endüstrisinde İş Kazaları Üzerine Bir Uygulama / Sayfalar : 397-407

Neslihan KÖSE, Filiz ERSÖZ

Design of 24-28 GHz band 5G Antenna Based on Symmetrically Located Circular Gaps / Sayfalar : 408-411

Hurrem ÖZPINAR, Hüseyin Sinan AKŞİMŞEK



A Hybrid Multicriteria Decision Approach for Industrial Robot Selection

Mehmet Şahin^{1*}

¹ Department of Industrial Engineering, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Turkey (ORCID: 0000-0001-7078-7396)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818275)

ATIF/REFERENCE: Şahin, M. (2020). A Hybrid Multicriteria Decision Approach for Industrial Robot Selection. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 1-9.

Abstract

Numerous manufacturing companies worldwide have widely adopted industrial robots due to their advantages, such as increased efficiency and profitability. Robots with numerous features and abilities are available for a wide variety of applications. They can handle numerous tasks in various industrial applications, including welding, assembly, material handling, loading, and painting. The selection of a robot for a particular application is a multifaceted task due to its complexity, advanced features, and facilities. The decision-maker needs to choose the most suitable robot, taking into account the various features, maximizing benefits, and minimizing costs. In this context, the main objective of this study is to present an integrated multiple criteria decision analysis (MCDA) approach for industrial robot selection. The selection of the optimal robot is conducted based on three weighting methods, namely standard deviation (SD), mean weight (MW), and Shannon entropy, and three MCDA methods, namely additive ratio assessment (ARAS), simple additive weighting (SAW), and weighted product method (WPM). The objective weighting methods, SD, MW, and Shannon entropy, are adopted to eliminate subjective evaluations while determining attribute weights. Using the output of each weighting method as the input of each MCDA method, nine different ranking models are developed. The correlation between all models is examined through Kendall's correlation coefficients. The results of all method pairs are integrated through the Borda method to reach a final consensus ranking. The results indicate that the proposed hybrid approach can be utilized successfully for the purpose of the present study, and ARAS is the most robust method.

Keywords: Industrial robots, Robot selection, Multi-attribute decision making, Borda, Additive ratio assessment.

Endüstriyel Robot Seçiminde Hibrit Çok Kriterli Karar Yaklaşımı

Öz

Dünya çapında çok sayıda imalat şirketi, artan verimlilik ve karlılık gibi avantajları nedeniyle endüstriyel robotları yaygın olarak benimsemiştir. Çok çeşitli uygulamalar için çok sayıda özellik ve beceriye sahip robotlar mevcuttur. Bunlar kaynak, montaj, malzeme taşıma, yükleme ve boyama dahil olmak üzere çeşitli endüstriyel uygulamalarda çok sayıda görevi yerine getirebilirler. Belirli bir uygulama için robot seçimi, karmaşıklığı, gelişmiş özellikleri ve olanakları nedeniyle çok yönlü bir görevdir. Karar vericinin, çeşitli özellikleri dikkate alarak, faydaları en üst düzeye çıkararak ve maliyetleri en aza indirerek en uygun robotu seçmesi gerekir. Bu bağlamda, bu çalışmanın temel amacı, endüstriyel robot seçimi için bir hibrit çok kriterli karar analizi yaklaşımı sunmaktır. Optimal robot seçimi, standart sapma (SD), ortalama ağırlık (MW) ve Shannon entropisi olmak üzere üç ağırlıklandırma yöntemine ve üç çok kriterli karar verme yöntemine, yani ARAS (additive ratio assessment), SAW (simple additive weighting) ve WPM (weighted product method) dayalı olarak gerçekleştirilir. Kriter ağırlıklarını belirlerken öznal değerlendirmeleri ortadan kaldırmak için nesnel ağırlıklandırma yöntemleri, SD, MW ve Shannon entropisi benimsenmiştir. Her bir MCDA yönteminin girdisi olarak her ağırlıklandırma yönteminin çıktısını kullanarak, dokuz farklı sıralama modeli geliştirilmiştir. Tüm modeller arasındaki korelasyon, Kendall'in korelasyon katsayıları ile incelenmektedir. Tüm yöntem çiftlerinin sonuçları, nihai bir fikir birliği sıralamasına ulaşmak için Borda yöntemiyle entegre edilir. Sonuçlar, önerilen hibrit yaklaşımın bu çalışmanın amacı için başarıyla kullanılabileceğini ve ARAS'ın en tutarlı yöntem olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstriyel robotlar, Robot seçimi, Çok kriterli karar verme, Borda, ARAS.

* Corresponding Author: Department of Industrial Engineering, Iskenderun Technical University, 31200 Iskenderun, Turkey (ORCID: 0000-0001-7078-7396) mehmet.sahin@simon.rochester.edu

1. Introduction

The advancement of technology and the developments in engineering have been the triggering sources of the increasing use of industrial robots in different advanced manufacturing processes. Industrial robots are defined as programmable in three or more axes, automatically controlled, multipurpose machine, and reprogrammable (International Organization for Standardization, 2012). These flexible features enable industrial robots to perform a variety of dangerous, complex, and repetitious tasks with high precision. Therefore, they are preferred for numerous processes, such as welding, assembly, disassembly, machine loading, material handling, spray painting, and finishing (Kumar & Garg, 2010; Ravipudi Venkata Rao, 2007).

Choosing the most suitable for a particular application area from a wide variety of robots available on the market is a critical decision in the manufacturing environment (Boubekri, Sahoui, & Lakrib, 1991; Breaz, Bologa, & Racz, 2017). A poor selection decision can lead to various catastrophic consequences, such as high costs and low productivity. Therefore, the decision-maker needs to determine alternative robots and choose the most appropriate robot to avoid such consequences and achieve the expected output with minimum cost and high productivity. In this context, multiple criteria decision analysis (MCDA) methods, which have been proven to produce practical solutions to numerous problems in various areas and help decision-makers to make fast and correct decisions, can also be used in the solution of this problem.

The MCDA methods have been successfully implemented for solving industrial robot selection problems. Chatterjee, Manikrao Athawale, and Chakraborty (2010) presented the multicriteria decision-making (MCDM) approach, which was based on the elimination and choice translating reality (ELECTRE) and visekriterijumsko kompromisno rangiranje (VIKOR). Fu, Li, Luo, and Huang (2019) introduced a group decision-making approach that involved four weighting methods, namely CRITIC, distance-based, Shannon entropy, and ideal point, and two MCDA methods, namely ELECTRE II and VIKOR. Nasrollahi, Ramezani, and Sadraei (2020) applied a subjective weighting method, fuzzy Best-Worst Method (BWM), and an MCDA method, PROMETHEE. Ali and Rashid (2020) presented an approach that was based on the BWM and group best-worst method (GBWM) and compared the results with the analytic hierarchy process (AHP) and group analytic hierarchy process (GAHP) methods. Athawale and Chakraborty (2011) utilized ten MCDM methods, namely AHP, the technique for order preference by similarity to ideal solution (TOPSIS), WPM, SAW, VIKOR, ELECTRE II, graph theory and matrix approach, grey relational analysis, range of value method, and preference ranking organization method for enrichment evaluation (PROMETHEE) II to reveal a comparative analysis. Narayanamoorthy, Geetha, Rakkiyappan, and Joo (2019) integrated the fuzzy entropy method with fuzzy VIKOR. Keshavarz Ghorabae (2016) proposed an extended version of the VIKOR technique for group decision-making.

The literature review reveals that the decision problem of industrial robot selection has been an important issue studied for years. Due to the importance and criticality of the decision, MCDA methods have been extensively preferred. As can be seen, various MCDA methods have been utilized; however, most of the studies utilized one MCDA method. Relying on the result of one MCDA method can be misleading due to the fact that the result is mostly dependent on attribute weights. It can be inferred that there is still a need for a systematic, integrated approach that help decision-makers while making their decision. In this context, unlike other studies, in this study, three weighting methods and three MCDA methods are integrated. By pairing each weighting and MCDA methods, various models are obtained. Then, integrating the outcome of each model through the Borda method, a final consensus is obtained. Thus, it is believed that a more tangible and reliable selection is provided.

The main contributions of the present study can be summarized as follows. First, the ARAS method is used for the industrial robot selection problem for the first time. Second, three weighting and three MCDA methods are used, and their results are analyzed. Thus, unlike most other studies conducted for the same problem, different model pairs are generated. Considering the fact that the results of the MCDA methods are dependent on the attribute weights, relying on one weighting and one MCDA method can be misleading. To avoid such problems and increase the accuracy of the result, it is essential to use more than one weighting and MCDA method, consider and integrate their results. Some models, such as SD-based SAW, WPM, and ARAS models, are implemented to the problem selected for the first time. Last, a novel hybrid approach, including SD, MW, Shannon entropy, ARAS, SAW, WPM, Kendall, and Borda methods, is presented for the industrial robot selection problem. This approach considers the results of different models and presents a final consensus of these models as the selection decision.

The remainder of the study is structured as follows. The following section presents the algorithms of the methods used and the description and implementation of the proposed methodology. Section 3 then illustrates the results of the analyses and presents the discussion. In the last section, conclusions and recommendations for future studies are presented.

2. Material and Method

The industrial robot selection problem is solved based on the integrated approach. In this context, three objective weighting methods, namely Shannon entropy, MW, and SD, three MCDA methods, namely ARAS, SAW, and WPM, and an integrating method, namely, Borda, are described in the following subsections. Then, the details of the proposed approach are presented.

2.1. Shannon Entropy

The concept of entropy, presented by Shannon (1948), is a measure of the uncertainty in information expressed by probability theory. Low entropy value indicates that the degree of disorder in the system is low, and the weight is high (Mohsen & Fereshteh, 2017). The procedure of this approach is explained in the following steps.

Step 1: The performance matrix is normalized using the following equations for benefit and cost attributes.

$$r_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^m a_{ij}} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (1)$$

$$r_{ij} = \frac{1/a_{ij}}{\sum_{i=1}^m (1/a_{ij})} \quad \text{for } i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

Step 2: Entropy values are obtained using the following equation.

$$e_j = -(\ln m)^{-1} \sum_{i=1}^m r_{ij} \ln r_{ij} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Step 3: The attribute weights are determined using the following equation.

$$w_j = \frac{1 - e_j}{(n - \sum_{j=1}^n e_j)} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

2.2. Mean Weight (MW)

MW is a simple weighting method in which all attributes are assumed to be equally important, so equal weights are assigned, as represented by the following equation.

$$w_j = \frac{1}{m}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (5)$$

2.3. Standard Deviation (SD)

Attribute weights are determined based on their standard deviations through Eq. 6.

$$w_j = \frac{\sigma_j}{\sum_{k=1}^m \sigma_k}, \quad j = 1, 2, \dots, m \quad (6)$$

2.4. Additive Ratio Assessment (ARAS)

Zavadskas and Turskis (2010) introduced ARAS as an MCDA method. The algorithm of the approach is described in the following steps.

Step 1. The performance matrix is normalized through the following equations. Eq. 7 is implemented for beneficial and Eq. 8 is for non-beneficial attributes, respectively.

$$r_{ij}^* = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=0}^m r_{ij}} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

$$r_{ij} = \frac{1}{r_{ij}^{**}}; r_{ij}^* = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=0}^m r_{ij}} \quad \text{for } j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

Step 2. Eq. 9 is implemented to obtain the weighted normalized decision matrix. The weights of criteria (w_1, w_2, \dots, w_n) are obtained through weighting methods (SD and Shannon entropy).

$$\hat{r}_{ij} = r_{ij}^* * w_j \quad \text{for } i = 0, 1, 2, \dots, m \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (9)$$

Step 3. The optimality function (S_i) is obtained via Eq. 10.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \hat{r}_{ij} \quad \text{for } i = 0, 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

Step 4. Finally, to rank alternatives, the utility degree is obtained. The utility degree (k_i) for the i th alternative is determined based on Eq. 11. The industrial robot with the highest utility degree is chosen as optimal.

$$k_i = \frac{S_i}{V_0} \quad \text{for } i = 0,1,2, \dots, m \quad (11)$$

where V_0 is the optimality value of S_i .

2.5. Simple Additive Weighting (SAW)

SAW is one of the simplest and most commonly used MCDM methods. It is also frequently preferred in comparison with other methods. In this method, the best alternative is determined based on Eq. 12. In the equation, the numbers of attributes and alternatives are denoted by n and m . Also, A_i indicates the score of the i th alternative, r_{ij} represents the value of the i th alternative based on the j th decision attribute, and w_j denotes the weight of the j th attribute. Once the scores for all alternatives are obtained, the alternative with the maximum total value is determined as the best.

$$A_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}w_j \quad \text{for } i = 1,2,3, \dots, m \quad (12)$$

2.6. Weighted Product Method (WPM)

The WPM is similar to the SAW method. The main difference is that the main mathematical operation is now multiplication instead of addition, as follows. w_j and r_{ij} were explained in the previous subsection.

$$WPM = \prod_{j=1}^n (r_{ij})^{w_j} \quad (13)$$

2.7. Application of the Proposed Approach

The proposed hybrid approach is summarized in Figure 1.

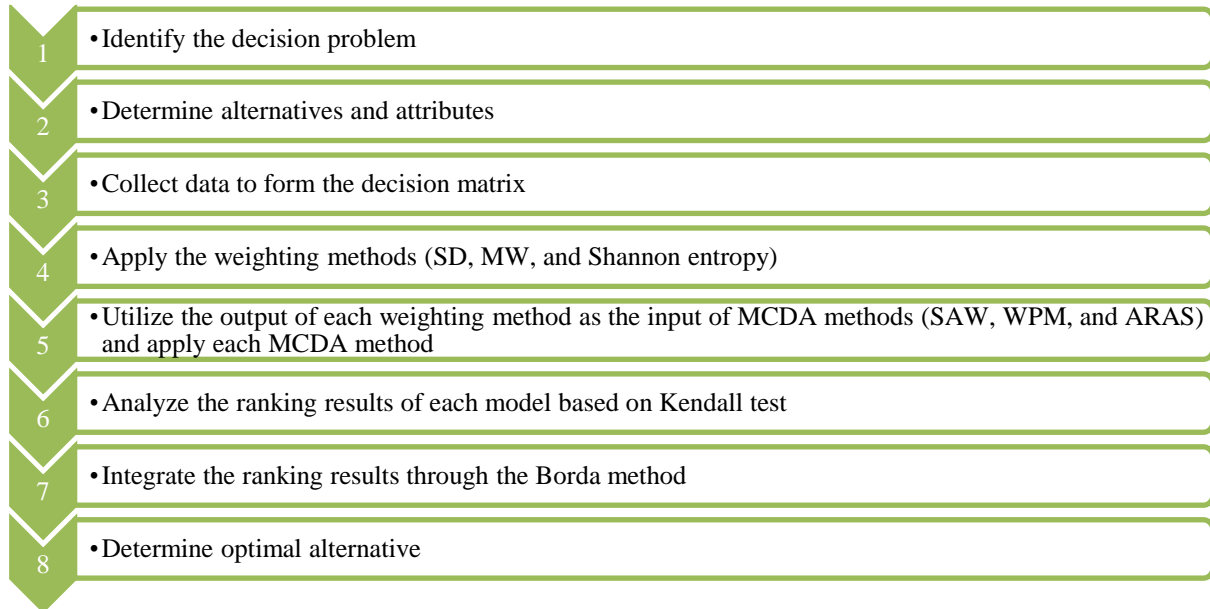


Figure 1. The steps of the proposed hybrid approach

The proposed integrated approach is implemented to solve the problem of industrial robot selection. First, the problem of the selection of the industrial robot is defined. Then, alternatives and attributes are identified. In this context, the evaluation of the industrial robot alternatives is made based on load capacity (kg), manipulator reach (mm), maximum tip speed (mm/sec), memory capacity (points or steps), and repeatability (mm). Load capacity (C1) refers to the maximum load that can be carried. Manipulator reach (C2) refers to the maximum distance traveled by the robotic manipulator to grip the object for a given pick and place operation. The maximum tip speed (C3) is the speed at which a robot can move in an inertial reference frame. The memory capacity (C4) of a robot is expressed in terms of the number of points or steps it can store in its memory as it moves along a predefined path. Repeatability (C5) is a measure of a robot's ability to return to the same position and orientation repeatedly. To be noted that load capacity, manipulator reach, memory capacity, and maximum tip speed are beneficial attributes, whereas repeatability is the cost attribute. Then, the data is collected to form

the decision matrix. In this study, the data drawn from the literature (Bhangale, Agrawal, & Saha, 2004) is included in implementing the proposed study (Table 1).

Table 1. The decision matrix data for the industrial robot selection problem (Bhangale et al., 2004)

Industrial Robot (IR)	Load capacity (C1)	Manipulator reach (C2)	Maximum tip speed (C3)	Memory capacity (C4)	Repeatability (C5)
ASEA-IRB 60/2 (IR1)	60	990	2540	500	0.4
Cincinnati Milacrone T ³ -726 (IR2)	6.35	1041	1016	3000	0.15
Cybotech V15 Electric Robot (IR3)	6.8	1676	1727.2	1500	0.1
Hitachi America Process Robot (IR4)	10	965	1000	2000	0.2
Unimation PUMA 500/600 (IR5)	2.5	915	560	500	0.1
United States Robots Maker 110 (IR6)	4.5	508	1016	350	0.08
Yaskawa Electric Motoman L3C (IR7)	3	920	1778	1000	0.1

The data is normalized, considering beneficial and cost attributes, as given in Table 2. The data in this table is an example of the normalization of the data since each method may require a different normalization method. Then, each weighting method is applied to determine the weights of the attributes. Using the weights provided by each method, each MCDA method is implemented. The ranking results of all models are examined through Kendall correlation coefficients. Then, the rankings provided by nine different models are integrated through the Borda method (Borda, 1784) to determine the final consensus ranking. In the Borda method, all models are considered to obtain Borda scores. In this context, to score an alternative, for all other alternatives that rank below the chosen alternative, a value of one is given; otherwise, a zero value is given to the corresponding matrix value (Şahin, 2020). Thus, the final consensus ranking reveals the optimal industrial robot.

Table 2. Normalized decision matrix data

IR	C1	C2	C3	C4	C5
IR1	0.644	0.141	0.264	0.056	0.044
IR2	0.068	0.148	0.105	0.339	0.118
IR3	0.073	0.239	0.179	0.169	0.176
IR4	0.107	0.138	0.104	0.226	0.088
IR5	0.027	0.130	0.058	0.056	0.176
IR6	0.048	0.072	0.105	0.040	0.221
IR7	0.032	0.131	0.184	0.113	0.176

3. Results and Discussion

The attribute weights obtained from Shannon entropy and SD methods are presented in Table 3. According to the results of both methods, load capacity is the most important attribute, followed by memory capacity, maximum tip speed, repeatability, and manipulator reach. Also, the weights of all attributes are equal according to the MW method, as seen in Table 3. All weights provided by these weighting methods are illustrated in Figure 1 for better observation and comparison.

Table 3. Attribute weights obtained from Shannon entropy and SD methods

Weighting Method	C1	C2	C3	C4	C5
Shannon entropy	0.5899	0.0419	0.0847	0.2067	0.0769
SD	0.4339	0.0959	0.1358	0.2143	0.1201
MW	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000

The importance given by Shannon entropy and the SD method to load capacity is seen in Figure 1. It is also seen that the SD method allocates more weight to attributes other than the load capacity compared to Shannon entropy.

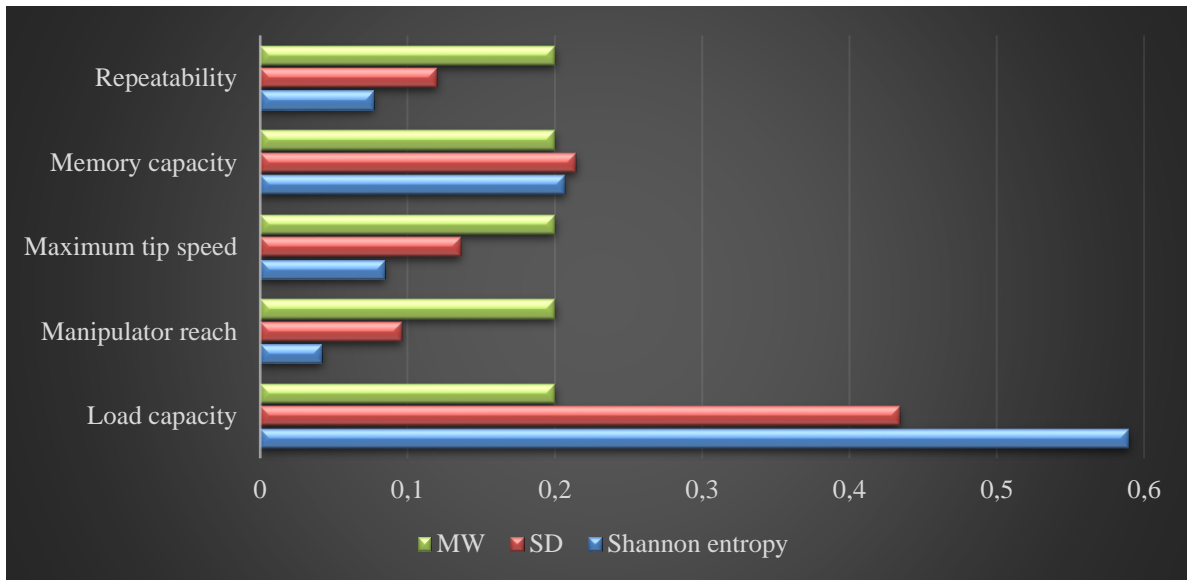


Figure 2. The comparison of attribute weights provided by MW, SD, and Shannon entropy

The weights provided by each weighting method are used as the input of each MCDA method. The utility values provided by each method pair (model) are presented in Table 4. The utility values determine the rank of alternatives. Based on the utility values, the ranking of each model is determined, as presented in Table 5.

Table 4. The utility values of models

	Utility Value								
	SD-WPM	Entropy-WPM	MW-WPM	SD-SAW	Entropy-SAW	MW-SAW	SD-ARAS	Entropy-ARAS	MW-ARAS
IR1	0.2122	0.2758	0.1430	0.6214	0.7035	0.4939	0.9247	0.9154	0.9771
IR2	0.1173	0.1062	0.1336	0.4122	0.3449	0.5070	0.3941	0.3131	0.5589
IR3	0.1231	0.1054	0.1564	0.4140	0.2977	0.6071	0.3372	0.2507	0.5288
IR4	0.1254	0.1243	0.1250	0.3328	0.2889	0.3983	0.3805	0.3109	0.5326
IR5	0.0510	0.0413	0.0727	0.1581	0.0984	0.2685	0.1519	0.1050	0.2629
IR6	0.0642	0.0566	0.0797	0.1665	0.1169	0.2530	0.1575	0.1210	0.2399
IR7	0.0750	0.0585	0.1092	0.2863	0.1948	0.4319	0.2383	0.1659	0.3942

Table 5. The ranks of alternative robots provided by each method pair

Model	Ranking of Alternative Industrial Robot						
	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5	IR6	IR7
SD-WPM	1	4	3	2	7	6	5
Entropy-WPM	1	3	4	2	7	6	5
MW-WPM	2	3	1	4	7	6	5
SD-SAW	1	3	2	4	7	6	5
Entropy-SAW	1	2	3	4	7	6	5
MW-SAW	3	2	1	5	6	7	4
SD-ARAS	1	2	4	3	7	6	5
Entropy-ARAS	1	2	4	3	7	6	5
MW-ARAS	1	2	4	3	6	7	5

According to the results, IR1 is the best alternative robot according to SD-based WPM, Shannon entropy-based WPM, SD-based SAW, Shannon entropy-based SAW, SD-based ARAS, Shannon entropy-based ARAS, and MW-based ARAS. Besides, IR3 is an optimal option based on the results of MW-based WPM and MW-based SAW. The results also indicate that the rankings of SD-based ARAS and Shannon entropy-based ARAS are identical, in which IR1 is the best alternative, followed by IR2, IR4, IR3, IR7, IR6, and IR5. These results reveal that the ranking provided by an MCDA method varies depending on the attribute weights. In other words, these

results prove that the outcome of MCDA methods is dependent on the attribute weights. Therefore, the choice of weighting method is very important. Also, these results prove that relying on the ranking of an MCDA method may be misleading. As seen from Table 5, the small changes in the attribute weights alter the rank of the MCDA. In addition, the ARAS method is observed as the most robust MCDA method for the problem chosen in the present study. The ranking provided by this method is less susceptible to the attribute weights. The rank of all robots remains the same except IR5 and IR6, according to the result of the MW-ARAS model.

To illustrate the results, Figure 3 is presented for better observation and comparison of the rankings. The figure demonstrates that seven models recommend the IR1 alternative as the best out of nine models. In addition, the impact of attribute weights on the ranking result can be observed well in this figure. For instance, the ranking of IR3 varies depending on the attribute weights. Although the same MCDA method is applied, the use of SD weights allows IR3 to be placed in the third place, the use of Shannon entropy weights to move it to the fourth place, and the use of equal weights provided by the MW method makes it the best alternative. However, the ranking of IR1 (first) provided by the ARAS method is not affected by the attribute weights. The ARAS method recommends the IR1 as the best alternative for the attribute weights provided by three different weighting methods. This situation provides some insight into the robustness of the method.

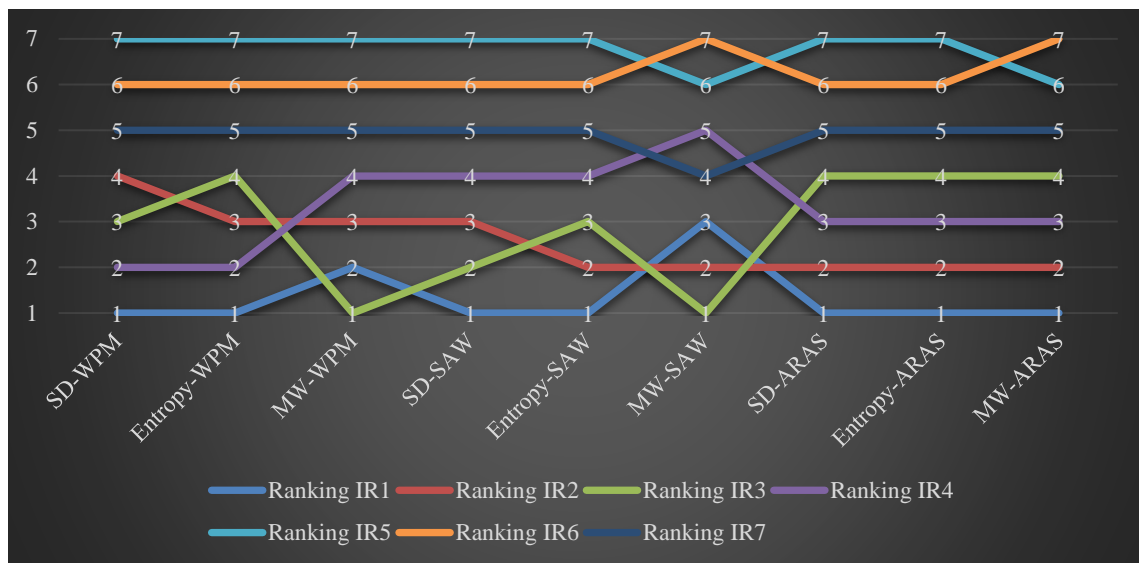


Figure 3. The comparison of rankings provided by the models

To see the correlation between the models, Kendall correlation coefficients are obtained, as given in Table 6. Kendall rank correlation coefficients are used to assess the correlations between the models. In other words, the Kendall rank correlation coefficient (Kendall, 1948) assesses the degree of similarity between two rank sets given to the same set of alternatives. The Kendall coefficients prove the perfect correlation between SD-based ARAS and Shannon entropy-based ARAS. In addition, there is a strong correlation between SD-based WPM and Shannon entropy-based WPM, Shannon entropy-based-WPM and SD-based ARAS, Shannon entropy-based WPM and Shannon entropy-based ARAS, MW-based WPM and SD-based SAW, SD-based SAW and Shannon entropy-based SAW, Shannon entropy-based SAW and SD-based ARAS, Shannon entropy-based SAW and Shannon entropy-based ARAS, SD-based ARAS, and MW-based ARAS, and Shannon entropy-based ARAS and MW-based ARAS. To sum up, the ranking of these models is similar to each other.

Table 6. Kendall rank correlation coefficients of models

	SD-WPM	Entropy-WPM	MW-WPM	SD-SAW	Entropy-SAW	MW-SAW	SD-ARAS	Entropy-ARAS	MW-ARAS
SD-WPM	1	0.905**	0.714*	0.810*	0.714*	0.429	0.810*	0.810*	0.714*
Entropy-WPM		1	0.619	0.714*	0.810*	0.333	0.905**	0.905**	0.810*
MW-WPM			1	0.905**	0.810*	0.714*	0.714*	0.714*	0.619
SD-SAW				1	0.905**	0.619	0.810*	0.810*	0.714*
Entropy-SAW					1	0.524	0.905**	0.905**	0.810*
MW-SAW						1	0.429	0.429	0.524
SD-ARAS							1	1.000**	0.905**
Entropy-ARAS								1	0.905**
MW-ARAS									1

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

To integrate the results of all models, the Borda method is implemented. The final calculations of the method and final ranking based on Borda scores are presented in Table 7.

Table 7. The calculations for the Borda method and final ranking based on Borda scores

Alternatives	IR1	IR2	IR3	IR4	IR5	IR6	IR7	Row Sum	Final ranks based on Borda
IR1	0	1	1	1	1	1	1	6	1
IR2	0	0	1	1	1	1	1	5	2
IR3	0	0	0	0	1	1	1	3	4
IR4	0	0	1	0	1	1	1	4	3
IR5	0	0	0	0	0	0	0	0	7
IR6	0	0	0	0	1	0	0	1	6
IR7	0	0	0	0	1	1	0	2	5

Based on the results provided by the Borda method, the final consensus ranking reveals that IR1 is the best alternative industrial robot, followed by IR2, IR4, IR3, IR7, IR6, and IR5. Based on this result, it can be inferred that adopting MW-based WPM or MW-based SAW would determine IR2 or IR3 as the best option that could be misleading. In addition, the other models, except SD-based ARAS and Shannon entropy-based ARAS, would provide different rankings that could also be misleading. However, SD-based ARAS and Shannon entropy-based ARAS provided the same ranking as the final consensus ranking. It can be inferred that either SD-based ARAS or Shannon entropy-based ARAS can be used for the problem considered in this study. However, it is difficult to say that these models will provide a guaranteed solution to such problems. Instead, a hybrid approach will increase the dependability of the solution. Therefore, the hybrid approach forms the basis of this study.

The final consensus ranking of the nine models is compared to previous studies. In the study conducted by Bhangale et al. (2004), IR4, IR1, and IR3 were recommended as the best industrial robots by three different models. In addition, some other studies used the same data, except the corresponding data of IR7 for maximum tip speed. This data was taken as 1778 by Bhangale et al. (2004) as in this study; however, it was taken as 177 in the following studies. Chatterjee et al. (2010) implemented VIKOR and ELECTRE II, and the results of both methods suggested IR3 as the best alternative. R. V. Rao, Patel, and Parnichkun (2011) found IR1 and IR3 as the best alternatives in different situations in their analysis. Fu et al. (2019) implemented VIKOR, ELECTRE II, and group decision making (GDM) methodology, and IR3 was the best alternative based on the results of VIKOR and ELECTRE II and IR1 was the best option based on the result of the GDM methodology. As can be seen, the rankings vary depending on the weights and the type of the MCDA method. In general, one weighting method and one, two, or three MCDA methods were adopted, and the results of the models were compared. This study differs from others in terms of integrating the ranking results of nine models. Hence, it is believed that the reliability of the model is increased compared to dependence on the result of one model.

To summarize, the results indicated that two models out of nine models provided the same ranking. Therefore, relying on one MCDA method may be deceptive. Also, the results revealed that the MCDA methods were highly dependent on the outcome of the weighting methods. Therefore, utilizing multiple weighting and MCDA methods helps to achieve a more reliable ranking. Besides, ARAS was the most robust method compared to the WPM and SAW. It provided the same ranking for SD and Shannon entropy weights. Also, for ARAS models, the ranking based on the weights provided by the MW was correlated with the rankings based on weights provided by SD and Shannon entropy. Last, the outcomes of SD and Shannon entropy were parallel. In other words, the order of importance of the attributes was the same.

4. Conclusions and Recommendations

The most suitable industrial robots must be carefully selected as incorrect selection can result in loss of productivity, time, and product quality, which means a significant negative impact on the overall performance of the manufacturing system. The availability of multiple alternatives and various evaluation criteria makes industrial robot selection a typical MCDA problem. In this context, considering the importance of the subject and the fact that it can be misleading to rely on the result of an MCDA method, a hybrid MCDA approach is presented in this study, unlike other studies. Three subjective weighting and three MCDA methods were adopted. The results of each method pair were integrated through the Borda method to reveal the final consensus for industrial robot selection. According to the results obtained, IR1 was the best alternative, followed by IR2, IR4, IR3, IR7, IR6, and IR5. Also, ARAS was found as the most robust MCDA method compared to SAW and the WPM. Last, the weights provided by SD and Shannon entropy methods were parallel.

Although the hybrid MCDA approach presented provides meaningful guidance for selecting the optimum industrial robots, it includes some limitations such as a limited number of evaluation attributes and a limited number of MCDA and weighting methods. In this context, future studies can concentrate on expanding the number of attributes. Also, more MCDA methods, such as VIKOR, ELECTRE, and PROMETHEE, can be included in the approach. Last, the subjective weighting methods, such as AHP and BWM, may extend the scope of analysis as they provide subjective evaluations of experts.

References

Ali, A., & Rashid, T. (2020). Best–worst method for robot selection. *Soft Computing*. doi:10.1007/s00500-020-05169-z
e-ISSN: 2148-2683

- Athawale, V. M., & Chakraborty, S. (2011). A comparative study on the ranking performance of some multi-criteria decision-making methods for industrial robot selection. *International journal of industrial engineering computations*, 2(4), 831-850.
- Bhangale, P. P., Agrawal, V. P., & Saha, S. K. (2004). Attribute based specification, comparison and selection of a robot. *Mechanism and Machine Theory*, 39(12), 1345-1366. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2004.05.020>
- Borda, J. C. d. (1784). Mémoire sur les élections au scrutin. *Histoire de l'Academie Royale des Sciences pour 1781 (Paris, 1784)*.
- Boubekri, N., Sahoui, M., & Lakrib, C. (1991). Development of an expert system for industrial robot selection. *Computers & Industrial Engineering*, 20(1), 119-127. doi:[https://doi.org/10.1016/0360-8352\(91\)90047-A](https://doi.org/10.1016/0360-8352(91)90047-A)
- Breaz, R. E., Bologa, O., & Racz, S. G. (2017). Selecting industrial robots for milling applications using AHP. *Procedia Computer Science*, 122, 346-353. doi:<https://doi.org/10.1016/j.procs.2017.11.379>
- Chatterjee, P., Manikrao Athawale, V., & Chakraborty, S. (2010). Selection of industrial robots using compromise ranking and outranking methods. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26(5), 483-489. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2010.03.007>
- Fu, Y., Li, M., Luo, H., & Huang, G. Q. (2019). Industrial robot selection using stochastic multicriteria acceptability analysis for group decision making. *Robotics and Autonomous Systems*, 122, 103304. doi:<https://doi.org/10.1016/j.robot.2019.103304>
- International Organization for Standardization. (2012). Robots and robotic devices — Vocabulary. *Robots and robotic devices — Vocabulary*. Retrieved from <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-2:v1:en:term:2.1>
- Kendall, M. G. (1948). *Rank correlation methods*. Oxford, England: Griffin.
- Keshavarz Ghorabae, M. (2016). Developing an MCDM method for robot selection with interval type-2 fuzzy sets. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 37, 221-232. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2015.04.007>
- Kumar, R., & Garg, R. K. (2010). Optimal selection of robots by using distance based approach method. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 26(5), 500-506. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rcim.2010.03.012>
- Mohsen, O., & Fereshteh, N. (2017). An extended VIKOR method based on entropy measure for the failure modes risk assessment – A case study of the geothermal power plant (GPP). *Safety Science*, 92, 160-172. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.006>
- Narayanamoorthy, S., Geetha, S., Rakkiyappan, R., & Joo, Y. H. (2019). Interval-valued intuitionistic hesitant fuzzy entropy based VIKOR method for industrial robots selection. *Expert Systems with Applications*, 121, 28-37. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eswa.2018.12.015>
- Nasrollahi, M., Ramezani, J., & Sadraei, M. (2020). A FBWM-PROMETHEE approach for industrial robot selection. *Heliyon*, 6(5). doi:10.1016/j.heliyon.2020.e03859
- Rao, R. V. (2007). *Decision making in the manufacturing environment: using graph theory and fuzzy multiple attribute decision making methods*: Springer Science & Business Media.
- Rao, R. V., Patel, B. K., & Parnichkun, M. (2011). Industrial robot selection using a novel decision making method considering objective and subjective preferences. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(6), 367-375. doi:<https://doi.org/10.1016/j.robot.2011.01.005>
- Şahin, M. (2020). A comprehensive analysis of weighting and multicriteria methods in the context of sustainable energy. *International Journal of Environmental Science and Technology*. doi:10.1007/s13762-020-02922-7
- Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27(3), 379-423. doi:10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x
- Zavadskas, E. K., & Turskis, Z. (2010). A new additive ratio assessment (ARAS) method in multicriteria decision-making. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(2), 159-172.



Sosyal Medya Kullanımında Güvenlik Riskleri ve Korunma Önlemleri

İlker Kara¹

¹ Cankiri Karatekin Üniversitesi, Department of Medical Services and Techniques, Eldivan Medical Services Vocational School, Cankiri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3700-4825)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818375)

REFERENCE: Kara, İ. (2020). Sosyal Medya Kullanımında Güvenlik Riskleri ve Korunma Önlemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 10-15.

Öz

Sosyal medya kullanıcı tabanlı olmakla beraber büyük kitleleri bir araya getiren kullanıcıların kendi ürettiği içeriği paylaştığı online bir ağıdır. Sosyal medya kişiler ve kurumlar arasındaki etkileşimi artırması nedeniyle günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. Sosyal medya sahip olduğu büyük potansiyeli nedeniyle kötü niyetli kişilerinde dikkatini çekmektedir. Saldırganlarda kurbanlarına ulaşmak için sosyal medyayı aktif olarak kullanmaktadır. Kişi ve kurumları etkileyen geniş çaplı bu tehditlere karşı büyük ölçekli güvenlik yatırımları yapılırsa da kesin olarak çözüm bulunamamıştır. Bu çalışmada, sosyal medyada ortaya çıkan güvenlik zafiyetleri, alınabilecek önlemler ve korunma yolları tanımlanarak son kullanıcı farkındalığı yaratılmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sosyal medya, Sosyal Ağlarda Saldırı Türleri, Güvenlik Açıkları.

Security Risks and Safeguard Measures in Social Media Usage

Abstract

The social media is a user-based online network that brings large masses together, where users share their own content. Social media is actively used today since it expands the interaction between individuals and institutions. Due to its great potential, social media also attracts the attention of malicious individuals. The attackers also use social media actively to reach their victims. Although large-scale security investments are made against these widespread threats affecting individuals and institutions, no definite solution has been found yet. In this study, it was aimed to increase awareness of end-users by identifying the security weaknesses in social media, measures that can be taken and the ways of protection.

Keywords: Social media, Types of attacks in Social Networks, Safety Vulnerabilities, Computer Security, Malware.

1. Introduction

With the advances in technology and the spread of the Internet, social media has gained a place in the lives of users and has already replaced other traditional media [1-4]. Social media, compared to traditional media platforms, has provided a free and the largest platform for social sharing [5]. The user-based social media is actively used by many brands for quick and direct communication with potential customers [6]. Social media, which is evolving and becoming gradually more widespread, has become an indispensable communication tool not only for individuals, but also for institutions and brands, and it has become a necessity for individuals and institutions to show a presence in social media. In addition to the convenience, it has brought the problem of security in social media [7-8].

The negative effects related to social media show that the new threats, dangers and types of crime emerged, in spite of the benefits of these platforms [9-10]. Despite the personal sharing, rapid access to information, and creation of communication groups, it is a fact that it's possible to jeopardize personal information through social media [11].

¹ Sorumlu Yazar: Cankiri Karatekin Üniversitesi, Department of Medical Services and Techniques Eldivan Medical Services Vocational School, Cankiri, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3700-4825, karaiakab@gmail.com

The main contributions of this paper are summarized as follows:

- Social media security weaknesses,
- Social media types of attacks, ways of protection from these attacks and what to do after an attack are discussed.

The rest of this paper is organized as follows. Similar studies (social media) in the literature are reviewed in Section 2. Section 3 provides a detailed classification of security vulnerabilities in social media. Finally, the implication of the results and discussion and conclusion are given in Section 4 and Section 5, respectively.

2. Related Work

Among the innovations of the Internet brought to the virtual world, social media is the fastest-growing and widespread invention [12-14]. As an online platform, in which people communicate with each other regardless of distance, social media has evolved by strengthening the existing and new relationships [10].

These social networks, which allow people and corporate brands to define their profile and share their knowledge, have received great attention by almost everyone due to the many advantages and facilities they bring [15]. Social sharing platforms are created for individuals to share their knowledge or to get opinions of others. For this purpose, many social sharing platforms with similar or different characteristics have been developed [16].

The first social media site Geocities has been developed in 1994 [17]. In 1995, heglobe.com gave users the freedom to personalize their online experience by publishing their content and allowed them to communicate with individuals of same interests. These are the first examples of social media.

Between 1995 and 2009, there were sites, where various ethnic groups shared their personal and professional profiles [18]. As of 2009, they have become a world culture, spreading all over the world.

2.1. Types of Social Media

Social media can be defined as a social network where users can express themselves and can communicate with other users in a virtual environment that keeps their personal information. Social media users create a personality description for other users by creating profiles containing their personal information. These personal profiles usually contain brief biographies, various photographs and personal information. In addition, social media allows people to comment on other users' shares in their profiles (such as pictures or videos) by commenting or liking them as well as allowing them to share the content they liked in their own groups.

Generally, social media is used in a large area thanks to its vast potential, where political groups can make propaganda, people can make education and career plans, and where corporate brands reach their potential customers and employees through job postings.

With the use of Internet in smart mobile phones and similar devices, social media platforms are developed in order to give users instant access to information. In this way, users participate in social media actively and faster, for longer online presence. Social media can generally be grouped as follows [19]:

- Social Sharing: Facebook, Twitter, Whatsapp, Line, Messenger
- Photo Sharing: Instagram, Flickr, PhotoBucket,
- Video Sharing: YouTube, Periscope,
- Professional Networking Sites: LinkedIn, Ning.
- Blogs: Blogger.com, Wordpress
- Information sites: Wikipedia, Wetpaint, PBWiki
- Content tagging: MERLOT, SLoog
- Virtual Word: SL, Active Worlds, There, Whyville, Club Penguin, HiPiHi

In addition to the benefits of social media, it has harmful aspects such as violation of some personal information, misuse, and the loss of prestige and customers in commercial institutions. Attackers use social media to reach their victims more easily. For this purpose, specially designed malware infects victims' systems via social media. This is a major security threat for social media users [20].

2.2. Problem of Security in Social Media

Social media is the focus of attention of the individuals and corporate brands due to its higher potential, considering the number of users. This attracts malicious people. The data of corporate or personal accounts in social media are targeted for attacks to capture private information (such as banking information, personal data). This undesirable situation leads to debate on the security problems of the social media platforms [21].

Unfortunately, this threat continues to grow day by day and many users suffer moral and material damage [22]. The root cause of the security vulnerabilities in social media is the failure to comply with the principles of privacy due to the nature of these platforms, which their management and control is hidden from the users.

Social media users think that their shares are only visible to their friends or friend groups. They do not think that malicious people can see these shares and use them for their own benefit.

It is necessary to raise awareness to deal with this huge security threat that users face. Users who do not have adequate information on this issue are the targets of the attackers. This group of users often uses personal information (such as date of birth) in their social media username and passwords, posing an important security threat. When they share the answers of the secret questions, used to recover forgotten passwords, attackers easily gain access to their accounts.

Attackers also use the photos of the social media users without permission for different purposes. With these photographs, fake profiles can be opened in social media and can be used to exploit the victim's friend groups or other users. With these fake accounts, they ask for money from the user's friends, and use the victim's profile information for harassment, abuse or as a content in pornographic websites.

Many social media platforms place commercial advertisements because of the user potential they have, and these ads can direct users to different malicious websites by using weaknesses of users. Attackers can use fake profiles to trap especially younger users for the abuse and harassment.

3. Irelated Classification of Security Vulnerabilities in Social Media

In social media, online games as well as chat, image and video sharing and instant communication are the most preferred entertainment tools or applications. This good, useful, fun, or adorable view of social media is often preferred by attackers for their malicious intentions.

Social media, which is almost impossible to ignore due to its benefits, brings many threats and dangers. The list of the most common threats today are as follows:

3.1. Malicious Software

Malicious software is a generic name for specific software designed to disrupt the operation of the target system, steal information from the user, or enable unauthorized access to target systems [22-23].

Virus software, Worms, Trojan horse, backdoor, Ransomware, and spyware software are among the malicious software [24-25]. Malwares can be classified according to their functions and purposes [26]. Most of the known types of malicious software are as follows [27]:

- **Adware:** These malwares display advertisements, prepared by commercial brands to reach the user, on the user's screen without the consent of the user. The user is forced to click the ad to close it. In this way, the attackers make profit by referring the user to the commercial firms of the ads.
- **Spyware:** The malwares are designed to collect data without the user's consent and knowledge. Spyware malwares are usually kept hidden in a downloaded software, and infect the user's system without being noticed. Unlike Adware, they collect personal information from the user, in addition to displaying ads of specific companies.
- **Keylogger:** An attacker, who wants to capture personal data, sends this application first by email, etc. to monitor and record key presses in the victim system.
- **DNS Routing:** The attacker routes the network traffic of the victim to a fake but looks authentic social media website that prompts user to enter his/her email and password. This fake website displays a false error message that tells user that he/she entered incorrect password, and then redirects user to the actual website.
- **Virus:** These malicious software are designed to delete files on the system or stop the operations of the target system completely. Viruses can replicate themselves and spread by infecting different systems. There are many varieties of viruses according to their intended use.
- **Trojans:** They infect the victim's system usually by a downloaded attachment or a specially designed e-mail to update a program that is usually out of date without being noticed by the user. There are various types of malicious software depending on the design objective, such as modifying or deleting the files in the system, and opening a backdoor to provide a remote access to the attacker for stealing user's personal information.
- **Rootkit:** Similar to Trojans, they provide remote access to the attacker.
- **Exploit Attacks:** Finding and using several vulnerabilities in operating systems and programs are called exploit attacks. This software can access the passwords of the user in the infected system.
- **Ransomware:** Ransomware is one of the most important cyberthreats in recent years. What makes ransomware unique is its higher success rate and unfair profit. The ransomware infects the system through the misleading shares in social media and deceptive attachments in e-mails sent by the attacker. After infecting the victim's system, the ransomware encrypts the files and demands money for allowing access the encrypted files in the system. And, they ask virtual money bitcoin for the transfer. The number of ransomware has increased with the widespread use of bitcoin throughout the world.

Ransomware can be divided into two types [28]. The first one is the locker-ransomware. This type of ransomware usually locks the user's system and requires the victim to pay a fee to have access. The attacker leaves the locked computers open only to allow the user to interact with ransomware and make ransom payments [29-30].

The second type is the crypto-ransomware that prevents access to files by encrypting the victim's personal files. This kind of ransomware is designed to find and encrypt valuable data stored on the computer. The victim cannot access the encrypted data unless the decryption key is received. In both cases, the victim is forced to pay ransom fees.

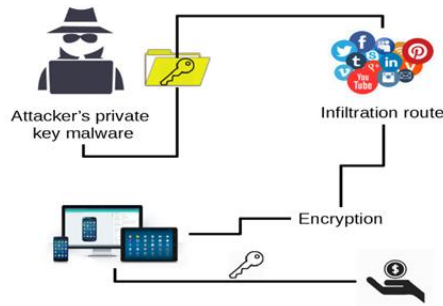


Figure 1. How Ransomware Works.

3.2. Hacking

The attackers design specific password cracking programs to own accounts on social media platforms, which are widely used today. They perform malicious attacks for capturing user accounts, automatic tweets, and link-sharing/commenting through bots, by taking advantage of the user's carelessness or system exploits.

The accounts owned can then be added to bot nets. With this bot network, organized attacks can be made to the desired systems or networks. Unfortunately, social media is unprotected against bot attacks.

3.3. Attacks for Collecting Personal Information

These attacks are made to collect personal information from the individuals, groups or brands targeted at social media. Attackers can collect specific information, such as user name, date of birth, etc. using especially the metadata content of the photographs shared in social media. They use this information for gaining access to user accounts and use the victim's profile information for harassment, abuse or as a content in pornographic websites.

3.4. Social Media Security Measures

Measures to be taken on social media platforms can be considered as personal and legal measures [20]. Personal precautions require user awareness. User awareness covers a wide range of areas from knowing the features of the social media platform to its technical infrastructure. Legal measures are intended to eliminate the damages that may arise without limiting the freedom of users at the local and international level.

3.5. Personal Measures

Awareness about the threat of attack lies at the heart of the measures to be taken. Personal information should not be given in detail in social media accounts. Although there is a legally-specified age limit on social media platforms, this rule is usually ignored. The threat poses risks to both adult and younger users. Families should protect their children from the threats and dangers of social media. Necessary training should be provided and awareness should be raised in children in this regard.

Identity information should never be shared on social media platforms. In particular, giving information such as photos, home addresses and location notifications attract malicious people. In addition, giving location notification paves the way for thieves. In order to prevent social engineering attacks, individuals should not be participated in political, sportive, etc. group, which they are not familiar with, and should not accept such friendship requests.

Some working groups (such as police, soldiers) create social media groups according to their district, working area or specialty. Individuals in these groups should be very careful considering that attackers will try to infiltrate these groups. If not mandatory, these groups should never be created.

Technological measures that can be taken are as follows: Before being a member of a social media platform, privacy policy, terms and conditions of use should be read in order to understand the threat and danger that can be encountered. The things can be done on the platform and the worst-case scenario should be considered before starting to use the platform.

Attackers use e-mail as the most common method of infiltration through social media. For this reason, one should not open such fake e-mails with suspected origins. AntiSpam products should be used in user e-mail systems. Remote access port should be changed (when possible, port numbers should have at least five digits), restricted accounts and strong passwords should be generated for remote-access users and remote access should be closed when not used. As a basic security measure, the software of all systems should be up-to-date, systems should be protected with a reliable Internet Security software, sandbox and spam filters should be used to protect against malware.

3.6. Legal Measures

The legal measures that can be taken are as follows: Users need to fully read and understand the membership agreements on social media platforms, and they need to be aware of the risks and threats that can be encountered because of the information they share. The “Convention on Cybercrime”, which is the first international convention on the crimes committed through the Internet and computer networks, covers the protection of freedoms, human rights and security in a virtual environment and the reduction of risks. The convention has been ratified by 33 countries. This convention has articles on crimes such as “illegal access”, “data interference with”, “system interference”, “misuse of devices”, “computer-related forgery”, “computer-related fraud”, “offenses related to child pornography”, and “offences related to infringements of copyright and related rights”. The parties to the convention cooperate in the fight against these crimes. In the legal sense, increasing the number of states that sign this convention will be effective in the fight against crime.

4. Results and Discussions

The ongoing advances in communication technologies and methods have enabled a very intense and fast flow of information in the online environment, especially on social media platforms, using the advantages offered by the Internet. Governments, online stores, advertising companies or malicious attackers want to control this flow of information for different purposes to be used for their own benefit.

This leads to violations in the online security and privacy in the Internet infrastructure, and transforms the social media platforms increasingly insecure and privacy-free environments.

The protectiveness the measures that can be taken against the security vulnerabilities and weaknesses of in social media platforms, which include personal measures, technological measures and legal measures, is still controversial. Is it possible to identify threats on social media platforms in advance?

Many social media platforms can be used for strategic, available, operational threat intelligence purposes with their accessible and widespread data. This gives the social media platform security and operational units a great advantage for detection of potential threats and attacks in advance. These perceived threats are evaluated by security teams to help eliminate or isolate the threats and prevent them from becoming a problem or to solve potential problems.

These measures to be taken will help raise and awareness about the security vulnerabilities of social media platforms as well as a better understanding of the importance of critical and sensitive data kept on social media platforms.

5. Conclusion

Today, social media has become a platform for both commercial and ordinary users. Thanks to social media, new job descriptions or even new occupations have been formed. Companies can get user feedback and comments about their products in social media. Using these open source data, they can learn about the target audience and the criticism and demands about the products. It is possible to see whether the message given by a politician leads to the desired reaction, through research on the social media data. Ads designed to politically direct undecided masses are sent to users without their consent to create a public perception.

Despite its many benefits, social media can harm personal or corporate reputation when used improperly. It may cause bankruptcy of companies or layoffs. In addition, the collection of open source big data from the social media users can be used for different purposes or even transformed into alternative products. Attackers look for recent security vulnerabilities in social media. And, they use personal and institutional data for profit.

The biggest disadvantage of the crimes committed in the virtual environment is that the probability of arresting and punishing the perpetrator of this crime is quite low. Therefore, there is a huge increase in the crimes committed in the virtual environment all over the world. Checking social media security and privacy settings once a month will reduce the possibility of being attacked. The majority of social media users provides correct personal information in their profiles. It should be kept in mind that social engineering attacks on social media are extensive and that one should be careful about the information to be shared.

The vast majority of users are aware that personal information can be misused. In spite of this, e-mail address, personal photos and birth dates are frequently shared by users on their profiles. Users also provide location information on social platforms. In this case, malicious people can find users in shared venues, or those who know that they are outside can also commit a burglary. Social media

users are vulnerable to spam or malware attacks. For this reason, it is important that users do not open e-mails that they are not sure about their origin, and that have active spam or anti-malware filters in their e-mail boxes.

It is forbidden for third parties to use other people's accounts without consent. However, it is known that attackers open face accounts by using profile information of other social media users, and use their photos without the permission of the users. In order to prevent this, it can be recommended that unknown individuals should not be added to social media groups or that safe friend groups should be created to share important information only with them. Finally, end-to-end encryption of the user data can be recommended as an important measure that can be applied by the social media applications in order to prevent third-parties to access confidential data of users.

Acknowledgment

The author was the sole contributor to this paper. This article does not contain any studies with human participants or animals performed by the author. No potential conflict of interest was reported by the author.

References

- [1] Ceron A. Internet, news, and political trust: The difference between social media and online media outlets. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 2005;20(5):487-503.
- [2] Rice E. Barman-Adhikari, A. Internet and social media use as a resource among homeless youth. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 2014;19(2):232-247.
- [3] Primack BA, Shensa A, Escobar-Viera CG, Barrett EL, Sidani JE, Colditz JB, James AE. Use of multiple social media platforms and symptoms of depression and anxiety: A nationally-representative study among US young adults. *Computers in human behavior*, 2017;69:1-9.
- [4] Humphreys L, Von Pape T, Karnowski V. Evolving mobile media: Uses and conceptualizations of the mobile Internet. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 2013; 8(4):491-507.
- [5] Lee CS, Ma L. News sharing in social media: The effect of gratifications and prior experience. *Computers in human behavior*, 2012;28(2):331-339.
- [6] Sashi CM. Customer engagement, buyer-seller relationships, and social media. *Management decision*, 2012;50(2):253-272.
- [7] Leavitt N. Mobile security: finally, a serious problem? *Computer*, 2011;(6):11-14.
- [8] Joshi P, Kuo CC J. (2011, July). Security and privacy in online social networks: A survey. In *Multi-media and Expo (ICME), 2011 IEEE International Conference on* (pp. 1-6). IEEE.
- [9] Grégoire Y, Salle A, Tripp TM. Managing social media crises with your customers: The good, the bad, and the ugly. *Business Horizons*, 2015;58(2):173-182.
- [10] Weinberg BD, Pehlivan E. Social spending: Managing the social media mix. *Business horizons*, 2011;54(3):275-282.
- [11] Goh DHL, Ang RP, Chua AY, Lee CS. (2009, October). Why we share: A study of motivations for mobile media sharing. In *International Conference on Active Media Technology* (pp. 195-206). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [12] Kietzmann JH, Hermkens K, McCarthy IP, Silvestre BS. Social media? Get serious! Understanding the functional building blocks of social media. *Business horizons*, 2011;54(3):241-251.
- [13] Bakardjieva M, Smith R. The Internet in everyday life: Computer networking from the standpoint of the domestic user. *New Media & Society*, 2001;3(1):67-83.
- [14] Herring SC. Computer - mediated communication on the Internet. *Annual review of information science and technology*, 2002;36(1):109-168.
- [15] Kotler P, Zaltman G. Social marketing: an approach to planned social change. *The Journal of Marketing*, 1971;3-12.
- [16] Kaplan AM, Haenlein M. Users of the world, unite! The challenges and opportunities of Social Media. *Business horizons*, 2010;53(1):59-68.
- [17] Forkosh BA, Hershkovitz A. A case study of Israeli higher-education institutes sharing scholarly information with the community via social networks. *The Internet and Higher Education*, 2012;15(1):58-68.
- [18] Kwon O, Wen Y. An empirical study of the factors affecting social network service use. *Computers in human behavior*, 2010;26(2):254-263.
- [19] Dawley L. Social network knowledge construction: Emerging virtual world pedagogy. *On the Horizon*, 2009;17(2):109-121.
- [20] Zhang Z, Gupta BB. Social media security and trustworthiness: overview and new direction. *Future Generation Computer Systems*, 2018;86:914-925.
- [21] Gupta R, Brooks H. *Using social media for global security*. John Wiley & Sons. 2013.
- [22] Makridakis A, Athanasopoulos E, Antonatos S, Antoniadis D, Ioannidis S, Markatos EP. Understanding the behavior of malicious applications in social networks. *IEEE network*, 2010;24(5).
- [23] Liu BH, Hsu YP, Ke WC. Virus infection control in online social networks based on probabilistic communities. *International Journal of Communication Systems*, 2014;27(12):4481-4491.
- [24] Abraham S, Chengalur-Smith I. An overview of social engineering malware: Trends, tactics, and implications. *Technology in Society*, 2010;32(3):183-196.
- [25] Kunwar RS, Sharma P. (2016, March). *Malware Analysis: Tools and Techniques*. In *Proceedings of the Second International Conference on Information and Communication Technology for Competitive Strategies* (p. 144). ACM.
- [26] Santos I, Brezo F, Sanz B, Laorden C, Bringas PG. Using opcode sequences in single-class learning to detect unknown malware. *IET information security*, 2011;5(4):220-227.
- [27] Rao UH, Nayak U. (2014). Malicious software and anti-virus software. In *The InfoSec Handbook* (pp. 141-161). Apress, Berkeley, CA.
- [28] Kara, İ., Aydos, M. (2019). The ghost in the system: technical analysis of remote access trojan. *International Journal on Information Technologies & Security*, 11(1).
- [29] Kara, I. (2019). A basic malware analysis method. *Computer Fraud & Security*, 2019(6), 11-19.
- [30] Kara, İ., Aydos, M. (2019, October). Detection and Analysis of Attacks Against Web Services by the SQL Injection Method. In *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-4). IEEE.
- [31] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [32] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [33] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [34] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized," J. Name Stand. Abbrev., in press.
- [35] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [36] M. Young, *The Technical Writer's Handbook*. Mill Valley, CA: University Science, 1989.



Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi

Mehmet Erdem^{1*}

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4396-2149)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818352)

ATIF/REFERENCE: Erdem, M. (2020). Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 16-27.

Öz

Bu çalışmada Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve Şarj İstasyonu Yeri Belirleme Problemi tanımlanmıştır. Probleme farklı coğrafi bölgelerde bulunan müşterilere bir dizi önleyici ve düzeltici bakım ve yedek parça tedariki hizmetleri sunulmaktadır. Ayrıca müşteriler, planlama ufku boyunca farklı zaman dilimlerinde bu ve benzeri hizmetleri talep edebilmektedir. Farklı yetkinliklere sahip olan teknisyenlerden takımlar oluşturulup müşterilerin bulunduğu ortamda talep edilen hizmetler sağlanmaktadır. Hali hazırda iş gücü çizelgeleme ve rotalama probleminin NP-zor sınıfta yer aldığı göz önüne alınır, tanımlanan problemde aynı sınıfta yer almaktadır. Literatürden farklı olarak bu çalışmada, teknisyenlerin müşterilere ulaşmada klasik içten yanmalı motorlu araçlar kullanması yerine elektrikli araçlarla müşterilere ulaşması göz önüne alınmıştır. Bu sayede fosil yakıt kullanımı azaltılarak, bu yakıtların ulaşım kaynaklı çevresel etkilerinin azaltılması gerçekleştirilebilir. Ayrıca, çevre dostu elektrikli araçların işletme maliyetlerinin klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre daha az olması da işletmelerin karşısına ekonomik bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Elektrikli araçların avantajlarının yanı sıra kısıtlı menzili onları istasyon kullanmaya bağımlı kılmaktadır. Bu sebepten ötürü bu araçların fosil yakıt kullanan araçlarla rekabet edebilmesi için rotalama planlarının da etkin bir şekilde yapılması gerekmektedir. Tanımlanan problemde planlama ufku boyunca takımlar için günlük çizelge ve rota oluşturmanın yanı sıra, elektrikli araçların şarj durumunun takibi ve istasyon yeri belirleme kararı da bulunmaktadır. Ayrıca teknisyenlerin yasal dinlenme süreleri de göz önüne alınmıştır. Belirli çalışma süresini tamamlayan teknisyenlerin mola vererek dinlenmesi sağlanmıştır. Önerilen karma tam sayılı programlama ile problem modellenmiştir. Gerçek hayat verisinden üretilen veri seti kesin yöntemle çözülmüştür. Ayrıca üretilen farklı boyutlardaki problemlerin çözümü için değişken komşu arama sezgiseli kullanılmıştır. Elde edilen kesin sonuçlar değişken komşu arama sezgiseli ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen hesaplamalı karşılaştırma analizleri sezgisel yöntemin optimum çözümü bulabildiğini ve CPLEX çözücüsünden daha iyi sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Elektrikli Araçlar, Periyodik Teknisyen Rotalama, Şarj İstasyonu Yeri Belirleme, Değişken Komşu Arama.

Electric Multiperiod Technician Routing and Charging Station Location Problem

Abstract

In this study, Electric Multiperiodic Technician Routing and Charging Station Location Problem is defined. A series of preventive and corrective maintenance-repair and spare parts supply services are offered to customers located in different geographical regions of the problem. In addition, the customers can request these tasks in different time windows throughout the planning horizon. Teams of technicians with different competencies are formed and allocated to these tasks that are provided in the customer locations. Considering that the workforce scheduling and routing problem is in the NP-hard class, thus the defined problem is also in the same class. Unlike the literature, in this study, it is taken into account that technicians reach customers with electric vehicles instead of using conventional internal combustion engine vehicles. In this way, it will be possible to reduce the use of fossil fuels and the environmental impact of

* Sorumlu Yazar: Ondokuz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Bölümü, Samsun, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4396-2149, mehmet.erdem@omu.edu.tr

these fuels due to transportation. In addition, due to the operating costs of electric vehicles are lower than those of conventional vehicles, electric vehicles emerge as an economical option for businesses. In addition to their advantages, the limited range of electric vehicles makes them dependent on using charging stations. For this reason, routing plans need to be made efficiently in order for these vehicles to compete with conventional vehicles. In the proposed problem, while creating a daily schedule and route for the teams throughout the planning horizon, tracking the state of charge of the vehicles and determining the location of the charging station are also considered. In addition, the legal rest periods of the technicians are also taken into account. The problem is modelled with the mixed integer programming formulation. Furthermore, the data set generated from the real-life instances. In order to solve the problem variable neighbourhood search heuristic is used. Computational comparisons are conducted to compare the performance of the heuristic. The results indicate that it can find the optimum solutions. Moreover, the heuristic is able to produce better results than the CPLEX solver in a reasonable time.

Keywords: Electric Vehicles, Technician Routing, Charging Station Location Problem, Variable Neighbourhood Search.

1. Giriş

Personel çizelgeleme problemi, bir işletmenin mal veya hizmetlerine yönelik müşterilerden gelen talebi karşılayabilmesi için istihdam ettiği personeli için zaman çizelgeleri oluşturma süreci olarak tanımlanmaktadır (Ernst, Jiang, Krishnamoorthy, ve Sier, 2004). Ele alınan çalışmada, servis hizmeti sağlayan işletme farklı coğrafi bölgelerde mukim müşterilere bir dizi önleyici, düzeltici bakım, arıza teşhis hizmeti ile makine yedek parçası teslimatını yapmaktadır. Bahsi geçen bu hizmetler, müşterilerin adresinde verildiğinden dolayı bir dizi teknisyen ekibinin ziyaretini gerektirirler. Müşterilerin farklı zaman dilimlerindeki farklı deneyim ve tecrübe gerektiren hizmetlerine cevap vermek problemin bir boyutu iken ve işletmenin bunu minimum maliyetle ve yeterli seviyede kalifiye personelle yapmak istemesi ise problemin diğer boyutudur. Farklı perspektifler içeren problem karmaşık bir yapıya sahiptir ve bu sebeplerden ötürü iyi bir sonuç bulmak zordur.

Ulaşım sektörünün negatif etkileri üzerine farkındalık gittikçe artmaktadır ve gelişmiş birçok ülke yakın gelecekte elektrikli araç kullanımıyla ilgili araştırma yapmaktadır (European-Commission, 2014; European Environment Agency, 2014). Ayrıca yakın gelecekte ulaşımdan kaynaklı sera gazı etkilerini azaltmak için ülkeler hedefler koymaktadırlar (European-Commission, 2011; European Commission 2014). Elektrikli araçlar bu ve benzeri negatif etkilerin azaltılması için bir fırsattır. Ayrıca, bu araçların bakım maliyetlerinin klasik içten yanmalı motorlu araçlara göre daha ekonomiktir. Birçok pilot projede elektrikli filo kullanımı hali hazırda UPS ve DHL gibi lojistik firmalarında devam etmektedir (Schiffer ve Walther, 2017). Elektrikli araçların olumlu yönlerinin yanında, kısa menzili, uzun şarj süreleri, şarj istasyonlarının eksikliği bu araçların kullanımında göz önüne alınması gereken kararlardandır.

Literatürden farklı olarak bu çalışmada, teknisyenlerin müşterilere ulaşmada klasik içten yanmalı motorlu araçlar kullanması yerine elektrikli araçlarla müşterilere ulaşması göz önüne alınmıştır. Ayrıca problemde şarj istasyonunun açılıp açılmaması kararı da dikkate alınmıştır. Klasik personel rotalama ve çizelgeleme problemine, elektrikli araçlar ve onların kullandığı istasyonlar dâhil edilerek literatürde ilk kez Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi tanımlanmıştır.

Elektrikli araç rotalama problemleri bakımından Schiffer ve Walther (2017) rotalama, çizelgeleme, şarj ve istasyon kararlarını ele alsalar da bu çalışmada teknisyenlerin özellikleri ve dinlenme süreleri dikkate alınmamıştır. Mevcut teknisyen rotalama ve çizelgeleme problemlerinin hiçbiri önerilen problemdeki eş zamanlı rotalama, çizelgeleme, şarj durumunu takip etme ve şarj istasyonu konumlandırma kararlarını içermemektedir. Mevcut problemler Tablo 1'de özetlenmiştir. Dördüncü sütunda modellere ilişkin amaç, beşinci sütunda ise kısıtlar yer almaktadır.

Bu çalışma şu şekilde yapılandırılmıştır: Bölüm 2'de Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve İstasyon Yeri Seçim Problemi tanımlanmış ve ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Bölüm 3'te, sezgisel çözüm yöntemi sunulmuştur. Farklı amaç işlevlerine ilişkin önerilen modellerin sezgisel ve tam sayılı model sonuçları Bölüm 4'te sunulmuştur. Çalışmaya ilişkin sonuç ise Bölüm 5'te sunulmuştur.

Tablo 1. Önceki çalışmalarda dikkate alınan özelliklere genel bakış

Yazarlar	Planlama ufku	Matematiksel model	Amaç	Kısıtlar					Çözüm yöntemi
				Zaman penceresi	Takım oluşturma	Dinlenme süreleri	Yeterlilik / beceri	Enerji kısıtları	
Cordeau, Laporte, Pasin, ve Ropke (2010)	Tek dönem	+	İşlerin ağırlıklı tamamlanma zamanı	+	+	-	+	-	Uyarlanabilir büyük komşu arama
Kovacs, Parragh, Doerner, ve Hartl (2012)	Tek dönem	+	Seyahat maliyeti	+	+	-	+	-	Uyarlanabilir büyük komşu arama
Dohn, Kolind, ve Clausen (2009)	Tek dönem	+	Atanan iş sayısı	+	-	-	-	-	Dal-Ücret Algoritması
Xu ve Chiu (2001)	Tek dönem	+	Atanan teknisyen sayısı	-	-	-	-	-	Yerel arama, açgözlü rastgele uyarlamalı arama
Castillo-Salazar, Landa-Silva, ve Qu (2014)	Tek dönem	+	Mesafe ve teknisyen maliyeti	+	-	-	+	-	Kesin çözüm yöntemi
Schiffer ve Walther (2017)	Tek dönem	+	Mesafe, araç ve istasyon kullanımı	+	-	-	-	+	Kesin çözüm yöntemi
Zamorano ve Stolletz (2017)	Çok dönem	+	Seyahat, bekleme ve fazla mesai maliyeti	+	+	-	+	-	Dal-Ücret Algoritması
Yapılan Çalışma	Çok dönem	+	Seyahat, enerji, araç ve istasyon kullanım maliyeti	+	+	+	+	+	Değişken komşu arama

2. Problem Tanımı

Elektrikli araçla periyodik teknisyen rotalama ve istasyon yeri seçim problemi birkaç farklı kararı içermektedir. Esasen, ana karar planlama ufku boyunca her müşteri talebinin, oluşturulan takıma atanmasıdır. Atamada işlerin ve teknisyenlerin yeterlilik seviyesinin göz önüne alınması gerekmektedir. Başka bir deyişle teknisyenlerden oluşturulan takımların işi yapabilecek eşit veya daha yüksek bir seviyeye sahip olması gerekmektedir. Ayrıca, müşterilerin istedikleri ziyaret zaman aralıkları ve çalışanların çalışma süreleri de dikkate alınmalıdır.

Bununla birlikte yapılan çalışmada çalışan teknisyenler için mola süreleri de dikkate alınarak çizelgeler oluşturulmuştur. Açıklamak gerekirse teknisyenler gün içinden β süresinden fazla çalışırlarsa p' mola süresi kadar dinlenmek zorundadır. Bu mola müşterinin bulunduğu lokasyonda hizmetin öncesinde veya sonrasında olabileceği gibi, teknisyen şarj istasyonunda da mola alabilmektedir.

Araçların rota başlangıç ve bitiş düğümü sırasıyla $\{0\}$ ve $\{n\}$ ile gösterilmiş olup tam şarjla depodan ayrılmaktadır. Gerekli olduğunda araçlar şarj istasyonuna uğrayarak yeteri kadar enerji depolamaktadır. Yani kısmi şarja izin verilmektedir. Araçların enerji tüketimi mesafenin lineer bir fonksiyonudur. Aracın mesafe başına enerji tüketimi ve birim zamanda şarj süresi sırasıyla r ve u ile gösterilmiştir.

Müşterilerin talep ettiği bakım ve onarım işleri görev olarak tanımlanmış olup, müşteriler haftada bir veya birden fazla kez planlama ufkunda önceden belirlenmiş günlerde ziyaret edilebilmektedir. Müşteri ziyaretleri günün farklı zaman diliminde ve farklı sürelerde olabilmektedir, başka bir deyişle sabit değildir. Örneğin, düzeltici bakım hizmeti Salı günü saat 09:30-14:00 arasında veya parça teslimatı Perşembe günü saat 09:00 ile 12:00 arasında yapılabilir. Bu ziyaretlerin zaman penceresi $[a_{id}, b_{id}]$ ve süresi ise p_{id} ile ifade edilmekte olup, mesai saati ise $[a, b]$ ile tanımlanmıştır.

Teknisyenlerden takımlar oluşturulmakta ve yukarıda bahsi geçen işlere atanmaktadır. Takımda bulunması gereken teknisyen sayısı Θ ile tanımlanmaktadır. Teknisyenlerin ve görevlerin farklı yetkinlikleri ve yeterlilik seviyeleri Q ve L ile tanımlanmıştır. Oluşturulan takımların işlere atanırken, teknisyenlerin yeterlilik seviyesinin toplamı görevin seviyesinden eşit veya daha yüksek olması gerekmektedir. Aksi durumda atama yapılmayacaktır.

İkili karar değişkeni x_{ijkl} i . düğümünden j . düğüme k takımının d . günde gidip gitmediğini göstermektedir. Atamaya ilişkin ikili karar değişkenlerinden bahsetmek gerekirse: y_{ikd} , i . işe k takımının d . günde atanıp atanmadığını ve z_{mkd} m teknisyeninin k takımına d . günde atanıp atanmadığını ifade etmektedir. Mola için δ_{kd} tanımlanmış olup k takımının d . günde mola verip vermemesini kontrol etmektedir. Ayrıca, w_{id} i . istasyonun d . günde açılıp açılmadığını göstermektedir. Problemden zaman karar değişkeni s_{ikd} ile tanımlanmış olup i . düğüme veya P molasına k takımının d . günde başlama zamanını ifade etmektedir. Son olarak şarj kararlarını üç farklı değişken ile takip edilmektedir. o_{ikd} i düğümündeki k takımının d . günde enerji seviyesini, h_{ikd} i . şarj istasyonundan ayrılırken k takımının/ aracının d . günde enerji seviyesini ve g_{ikd} k takımının i . şarj istasyonundaki d . günde şarj süresini tutmaktadır. Modellerde kullanılan gösterim Tablo 2'de özetlenmiştir. Bir sonraki kısımda modelin amaçlarından ve kısıtlardan teker teker bahsedilecek.

Tablo 2. Gösterim

Kümeler	
D	Gün kümesi
I	Görev kümesi
K	Takım
M	Teknisyen
L	Yeterlilik seviyesi
Q	Yetkinlik
S	Şarj istasyonu
S'	Kopya şarj istasyonu
B	Mola düğümü
$N = I \cup S'$	Görev ve kopya şarj istasyonlarını gösterir düğüm kümesi
$N_0 = N \cup \{0\}$, $N_n = N \cup \{n\}$	Başlangıç ve bitiş düğümlerini içeren düğüm kümesi
Parametreler	
c_{ij}	i ve j düğümleri arası mesafe
$[a, b]$	Mesai başlangıç ve bitiş saatleri
$[a_{id}, b_{id}]$	i işinin d . günde başlangıç ve bitiş saati
p_{id}	i işinin d . günde yapıma süresi
p'	Mola süresi
π	Aracın hızı
ζ_{mq}	m teknisyeni q yeterliliğine l seviyesinde sahip ise 1, diğer durumda 0
v_{iql}	i işi q yeterliliğine l seviyesinde gereksinim duyuyorsa 1, diğer durumda 0
f_{id}	i işi d . günde isteniyorsa 1, diğer durumda 0
Θ	Takımda bulunması gereken teknisyen sayısı
r	Mesafe başına enerji tüketimi
u	Birim zamanda şarj süresi
α	Mesai süresi (mola dahil)
β	Molasız çalışılabilen mesai süresi
p	Mola süresi
Karar Değişkenleri	
x_{ijkl}	i . düğümden j . düğüme k takımı d . günde giderse 1, diğer durumda 0
y_{ikd}	i . işe k takımı d . günde atandıysa 1, diğer durumda 0
z_{mkd}	m teknisyeni k takımına d . günde atandıysa 1, diğer durumda 0
δ_{kd}	k takımı d . günde mola verdiyse 1, diğer durumda 0
w_{id}	i . istasyon d . günde kullanıldıysa/açıldıysa
s_{ikd}	i . düğüme veya P molasına k takımının d . günde başlama zamanı
o_{ikd}	i düğümündeki k takımının/aracının d . günde enerji seviyesi
h_{ikd}	i . şarj istasyonundan ayrılırken k takımının/ aracının d . günde enerji seviyesi
g_{ikd}	k takımının i . şarj istasyonundaki d . günde şarj süresi

Ele alınan problem planlama görevini farklı planlama perspektiflerinden ele almak için kullanılabilir. Böylelikle, temeldeki ana fikre bağlı olarak farklı amaç fonksiyonları kullanılabilir. İki farklı fonksiyon kullanılmış olup sırasıyla bahsedilecektir. Amaç (1) minimizasyonu, toplam kat edilen mesafe, kullanılan elektrikli araç sayısı ve bu araçların şarj maliyeti planlama ufku boyunca dikkate alınmaktadır. Amaç (2) ise (1)'den farklı olarak kullanılan/açılan şarj istasyonu sayısını da dikkate almaktadır.

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N_n} \sum_{d \in D} c_{ij} x_{ijkl} + \sum_{j \in N} \sum_{k \in T} \sum_{d \in D} x_{0jkd} + \sum_{i \in F'} \sum_{k \in T} \sum_{d \in D} g_{ikd} \quad (1)$$

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{i \in N_0} \sum_{j \in N_n} \sum_{d \in D} c_{ij} x_{ijkl} + \sum_{j \in N} \sum_{k \in T} \sum_{d \in D} x_{0jkd} + \sum_{i \in F'} \sum_{k \in T} \sum_{d \in D} g_{ikd} + \sum_{i \in F} \sum_{d \in D} w_{id} \quad (2)$$

Bu kısımda ise sırasıyla kullanılan kısıtlardan bahsedilecektir.

$$\sum_{k \in K} \sum_{d \in D} y_{ikd} = f_{id} \quad \forall i \in I \quad (3)$$

$$\sum_{j \in N_n, i \neq j} x_{ijkd} = y_{ikd} \quad \forall i \in I, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (4)$$

$$\sum_{k \in T} \sum_{j \in N_n, i \neq j} x_{ijkd} \leq w_{id} \quad \forall i \in S' \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N_n} x_{0,jkd} \leq 1 \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (6)$$

$$\sum_{i \in N_0} x_{inkd} \leq 1 \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N_n, i \neq j} x_{ijkd} - \sum_{j \in N_0, i \neq j} x_{ijkd} = 0 \quad \forall j \in N, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (8)$$

$$\sum_{i \in N} x_{iBkd} = \delta_{kd} \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (9)$$

$$x_{Bjkd} = x_{jBkd} \quad \forall i \in N, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (10)$$

$$x_{Bjkd} \leq \sum_{i \in N} x_{ijkd} \quad \forall j \in N, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (11)$$

$$a_{id} \leq s_{ikd} \leq b_{id} \quad \forall j \in N_{0,n}, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (12)$$

$$s_{ikd} + (c_{ij} / \pi + p_{id}) * x_{ijkd} - b(1 - x_{ijkd}) \leq s_{jkd} \quad \forall i \in N_0, \forall j \in N_n, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (13)$$

$$s_{ikd} + (c_{ij} / \pi) x_{ijkd} + u(Y - y_{ik}) - (uY)(1 - x_{ijkd}) \leq s_{ikd} \quad \forall i, j \in N_{0,n}, i \neq j, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (14)$$

$$s_{Bkd} + p x_{Bjkd} \leq s_{jkd} + b(1 - x_{Bjkd}) \quad \forall j \in N, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (15)$$

$$s_{ikd} + (c_{ij} + p_{id})(x_{ijkd} + x_{iBkd} - 1) \leq s_{Bkd} + b_i(2 - x_{ijkd} + x_{iBkd}) \quad \forall i, j \in N, i \neq j, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (16)$$

$$s_{nkd} - s_{0kd} \leq \beta(\alpha - \beta)\delta_{kd} \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (17)$$

$$s_{nkd} - s_{0kd} \leq (\beta + p)\delta_{kd} \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (18)$$

$$\sum_{k \in K} z_{mkd} \leq 1 \quad \forall m \in M, \forall d \in D \quad (19)$$

$$\sum_{m \in M} z_{mkd} = \tau \quad \forall k \in K, \forall d \in D \quad (20)$$

$$v_{iql} y_{ikd} \leq \sum_{m \in M} \zeta_{mq} z_{mkd} \quad \forall i \in I, \forall q \in Q, \forall l \in L, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (21)$$

$$0 \leq o_{ikd} \leq o_{ikd} - (rc_{ij})x_{ijkd} + Y(1 - x_{ijkd}) \quad \forall i \in I, \forall j \in N_n, i \neq j, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (22)$$

$$o_{jkd} \leq h_{ikd} - (rc_{ij})x_{ijkd} - Y(1 - x_{ijkd}) \quad \forall i \in S'_0, \forall j \in N_n, i \neq j, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (23)$$

$$o_{ikd} \leq h_{ikd} \leq Y \quad \forall i \in S'_0, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (24)$$

$$o_{ikd} \geq \Delta(h_{ikd} - y_{ikd}) \quad \forall i \in S', \forall k \in K, \forall d \in D \quad (25)$$

$$x_{ijkd}, y_{ikd} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N_0 \cup B, \forall j \in N_n \cup B, i \neq j, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (26)$$

$$w_{ikd} \in \{0,1\} \quad \forall k \in T, \forall m \in M, \forall i \in N_{0k}, \forall j \in N_{nk}, i \neq j \quad (27)$$

$$\tau_{ik}, o_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in N_n, \forall k \in K \quad (28)$$

$$z_{mkd} \geq 0 \quad \forall m \in M, \forall k \in K, \forall d \in D \quad (29)$$

Kısıt (3) işlerin takımlara talep edilen günde atanmasını sağlarken, kısıt (4) atama karar değişkeni ile rotalama karar değişkeni arasındaki bağlantıyı sağlar. Kısıt (5) ise takımların şarj istasyonlarına gerekmedikçe uğramasını engeller. Ayrıca bu kısıt ile herhangi bir şarj istasyonuna bir araç uğrarsa istasyon açılmış olur ve amaç fonksiyonunda açılma maliyeti maliyete eklenir. Kısıt (6) ve (7) takımların rotalarının depoda başlayıp bitmesini sağlamaktadır. Akışın korunumu kısıt (8) ile göz önüne alınmıştır. Eğer takım molaya gerek duyarsa, gereken karar değişkeni kısıt (9)'da tanımlanmıştır. Molalar, müşterinin veya istasyonun bulunduğu bölgede yapılması varsayılmıştır. Uygun başlangıç zamanı elde edebilmek için, kısıt (10)'da molanın öncesi ve sonrası aynı düğüm göz önüne alınmıştır. Kısıt (11) takımların ziyaret ettikleri lokasyonda mola almalarını sağlamaktadır. Modelin zaman kısıtları (12)-(16) arasında ifade edilmiştir. Kısıt (12) teknisyenlerin işi tanımlanan zaman penceresi içerisinde yapmasını ve mesai saatlerinde çalışmasını sağlamaktadır. Kısıt (13) bir sonraki işin başlama zamanını s_{jkd} , önceki işin başlama zamanı s_{ikd} hizmet süresi p_{id} ve seyahat süresini c_{ij}/π dikkate alarak hesaplamaktadır. Kısıt (14) ise önceki kısıttan farklı olarak şarj istasyonunda aracın şarj süresini dikkate almaktadır. Kısıt (15)-(16) ise

molanın zamanını gözetmektedir. Takımların çalışma saatleri kısıt (17)-(18) ile sınırlandırılmıştır. Takımlar mola verdiğiğinde, çalışma saatinin β 'dan büyük veya eşit olması gerekirken α 'dan ise küçük veya eşit olması gerekmektedir. Molasız çalışma durumunda ise çalışma zamanının β 'dan küçük olması beklenmektedir. Kısıt (19) planlama boyunca bir gün içerisinde bir teknisyenin en fazla bir takıma atanmasını sağlamaktadır. Kısıt (20) takımda yer alması gerekli personel sayısını sağlamaktadır. Kısıt (21) iş ve teknisyen yeterlilik seviyesini gözeterek uygun teknisyenlerin seçimine göre takımlara atama yapmamızı sağlamaktadır. Şarj kısıtları (22)-(24) ile ifade edilmiştir. Aracın seyahat ettiği mesafe boyunca harcadığı enerji kısıt (22) ile takip edilmektedir. Şarj istasyonundan ayrıldığındaki enerji seviyesi ise kısıt (23) ile hesaplanmaktadır. Araç şarj istasyonundan ayrıldığında şarj seviyesi için alt ve üst limiti kısıt (24) ile belirlenmiştir. Kısmi şarj yüklemesi ise kısıt (25) ile hesaplanmaktadır. Karar değişkenlerine ilişkin tanımlamalar ise kısıt (26)-(29) arasında verilmiştir.

Dolayısıyla Model 1 amaç (1) ve kısıtlar (3)-(4), (6)-(29), Model 2 ise amaç (2) ve kısıtlar (3)-(29) tarafından oluşturulmaktadır.

3. Değişken komşu arama sezgiseli

Bu çalışmada, elektrikli araçla periyodik teknisyen rotalama ve istasyon yeri seçim problemi için değişken komşu arama (DKA) sezgiseli kullanılmıştır. DKA, kombinatorial optimizasyon problemlerini çözmek için ortaya atılmıştır. Prensibi komşuluk yapısını sistematik bir şekilde değiştirerek hem yerel en iyiyi bulması hem de yerel tuzaklardan takılmadan çıkması esasına dayanır (Hansen, Mladenović, Brimberg, ve Pérez, 2010). Birinci aşamada teknisyenlerden takımlar oluşturulur ve talep edilen görevler uygun bir şekilde ilk önce güne daha sonra zaman penceresine göre sıralanır ve teknisyenlerden takımlar oluşturulan takımlara atanır. Böylelikle başlangıç çözümü elde edilir. Çalkalama için yer değiştirme operatörü kullanılır. Yerel aramada takıldığı durumda bu operatör devreye girer. Yerel arama için yer değiştirme, ekleme operatörleri kullanılmaktadır. Ayrıca istasyon ekleme ve gereksiz istasyonları çözümden elemek için de iki farklı operatör de gerektiği durumlarda kullanılmaktadır. Yine molalar için mola ekleme operatörü de kullanılarak çözümün tüm kısıtları sağladığı yani fizibilitenin korunduğu garanti edilir. Tanımlanan komşuluk yapısı içinde, yeni çözüm kabul edilirse, komşuluk yapısı en başa döner, aksi durumda bir sonraki komşuluk kullanılır. En iyi çözümden daha iyi bir çözüme ulaşıldığında, en iyi çözüm güncellenir. En sonunda durdurma kriteri sağlanana kadar algoritma çalışır.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada kullanılan veri, bakım hizmeti sağlayıcısından alınan gerçek hayat probleminde türetilmiştir Zamorano ve Stollitz (2017). Mesai süresi, müşteri zaman penceresi bu veriden benzer dağılım gözetilerek üretilmiştir. İlgili makalede mesafeye ilişkin veri beyan edilmediğinden, benzer şekilde bizde Google Haritalardan (Google, 2020) Samsun ili ve ilçeleri gözetilerek farklı konumlardaki hesaplanmıştır. Şarj istasyonları için konumlandırma mevcut akaryakıt istasyonları içerisinde varsayılmıştır. Araçların tam şarjla kat ettiği mesafe 165 km ve tam şarj süresi 180 dk olarak göz önüne alınmıştır (Edelstein, 2017; Schmidt, 2017). Amaç fonksiyonu için hesaplanan maliyet kalemleri ise sırasıyla birim (km) başına maliyet \$0.06, kullanılan araç başına maliyet \$60, birim zamanda şarj olma maliyeti \$0,03 ve istasyon kullanım maliyeti ise \$2,75 olarak belirlenmiştir (Schiffer ve Walther, 2017). Tam sayılı programlama problemi CPLEX 12.10 çözücüsüyle, sezgisel yöntem ise Phyton 3.8 kullanılarak Intel Core i7 3.4Ghz işlemcisine ve 8GB RAM'e sahip makinede çalıştırılmıştır.

Tablo 3. Veri setine ilişkin müşteri, görev, araç ve istasyon sayıları

#	Müşteri sayısı	Görev sayısı	Araç sayısı	İstasyon sayısı
1	5	12	4	3
2	5	15	4	3
3	5	12	4	3
4	5	14	4	3
5	5	13	4	3
6	5	13	4	3
7	5	12	4	3
8	5	13	4	3
9	10	24	4	4
10	10	22	4	4
11	10	20	4	4
12	10	22	4	4
13	10	25	4	4
14	10	22	4	4
15	10	22	4	4
16	10	25	4	4
17	15	38	4	4
18	15	41	4	4
19	15	38	4	4
20	15	35	4	4
21	15	37	4	4
22	15	36	4	4
23	15	32	4	4
24	15	35	4	4
25	20	50	5	5
26	20	49	5	5
27	20	43	5	5
28	20	42	5	5
29	20	49	5	5
30	20	39	5	5
31	20	40	5	5
32	20	42	5	5
33	25	52	6	6
34	25	48	6	6
35	25	55	6	6
36	25	55	6	6
37	25	65	6	6
38	25	46	6	6
39	25	45	6	6
40	25	50	6	6

Tablo 4'te Model 1 için kesin ve sezgisel çözüm arasındaki sapma 6. sütunda verilmiştir. Değişken komşu arama sezgiseli ortalama 0.66 farkla daha iyi sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Sezgisel yöntem 13.,14.,19. ve 24. örnekler haricinde iyileştirme sağlamıştır. Örneklerin boyutu arttıkça kesin yöntem 2 saatlik zaman limiti içerisinde optimum çözüme ulaşamamıştır. Kesin yöntem ortalama 3133,91 sn. de çözüme ulaşırken, sezgisel 527,03 sn çözüm döndürmüştür.

Üretilen veri setine ilişkin müşteri, görev, araç ve istasyon sayıları sırasıyla Tablo 3'te gösterilmiştir. Tablo 5 ve 6'da Model 1 ve 2'ye ait kesin ve sezgisel çözüm karşılaştırma sonuçlarını içermektedir.

Tablo 4. Model 1'e ilişkin karşılaştırma sonuçları

Örnek #	Tam sayılı programlama		Değişken komşu arama				
	Amaç fonksiyonu	Çalışma zamanı	Amaç fonksiyonu	Çalışma zamanı	Sapma %	Kullanılan toplam araç sayısı	Kaç farklı araç kullanıldığı
1	339,75	3,05	339,75	378,69	0,00	5	3
2	352,67	3,62	352,67	413,53	0,00	5	3
3	356,80	5,54	356,80	398,23	0,00	5	2
4	330,91	2,45	330,91	341,87	0,00	5	4
5	340,79	3,02	340,79	327,81	0,00	5	4
6	341,90	2,80	341,90	400,24	0,00	5	3
7	345,78	2,35	345,78	392,38	0,00	5	3
8	356,91	4,09	356,91	339,86	0,00	5	4
9	364,17	12,81	364,17	526,75	0,00	5	3
10	331,21	11,40	331,21	485,53	0,00	5	3
11	331,20	10,42	331,20	522,63	0,00	5	1
12	332,40	11,32	332,39	476,61	0,00	5	3
13	332,25	13,52	334,61	518,76	0,71	5	2
14	320,83	11,44	330,87	453,62	3,13	5	2
15	345,45	12,11	345,45	498,04	0,00	5	3
16	335,19	12,45	335,19	405,65	0,00	5	4
17	364,50	7200,00	355,59	603,61	-2,44	5	3
18	393,38	5761,56	393,38	531,32	0,00	5	2
19	345,75	47,90	347,05	570,57	0,38	5	3
20	391,77	3603,21	391,77	541,01	0,00	5	4
21	395,81	116,16	395,80	586,51	0,00	5	4
22	372,37	134,56	372,37	560,87	0,00	5	3
23	381,18	7200,00	373,57	517,90	-2,00	5	3
24	346,33	120,32	346,62	519,32	0,08	5	3
25	413,23	7200,00	407,59	584,95	-1,36	5	4
26	306,58	7200,00	298,70	593,04	-2,57	4	3
27	341,71	7200,00	336,23	594,99	-1,60	5	2
28	360,53	184,24	360,53	518,10	0,00	5	4
29	392,09	68,30	392,09	625,42	0,00	5	4
30	386,33	7200,00	379,84	595,72	-1,68	5	3
31	391,53	7200,00	384,96	608,72	-1,68	5	2
32	364,48	7200,00	358,80	675,93	-1,56	5	3
33	375,69	7200,00	369,49	694,35	-1,65	5	4
34	373,82	7200,00	366,97	571,69	-1,83	5	3
35	335,11	7200,00	327,19	604,83	-2,36	4	2
36	202,63	7200,00	199,44	638,59	-1,57	3	1
37	330,84	7200,00	324,06	783,34	-2,05	5	3
38	361,36	7200,00	353,15	561,13	-2,27	5	3
39	359,86	7200,00	351,59	552,04	-2,30	5	4
40	365,80	7200,00	359,09	567,12	-1,84	5	3
Min		2,35		327,81	-2,57	3,00	1,00
Mak		7200,00		783,34	3,13	5,00	4,00
Ort		3133,91		527,03	-0,66	4,90	3,00

Tablo 5'te ise Model 2'ye ait sonuçlar verilmiştir. Değişken komşu arama sezgiseli ortalama 0.10 farkla daha iyi sonuçlara ulaştığı görülmektedir. Sezgisel yöntem benzer şekilde 13.,14.,19. ve 24. örnekler haricinde iyileştirme sağlamıştır. Örneklerin boyutu arttıkça kesin yöntem 2 saatlik zaman limiti içerisinde optimum çözüme ulaşamamıştır. Kesin yöntem ortalama 3097,47 sn. de çözüme ulaşırken, sezgisel 550,16 sn çözüm döndürmüştür.

Tablo 5. Model 2'ye ilişkin karşılaştırma sonuçları

Örnek #	Tam sayılı programlama		Değişken komşu arama			Kullanılan toplam araç sayısı	Kaç farklı araç kullanıldığı
	Amaç fonksiyonu	Çalışma zamanı	Amaç fonksiyonu	Çalışma zamanı	Sapma %		
1	353,42	3,47	353,41	390,96	0,00	5	4
2	361,63	6,44	361,63	426,97	0,00	5	4
3	370,95	3,82	370,95	414,16	0,00	5	3
4	341,92	2,41	341,92	360,63	0,00	5	3
5	354,54	5,36	354,54	342,85	0,00	5	3
6	357,07	2,55	357,07	416,28	0,00	5	2
7	359,53	2,40	359,53	408,54	0,00	5	2
8	373,41	5,05	373,41	352,15	0,00	5	3
9	386,96	11,31	386,96	547,01	0,00	5	2
10	358,54	10,46	358,54	512,41	0,00	5	2
11	349,67	12,83	349,67	545,61	0,00	5	2
12	356,25	10,90	356,24	497,17	0,00	5	4
13	353,77	13,01	356,82	539,66	0,86	5	2
14	338,07	12,79	345,31	479,24	2,14	5	4
15	369,12	12,29	369,12	516,64	0,00	5	2
16	357,86	14,27	357,86	428,39	0,00	5	3
17	391,39	7200,00	390,10	633,25	-0,33	5	2
18	418,90	7200,00	418,00	550,05	-0,22	5	2
19	371,61	873,50	375,90	591,67	1,15	5	4
20	415,00	38,62	415,00	566,65	0,00	5	2
21	426,46	86,26	426,46	605,97	0,00	5	3
22	394,57	69,28	394,57	589,44	0,00	5	2
23	408,68	7200,00	404,43	544,89	-1,04	5	3
24	373,62	26,01	375,27	546,70	0,44	5	3
25	449,58	7200,00	448,96	611,92	-0,14	5	3
26	329,27	7200,00	327,96	620,18	-0,40	4	3
27	361,82	7200,00	360,75	620,15	-0,29	5	5
28	388,43	208,66	388,43	548,61	0,00	5	3
29	432,90	67,20	432,90	650,92	0,00	5	4
30	418,51	7200,00	417,08	620,14	-0,34	5	3
31	421,93	7200,00	414,87	634,27	-1,67	5	4
32	391,98	7200,00	391,09	701,47	-0,23	5	3
33	412,35	7200,00	410,93	720,36	-0,35	5	5
34	403,90	7200,00	402,48	599,58	-0,35	5	3
35	376,52	7200,00	369,02	629,56	-1,99	4	2
36	220,05	7200,00	219,40	665,34	-0,29	3	1
37	413,63	7200,00	412,58	805,91	-0,25	6	3
38	382,88	7200,00	382,11	593,58	-0,20	5	4
39	383,32	7200,00	381,94	579,71	-0,36	5	2
40	391,55	7200,00	390,27	597,52	-0,33	5	3
Min		2,40		342,85	-1,99	3,00	1,00
Mak		7200,00		805,91	2,14	6,00	5,00
Ort		3097,47		550,16	-0,10	4,93	2,93

Tablo 4 ve 5'te her bir örnek için modellerin kullandığı araç sayıları özetlenmiştir. Yedinci sütunlarda kullanılan araçlar verilirken, sekizinci sütunlarda kaç farklı araç kullanıldığı verilmiştir. Ortalamada Model 1 4,9, Model 2 4,93 araç kullanmıştır. Kullanılan araç sayıları birbirine çok yakındır. Kaç farklı araç kullanıldığı konusunda ise Model 1 3 ve Model 2 2,93 araç kullanmıştır. Tablo 6'da ise modellerin kullandığı istasyon sayıları özetlenmiştir.

Tablo 6. Modellere ilişkin istasyon bazında karşılaştırma sonuçları

Örnek #	Model 1		Model 2	
	Kullanılan toplam istasyon sayısı	Açılan istasyon sayısı	Kullanılan toplam istasyon sayısı	Açılan istasyon sayısı
1	8	3	4	2
2	6	3	3	2
3	7	2	5	1
4	5	1	4	1
5	5	2	5	2
6	7	2	5	2
7	5	2	5	2
8	6	2	6	2
9	13	4	7	3
10	10	2	9	3
11	9	2	6	2
12	12	3	8	2
13	11	3	7	2
14	8	2	6	2
15	9	3	8	3
16	9	2	8	2
17	11	3	10	3
18	13	3	8	3
19	14	4	10	4
20	12	3	8	2
21	13	3	11	3
22	10	3	8	2
23	10	3	10	3
24	14	3	11	3
25	16	4	12	4
26	12	3	8	2
27	12	4	7	5
28	16	4	8	3
29	15	3	14	3
30	11	3	11	3
31	15	4	10	3
32	11	3	10	3
33	20	6	11	5
34	17	6	11	4
35	16	5	15	5
36	7	2	6	2
37	9	2	8	2
38	15	4	7	3
39	14	4	7	3
40	19	5	9	4
Min	5,00	1,00	3,00	1,00
Mak	20,00	6,00	15,00	5,00
Ort	11,30	3,13	8,15	2,75

Model 1'in amaç fonksiyonunda istasyon kullanım maliyeti olmadığı göz önüne alınırsa, sonuçlara göre araçlar ortalamada 11,30 kere istasyon kullanmış ve ortalamada 3,13 istasyon açıldığı anlaşılmıştır. Model 2 sonuçlarına göre ortalama 8,15 kere istasyon kullanılmış ve ortalama 2,75 istasyon açılmıştır.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, Elektrikli Araçla Periyodik Teknisyen Rotalama ve Şarj İstasyonu Yeri Belirleme Problemi ele alınmıştır. Klasik personel rotalama ve çizelgeleme problemine, elektrikli araçlar ve onların kullandığı istasyonlar dâhil edilmiştir. Karma tam sayılı programlama ile problem modellenmiştir. Gerçek hayat verisinden üretilen veri seti CPLEX çözümü ile de çözülmüştür. Ayrıca farklı boyutlardaki problemlerin çözümü için değişken komşu arama sezgiseli kullanılmıştır. CPLEX çözümü ile elde edilen sonuçlar değişken komşu arama sezgiseli ile karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen hesaplamalı karşılaştırma analizleri sezgisel yöntemin optimum çözümü bulabildiğini ve CPLEX çözücüsünden daha iyi sonuçlar ürettiğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

Castillo-Salazar, J. A., Landa-Silva, D., ve Qu, R. (2014). Workforce scheduling and routing problems: literature survey and computational study. *Annals of Operations Research*, 1-29. doi:10.1007/s10479-014-1687-2

- Cordeau, J.-F., Laporte, G., Pasin, F., ve Ropke, S. (2010). Scheduling technicians and tasks in a telecommunications company. *Journal of Scheduling*, 13(4), 393-409. doi:10.1007/s10951-010-0188-7
- Dohn, A., Kolind, E., ve Clausen, J. (2009). The manpower allocation problem with time windows and job-teaming constraints: A branch-and-price approach. *Computers & Operations Research*, 36(4), 1145-1157. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.cor.2007.12.011>
- Edelstein, S. (2017). 2017 electric cars with more than 100 miles of range (updated). Retrieved from https://www.greencarreports.com/news/1107455_2017-electric-cars-with-more-than-100-miles-of-range
- Ernst, A. T., Jiang, H., Krishnamoorthy, M., ve Sier, D. (2004). Staff scheduling and rostering: A review of applications, methods and models. *European Journal of Operational Research*, 153(1), 3-27. doi:[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(03\)00095-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(03)00095-X)
- European-Commission. (2011). WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. In.
- European-Commission. (2014). WHITE PAPER Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system. Retrieved from <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/en/ALL/?uri=celex%3A52011DC0144>
- European Commission (2014). *Report from the commission to the European parliament and the council –Progress towards achieving the Kyoto and EU2020 objectives*. Retrieved from
- European Environment Agency. (2014). *Annual European union greenhouse gas inventory 1990–2012 and inventory report 2014*. (Technical report No 09/2014). European Environment Agency
- Google. (2020). The Google Maps Distance Matrix API. Retrieved from <https://developers.google.com/maps/documentation/distance-matrix/intro>
- Hansen, P., Mladenović, N., Brimberg, J., ve Pérez, J. A. M. (2010). Variable Neighborhood Search. In M. Gendreau ve J.-Y. Potvin (Eds.), *Handbook of Metaheuristics* (pp. 61-86). Boston, MA: Springer US.
- Kovacs, A. A., Parragh, S. N., Doerner, K. F., ve Hartl, R. F. (2012). Adaptive large neighborhood search for service technician routing and scheduling problems. *Journal of Scheduling*, 15(5), 579-600. doi:10.1007/s10951-011-0246-9
- Schiffer, M., ve Walther, G. (2017). The electric location routing problem with time windows and partial recharging. *European Journal of Operational Research*, 260(3), 995-1013. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2017.01.011>
- Schmidt, E. (2017). Battery Electric Cars Reported Range Comparison. Retrieved from <https://www.fleetcarma.com/2017-battery-electric-cars-reported-range-comparison/>
- Xu, J., ve Chiu, S. Y. (2001). Effective Heuristic Procedures for a Field Technician Scheduling Problem. *Journal of Heuristics*, 7(5), 495-509. doi:10.1023/A:1011377929184
- Zamorano, E., ve Stolletz, R. (2017). Branch-and-price approaches for the Multiperiod Technician Routing and Scheduling Problem. *European Journal of Operational Research*, 257(1), 55-68. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ejor.2016.06.058>



Soğutma Sistemlerindeki Soğutucu Akışkan Kaçak Tespiti İçin Kızılötesi Görüntüler Üzerinde Pearson Korelasyon Benzerlik Analiz Yönteminin Kullanılması

Ferzan Katırcıoğlu¹, Zafer Cingiz^{2*}, Yusuf Çay³, A. Etem Gürel⁴, Ahmet Kolip⁵

¹ Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5463-3792)

² Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, Elektrik ve Enerji Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3796-755X)

³ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4007-6168)

⁴ Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1430-8041)

⁵ Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6666-1141)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818440)

ATIF/REFERENCE: Katırcıoğlu, F., Cingiz, Z., Çay, Y., Gürel, A. E. & Kolip, A. (2020). Soğutma Sistemlerindeki Soğutucu Akışkan Kaçak Tespiti İçin Kızılötesi Görüntüler Üzerinde Pearson Korelasyon Benzerlik Analiz Yönteminin Kullanılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 28-36.

Özet

Soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan kaçakları montaj ve servis hatalarından kaynaklanabildiği gibi, zaman içinde boru ve bağlantılardaki titreşime ve malzeme yıpranmasına bağlı olarak oluşabilmektedir. Bu durum, soğutma sisteminin çalışma verimini engelleyerek, soğutma/ısıtma kapasitesini düşürme ve sistemde kızgınlık artışına neden olmaktadır. Ayrıca, emme hattında vakum düşüşü gerçekleşeceği için sisteme hava ve nem girişinden dolayı iç kirlenme ve tıkanma oluşmaktadır. Soğutucu akışkan kaçaklarının tespitinde köpükleme ve akışkan kaçak dedektörü ile algılama kullanılan en yaygın yöntemlerdir. Bu çalışmada, bir soğutma sisteminde oluşabilecek kaçakların tespiti için, kızılötesi görüntü işleme tekniğine dayalı yeni bir yöntem önerilmiştir. Bunun için ilk olarak, R22 soğutucu akışkan kullanılarak hazırlanan deney düzeneğinde, 7 farklı noktada, farklı zamanlarda yapay kaçaklar oluşturulur. Daha sonra, sağlam sistem kızılötesi görüntüsü ile yapay kaçak yapılmış sistem görüntüleri üzerinden daha önceden tespit edilmiş 12 alt bölgeden öznitelik verileri çıkartılmaktadır. Öznitelik özellik verilerinin elde edilme işleminde, belirlenen 12 bölgenin yüzey sıcaklık bilgileri kullanılmıştır. Yüzey sıcaklık bilgileri minimum, maksimum, ortalama ve en yoğun sıcaklık bilgisi olarak dört farklı şekilde çeşitlendirilmiştir. Kızılötesi görüntü analizi işlemini gerçekleştirmek için elde edilen öznitelik verileri Pearson Korelasyon Benzerlik Analizi (PKBA) işlemine sokulmaktadır. Son olarak, izlenmesi gereken 12 alt bölgenin PKBA sonuçları bir eşik değere tabi tutularak, eşik değerinin altında kalan bölgelerde “Kaçak vardır” tespiti yapılmaktadır. Diğer bir olası durum ise, eğer sağlam ve kaçak kızılötesi karşılaştırmasında, benzerlik değerinin çok yüksek bir değer oluşmasında, bu bölgeler için “Kaçak yoktur” sonucunu vermektedir. Kızılötesi görüntü işleme tekniği kullanılarak gerçekleştirilen PKBA ile kaçak tespit işlemi, kullanım kolaylığı, hızlı ve eş zamanlı kaçak tespit etme noktasında daha avantajlı olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Soğutucu akışkan kaçak tespiti, Kızılötesi görüntü işleme, Pearson Korelasyon Benzerlik Analizi

Using Pearson Correlation Similarity Analysis Method on Infrared Images to Detect Refrigerant Leakage in Refrigeration Systems

Abstract

Refrigerant leaks in refrigeration systems can be caused by assembly and service failures, as well as due to vibration and material wear in pipes and connections over time. This situation prevents the working efficiency of the refrigeration system, decreasing the cooling/heating capacity and causing an increase in superheating in the system. In addition, internal contamination and clogging occurs due to air and humidity entry into the system, as there will be a vacuum drop in the suction line. Foaming and detection with fluid

* Sorumlu Yazar: Düzce Üniversitesi, Düzce MYO, Elektronik ve Otomasyon Bölümü, Düzce, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5463-3792, ferzankatircioglu@duzce.edu.tr

leakage detector are the most common methods used to detect refrigerant leakages. In this study, a new method based on infrared image processing technique was proposed to detect leakages that may occur in a refrigeration system. For this, firstly, in the experimental setup prepared using R22 refrigerant, artificial leakages are created at 7 different points and at different times. Afterwards, feature data are extracted from 12 sub-regions previously determined by using the robust system infrared image and artificially illegal system images. In the process of obtaining feature property data, the surface temperature information of 12 sub-regions determined was used. Surface temperature information has been diversified in four different ways as minimum, maximum, average and most intense temperature information. In order to perform the infrared image analysis process, the feature data obtained are entered into the Pearson Correlation Similarity Analysis (PCSA) process. Finally, the PCSA results of the 12 sub-regions that need to be monitored are subjected to a threshold value and the regions below the threshold value are detected as "There is leakage". Another possible situation is that if the similarity value is very high in the comparison of robust and artificially illegal system infrared, it gives the result "No leakage" for these regions. Leakage detection with PCSA using infrared image processing technique has shown that it is more advantageous in terms of ease of use, fast and simultaneous leakage detection.

Keywords: Refrigerant leakage detection, Infrared image processing, Pearson Correlation Similarity Analysis

1. Giriş

Evsel ve ticari soğutma ile iklimlendirme sistemleri, dünya üzerinde gelişmiş modern hayatın vazgeçilmez bir parçasını oluşturmaktadır. Bozulabilen ürün ve maddelerin korunması, endüstrilerde sıcaklık ile ilgili süreçlerin düzenlenmesi ve konforlu bir ortam sağlanması bu sistemlerin kullanımının çok yaygın olduğunu göstermektedir.

Bir soğutma ve iklimlendirme sisteminde soğutucu akışkan kaçağı en sık karşılaşılan arıza olup, sistemin verimi açısından tespiti son derece önemlidir. Ani oluşan kaçaklar kolaylıkla tespit edilebilir, ancak yavaş ve uzun süreli oluşan kaçakların tespit edilmesi zordur. Büyük ölçekli soğutma sistemleri, kaçağı tespit etmek veya teşhis etmek için yeterli miktarda veriye sahiptir. Ancak küçük ve orta ölçekli sistemlerde kaçağın tespit edilmesi işlemi zorlaşmaktadır.

Literatür incelendiğinde soğutucu akışkan kaçakları üzerine yapılmış çalışmaları gruplandırmak mümkündür. Performans ve soğutma kapasitesine etkisi bakımından yapılan çalışmalar şu şekildedir. Poggi ve diğ. yaptıkları çalışmada, bir soğutma sistemindeki soğutucu akışkan şarj işlemlerinin gözden geçirilmesini sunmaktadır. Ayrıca, soğutucu akışkan şarjının, performans katsayısı (COP) ve soğutma kapasitesi üzerindeki etkisi de değerlendirilmektedir (Poggi, 2008). Goswami yaptığı çalışmada, toplam soğutucu akışkan miktarında %10'luk bir azalmasının, maksimum COP 'a kıyasla %3,5'lük bir soğutma kapasitesi azalması ve %2'lik bir COP artışı oluşturduğunu göstermiştir (Goswami, 2001). Corberán ve diğ. yaptıkları çalışmada, soğutucu kaçağı meydana geldiğinde COP ve soğutma ile ısıtma kapasitesinde ciddi oranda azalma meydana geldiğini gözlemlemiştir. Bu nedenden dolayı, konut tipi klimaların soğutucu akışkan miktarını tespit etmek önemlidir (Corberán, 2011).

Küresel ısınma ve çevresel etki ile elektrik tüketimi açısından bakıldığında yapılan çalışmalar şu şekildedir. Birleşik Krallık'ın büyük süpermarket zincirlerinden ikisinde soğutucu akışkan sızıntısına ait 1464 adet bakım kayıt raporundaki sızıntı verileri analiz edilmiştir. Analiz, onarım sırasında oluşan her bir sızıntının türünü, yerini ve soğutucu akışkan hacmini gruplandırmıştır. Kaydedilen kaçakların %82'sinden fazlası boru veya bağlantı arızaları ile kompresör ünitesinde ya da yüksek basınçlı sıvı hattında bulunan bir sızıntı contası/ yağ keçesinden oluştuğu belirlenmiştir (Francis, 2017). Soğutma sistemlerinden soğutucu akışkan kaçağı çevreyi hem küresel ısınma potansiyeli nedeniyle doğrudan etkilemekte hem de enerji tüketiminin artmasına yol açarak soğutma sisteminin verimliliğinin azalması (şarj kaybı nedeniyle) nedeniyle dolaylı şekilde etkilemektedir (Grace, 2005). Klimanın elektrik enerjisi tüketimindeki artış, freon sızıntısı ve kirli hava filtresinden kaynaklanabilmektedir. Freon sızıntısı meydana geldiğinde ve hava filtresi kirlendiğinde, sistem kompresörü, sıcaklık istenilen bir ayar noktası sağlanıncaya kadar sürekli çalışacağından elektrik tüketiminde artış olacaktır. Bu çalışmada, freon gazı sızıntısı oluştuğunda ve hava filtresi kirlendiğinde, klima kullanıcısının sorunu tespit edip bilgilendirebilecek bir kontrol sisteminin nasıl kurulacağı anlatılmıştır (Ramschie, 2017). Koranaki ve diğ., yaptıkları çalışmada, RealSkillsEurope projesinde, soğutucu akışkan emisyonlarının çevre üzerindeki etkisinin ve iklim değişikliğiyle olan güçlü ilişkisi vurgulanmıştır. Bu projede, AB üye ülkelerine sadece çevresel etki ve iklim değişikliği ile ilgili sorunlarla başa çıkmak için değil, aynı zamanda soğutucu akışkan kaçaklarının önlenmesi ile ilgili yöntemlerin ele alınması gerektiği belirtilmiştir. Proje ayrıca ortak ülkelerdeki ulusal yasalar ve Avrupa yasalarında belirtilen soğutucu akışkan kaçaklarının miktarını ve bunların yönetim yöntemlerini belirlemeye çalışmıştır (Koronaki, 2012). Avrupa Yönetmeliği 1516/2007, 3 kg'dan fazla soğutucu gaz içeren tüm ekipman ve/veya tesisler için periyodik muayeneler yapma yükümlülüğünü belirlemiştir. Tesisler, yılda 5 g'lık hata hassasiyeti olan bir kaçak dedektörü tarafından periyodik olarak kontrol edilmelidir. Çoğu durumda bu sızıntı testlerini vakum koşullarında yapmak uygun değildir. Bu nedenle, testler atmosfer basıncında kaçak dedektörü ile yapılmalıdır (Union, 2007). Arızaların erken tespiti, sektörde önemli bir konu olarak büyük ilgi görmektedir. Sistemin en temel arıza sorunu, boruların çatlaması veya bozulmasından kaynaklanan soğutucu akışkan kaçaklarıdır. İç ortam sıcaklık ayarlamasını engellemeyi yanı sıra, soğutucu akışkan kaçaklarının çevresel kirlenmeye neden olduğu iyi bilinmektedir (Koronaki, 2012) (Mota-Babiloni, 2015). Rossi yaptığı çalışmada, soğutucu akışkan kaçağının klimaların sıcaklık ayarlamadan dolayı oluşan arızalarının %63'ünü oluşturduğunu göstermiştir (Rossi, 2004). Madani ve diğ. yaptıkları çalışmada, hava kaynaklı ısı pompalarının arıza maliyetlerinin %17'sinin soğutucu akışkan kaçaklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir (Madani, 2014). Bir sistemin toplam karbon emisyonları, hem sistemden kaçan soğutucu akışkanın etkisini hem de bir sistemin güç tüketimini içermektedir. Elektrik tüketimi, sisteme soğutucu akışkan şarjı yapılması ve sık şekilde servis hizmetlerinden dolayı çalışma maliyetinin arttığını tespit etmiştir. Bunun yanında, sistem verimliliği düşeceği için elektrik tüketimi ve CO₂ emisyonları artacağından dolayı iklim değişikliği üzerinde dolaylı etki yapacaktır. Ayrıca, tüm bunların yanında iklim değişikliğine doğrudan etkide bulunacaktır (project R. S., tarih yok) (project R. Z., tarih yok).

Sıcaklık ve basınç verileri değerlendirilerek yapılan çalışmalar şu şekildedir. Koçyiğit ve diğ. yaptıkları çalışmada, p-h diyagramı buhar sıkıştırma soğutma çevrimindeki arızaları teşhis etmek için kullanılmıştır. Uzman bir kişi, soğutma sistemlerinde oluşabilecek daha fazla arızayı yorumlayabilecektir. Çalışmada, tanının uygulanmasını göstermek için sekiz yapay arıza içeren deney düzeneği kullanılmıştır. P-h diyagramlarındaki çevrim ile normal ve arızalı koşullar arasındaki farkın kolayca gözlemlenebileceği onaylanmıştır (Kocyiğit, 2014). Braun yaptığı çalışmada, kondenserde oluşan kirlenmenin ve yetersiz soğutucu akışkanın termodinamik ölçümler üzerindeki benzersiz etkileri ile ayırt edilebileceğini göstermiştir (Braun, 2003).

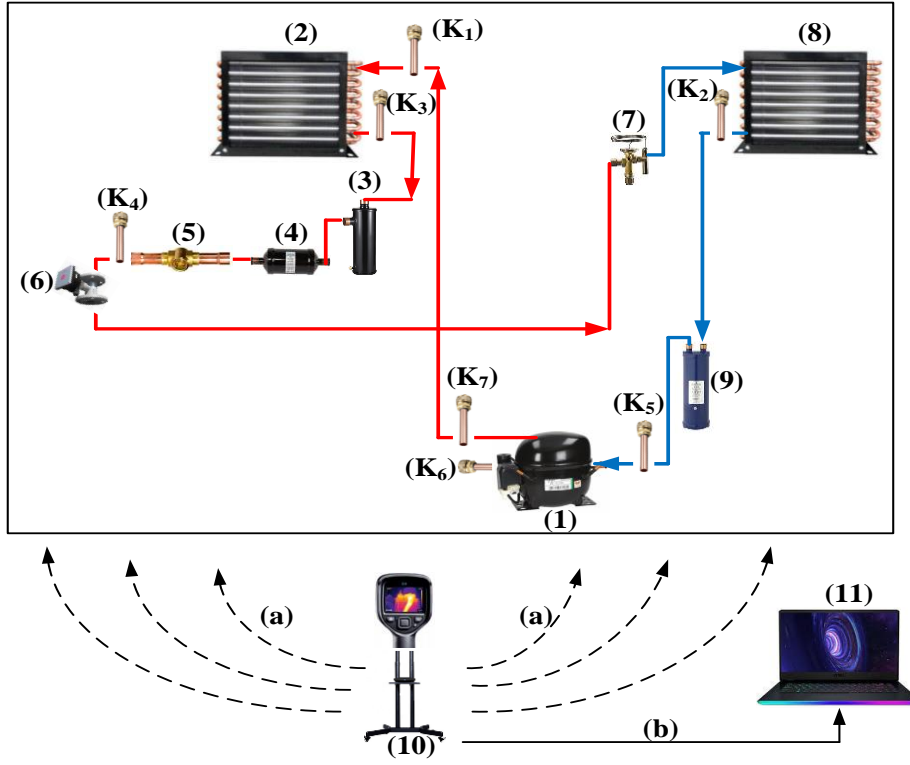
Sensör ve bilgisayar da veri işleme yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar şu şekildedir. Takeuchi ve diğ. yaptıkları çalışmada, sisteme monte edilmiş sensör verileri kullanılarak erken arıza tespitinin, endüstriyel tesislerde makine öğreniminin umut verici uygulama alanlarından biri olduğu vurgulanmıştır. Burada, soğutucu akışkan kaçağı tespiti için bir arıza teşhis yöntemi önerilmiştir. Gerçek proses verilerinin kaçak derecesinin zaman serisini ölçeklendirme kuralına göre tahmin edilerek ve önerilen yöntemin, uzmanlar tarafından yapılan değerlendirmeye karşılaştırılarak erken kaçak tespiti için umut verici olduğu doğrulanmıştır (Takeuchi, 2018). Tassou ve diğ. yaptıkları çalışmada, yapay sinir ağı kullanarak buhar sıkıştırma soğutma sistemindeki soğutucu akışkan kaçağını tahmin etmişlerdir. Şarj miktarını tahmin etmek için deneysel yöntemler genellikle çok doğrudur, ancak sisteme bağlı oldukları için tek bir sisteme uygulanabilmektedirler. Ampirik yöntem ayrıca büyük miktarda veri gerektirmektedir. Pek çok büyük sistemde, soğutucu akışkan yükünün % 20'sinden fazlasının her yıl atmosfere salınarak ozon tabakasının incelmeye ve küresel ısınmaya katkıda bulunduğu tahmin edilmektedir (Tassou, 2005). Yoo ve diğ. yaptıkları çalışmada, iki sensör bilgisini kullanarak bir ev tipi klimada soğutucu akışkan kaçağını tespit etmek için bir yöntem önermişlerdir. Bu çalışmada, deneysel verilere dayalı olarak, sınırlı sensör bilgisine sahip elektronik genleşme vanası monte edilmiş konut tipi klimalar için bir soğutucu akışkan kaçağı tespit yöntemi önerilmektedir. Bu yöntem, giriş havası ve ısı eşanjörünün orta noktası arasındaki sıcaklık farklarını kullanır. Çeşitli sıcaklık koşulları için, sıcaklık farkı, iyi bir kaçak tespit prosedürü olarak kullanılabilir benzer bir eğilim göstermektedir (Yoo, 2017). Son yıllarda gerçekleştirilen Katircioğlu ve diğ. yaptığı çalışmada, soğutma sistemlerinde termal görüntü analizi ile farklı soğutucu akışkanların uzaktan sensörsüz olarak performanslarının karşılaştırılması için, elde edilen termal görüntülerin iyileştirilmesi önerilmiştir (Katircioğlu, 2019).

Sisteme yeterli miktarda soğutucu akışkan şarj edilmemiş ya da sistemden bir şekilde soğutucu akışkan kaçağı gerçekleşmiş ise, soğutma ve ısıtma kapasitesi ile COP'da büyük ölçüde azalma meydana gelmektedir. Soğutma sisteminde optimum şarj miktarının uygulanması çok önemlidir. Çünkü soğutucu akışkan kaçağına bağlı olarak performansta düşüş oluşmaktadır. HCFC ve HFC soğutucuların doğrudan sera etkisine önemli etkilerinden dolayı, atmosferik emisyonlarını azaltmak acildir. Bu nedenle, sistemlerdeki kaçakların azaltılmasını sağlamak önemli bir hedeftir. Buhar sıkıştırma soğutma sistemlerinde, arızaların oluşmasından kaynaklanan performans düşüklüğü nedeniyle enerji tüketiminde büyük ölçüde bir artış söz konusu olmaktadır. Soğutma sistemleri, konut ve ticari binalardaki elektrik enerjisi tüketiminin büyük bir kısmını oluşturduğundan, arızaların tespit edilerek çözüme ulaştırılması ve bu arızaları başlangıçta tespit edebilen sistemlerin geliştirilmesi, ekonomik ve çevresel etkiye sahip olabilecek maliyet ve enerji tasarruflarını sağlayabilecektir. Bu çalışmanın amacı, soğutucu akışkan kaçaklarının hızlı ve uzaktan tespiti için kızılötesi görüntü işleme tekniği kullanılan bir yöntem geliştirmektir. Literatürdeki ve genel uygulamalarda kullanılan yöntemlere göre birden fazla noktada kaçak tespiti ve her türlü soğutucu akışkan içinde kullanılabilir olması önerilen yöntemin en büyük üstünlükleridir.

2. Materyal ve Metot

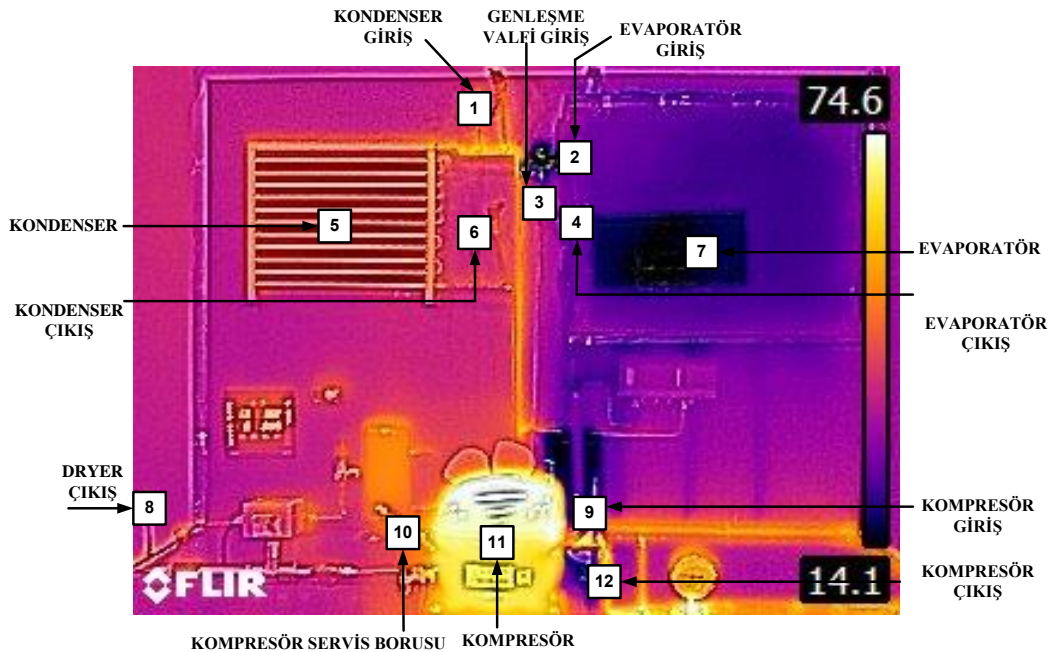
Deney düzeneği olarak buhar sıkıştırma soğutma çevrimi esasına göre, R22 soğutucu akışkanı ile çalışmakta olan ticari tip bir soğutma sistemi tasarlanmıştır. Tasarlanan deney sisteminde kullanılan ekipman ile yapay kaçak noktalarının ve termal kameranın pozisyonları Şekil 1'de gösterilmiştir.

Soğutma sisteminin ve kullanılan soğutucu akışkanın kaçak noktalarını görüntü işleme yöntemiyle değerlendirmek amacıyla sistemden görüntüler alınmıştır. Görüntüler, sabit çalışma koşullarına ulaşıldıktan sonra alınmıştır. Tasarlanan deney sisteminde kullanılan ekipmanların teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Soğutma sisteminden ve yapay kaçakların oluşturulduğu noktalardan termal kamera ile görüntü alma işlemi Şekil 2'de gösterilmiştir.



1	Kompresör	8	Evaporatör	K ₁	Kondenser girişi yapay kaçak noktası
2	Kondenser	9	Likit tutucu	K ₂	Evaporatör çıkışı yapay kaçak noktası
3	Sıvı deposu (receiver)	10	Termal kamera	K ₃	Kondenser çıkışı yapay kaçak noktası
4	Drayer-kurutucu	11	PC	K ₄	Drayer çıkışı yapay kaçak noktası
5	Gözetleme camı	a	Termal kamera ile görüntü alınması	K ₅	Kompresör girişi yapay kaçak noktası
6	Akışölçer	b	Veri aktarımı	K ₆	Servis borusu yapay kaçak noktası
7	TGV			K ₇	Kompresör çıkışı yapay kaçak noktası

Şekil 1. Deney sistemindeki ekipman, yapay kaçak noktaları ve termal kameranın pozisyonu



Şekil 2. Soğutma sisteminden ve yapay kaçak oluşturulan bölgelerden alınan termal görüntüler

Tablo 1. Deney düzeneğinde kullanılan ekipmanların özellikleri

Ekipman ve Sensörler	Voltaj	Akım	Güç	Teknik Özellikler
Kompresör	220-240V		1/2 Hp	Embraco NEU 6215 GK - Hermetik pistonlu, Akışkan: R22
Kondenser	220-240V		3/4 Hp	Karyer KT- hava akışlı
Evaporatör	220-240V		1/2 Hp	Karyer KT- hava akışlı
Genleşme Valfi				DuNan TGV TIS dıştan dengeli rakorlu, Tek yönlü PS 46 bar, Akışkan: R22, Çalışma aralığı: -40/+10 °C
Sıvı Deposu				ESS-LRY Basınç: 32 bar, Çalışma aralığı: 0/+70 °C, Hacim: 1.1 L
Likit Tutucu				SAN XIN SX-204
Drayer				Sanhua DTG, Kaynaklı, Çalışma aralığı: -40/+120 °C
Gözetleme camı				SARCOOL kaynaklı
Termal kamera	AC adaptör 90-260V AC giriş Kameraya 5V DC çıkış			FLIR E8-XT, Kızılötesi çözünürlük (IR): 320x240 (7680 piksel), Termal hassasiyet: <0.05 °C/<50 mK Minimum odak uzaklığı: 0.5 m, Termal duyarlılık: <0.06 °C, Nesne sıcaklık aralığı: -20/+550 °C, Doğruluk: +10 °C ile +35 °C arasındaki ortam sıcaklığı ve +0 °C üzerindeki nesne sıcaklığı için ±2 °C veya okumanın ±2 %'si
Akış ölçer	12-24V DC	4-20 mA		Bass- TDSS.004.015.D.A.10.S.S.N.N Ölçme Aralığı : 0,6... 4,5 l/dk, Hassasiyet : % 1 T.S. Sıcaklık : -40...120°C, Basınç : 63 bar max.
Soğutucu akışkan kaçak dedektörü				Testo 316-4, HCFC, HCF, CFC soğutucu akışkanları Ölçüm parametresi: g/yıl, reaksiyon zamanı: 1 saniye Kaçak alarmı: optik ve sesli alarm Çalışma sıcaklığı: -20/+50 °C, çalışma nemi: 20-80 %RH

Termal kamera ile alınan kızılötesi görüntüler üzerinden kaçak noktalarının tespitinin doğru değerlendirilebilmesi ve karşılaştırılabilmesi için elektronik soğutucu akışkan kaçak dedektörü kullanılmıştır. Cihazda bir sensör vasıtasıyla soğutucu akışkan kaçağı oluştuğunda cihaz alarm vermektedir. Genellikle bilinmeyen bir kaçağı bulmanın en hızlı yoludur. Kaçak alanı daha sonra tam yerini doğrulamak için sabun çözeltisiyle kaplanarak yer tam olarak belirlenebilmektedir. Soğutma sisteminde oluşturulan yapay kaçak noktalarından kaçağın tespit edilebilmesi için kullanılan dedektör Şekil 3'te görülmektedir.

R22, soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında bir çalışma akışkanı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Küresel ısınma etkileri, bu soğutucu akışkanın arıza veya yer değiştirmeden dolayı mevcut cihazlardan salınması sonucunda büyük oranda artmaktadır (Llopis, ve diğerleri, 2011). R22, farklı sıcaklıklarda çok çeşitli soğutma ve klima uygulamaları için uygundur. Çevresel etki açısından incelendiğinde, ODP değeri 0.055 olup, GWP değeri ise 1810'dur (Linde, 2020).



a) Kaçak dedektörü



b) Normal çalışma durumu



c) Kaçak tespit durumu

Şekil 3. Elektronik soğutucu akışkan kaçak dedektörü

3. Pearson Korelasyon Benzerlik Analizi (PKBA) yöntemi ile soğutma sisteminde soğutucu akışkan kaçak tespiti

Benzerlik ölçüleri nesnelere arasındaki benzerlik derecesini hesaplamada kullanılan fonksiyonlardır ve benzerlik derecesi [0,1] veya [-1,1] aralığında yer almaktadır (Akpınar, 2014). Korelasyon iki nesnenin öznel değerleri arasındaki lineer ilişkinin yönünün ve gücünün belirlenmesinde en yaygın olarak kullanılan benzerlik ölçüsüdür (Ahlgren, 2003). x ve y veri dizileri arasındaki Pearson korelasyonu, n toplam nesne sayısı ve σ_x ve σ_y dizilerin standart sapması, \bar{x} ve \bar{y} dizilerin aritmetik ortalaması olmak üzere, aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$PearsonCorr_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(n-1)\sigma_x\sigma_y} \quad (1)$$

Önerilen çalışmada, ilk olarak orijinal çalışan sistem ile karşılaştırma yapılacak yapay kaçak oluşturulmuş sistemlerden alınan termal görüntülerden her bir kesilmiş görüntü parçası için iki adet öznelik matrisleri pearson korelasyonuna sokulmaktadır. Her bir görüntü parçası için, maksimum, minimum, ortalama sıcaklık ve bölge içinde kullanılan en yoğun sıcaklık değerleri olmak üzere 4 adet öznelik değerleri kullanılmıştır. İkincil işlem olarak, her bir görüntü parçası için elde edilen Pearson korelasyon değeri bir eşik değere sokulmaktadır. Son işlem olarak, eşik değerinin altında kalan görüntü parçasında kaçak vardır tespiti Eşitlik 2. de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{If } PearsonCorr_{xy} < Th, & \quad \text{Kaçak var} \\ \text{Else} & \quad \text{Kaçak yoktur} \end{aligned} \quad (2)$$

Eşitlik 3. de , seçilen bölgelerin maksimum ve minimum sıcaklık verilerinin elde edilmiş yöntemleri sunulmuştur.

$$\begin{aligned} T_{max} &= \max(T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I) \\ T_{min} &= \min(T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I) \end{aligned} \quad (3)$$

Eşitlik 3 de ki T_I , renkli kızılötesi görüntünün gri termal görüntüye dönüştürülerek elde edilen giriş görüntüsünü, T_{low} ve T_{high} sıcaklık barının alt ve üst değerlerini göstermektedir.

Belirlenen bölgenin kızılötesi görüntüsünde yer alan sıcaklık değerlerinin ortalama değeri ise Eşitlik 4 de verilmiştir.

$$T_{av} = \frac{\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N T_{low} + (T_{high} - T_{low}) * T_I}{M * N} \quad (4)$$

Eşitlik 4'teki M ve N kesilen bölgenin boyut bilgileridir. Belirlenen bölgenin kızılötesi görüntüsünde en yoğun sıcaklık değerini tespit etmek için seçilen bölgenin pikselleri için histogram oluşturulmuştur. Bu histogram sonuçlarında en yüksek değere sahip sıcaklık değeri seçilen en yoğun yüzey sıcaklık değeri olarak tespit edilmiştir. Tablo 1'de kaçak olmayan sağlam sistemden alınmış kızılötesi görüntüdeki 12 alt bölgesi için elde edilmiş öznelik matrisi verilmiştir. Alt bölgelerin seçiminde, sisteme etkileyen elamanlar tercih edilmiş olup, bu elamanların giriş, çıkışları ve yüzey sıcaklık bölgeleri alınmıştır. Bu bölgelerdeki pikseller incelenerek, Maksimum Yüzey Sıcaklık (MakS), Minimum Yüzey Sıcaklık (MinS), Ortalama Sıcaklık (OS) ve En Yoğun Yüzey Sıcaklık (EYYS) öznelik verileri oluşturulmuştur.

Tablo 2. Kaçak olmayan sağlam kızıl ötesi görüntüsü için elde edilen öznelik matrisi

Bölge	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
MakS	52,28	28,34	38,56	41,98	24,98	45,48	38,44	32,48	52,50	46,62	75,45	48,32
MinS	44,64	27,14	38,56	41,98	22,63	40,59	26,77	20,58	50,68	37,75	68,51	48,32
OS	50,86	27,51	38,56	41,98	23,78	44,02	31,20	25,17	51,36	45,28	71,38	48,32
EYYS	52,00	27,00	39,00	42,00	24,00	44,00	32,00	21,00	51,00	47,00	71,00	48,00

3.1. Akış diyagramı ve Matlab GUI ara yüzünün tanıtımı

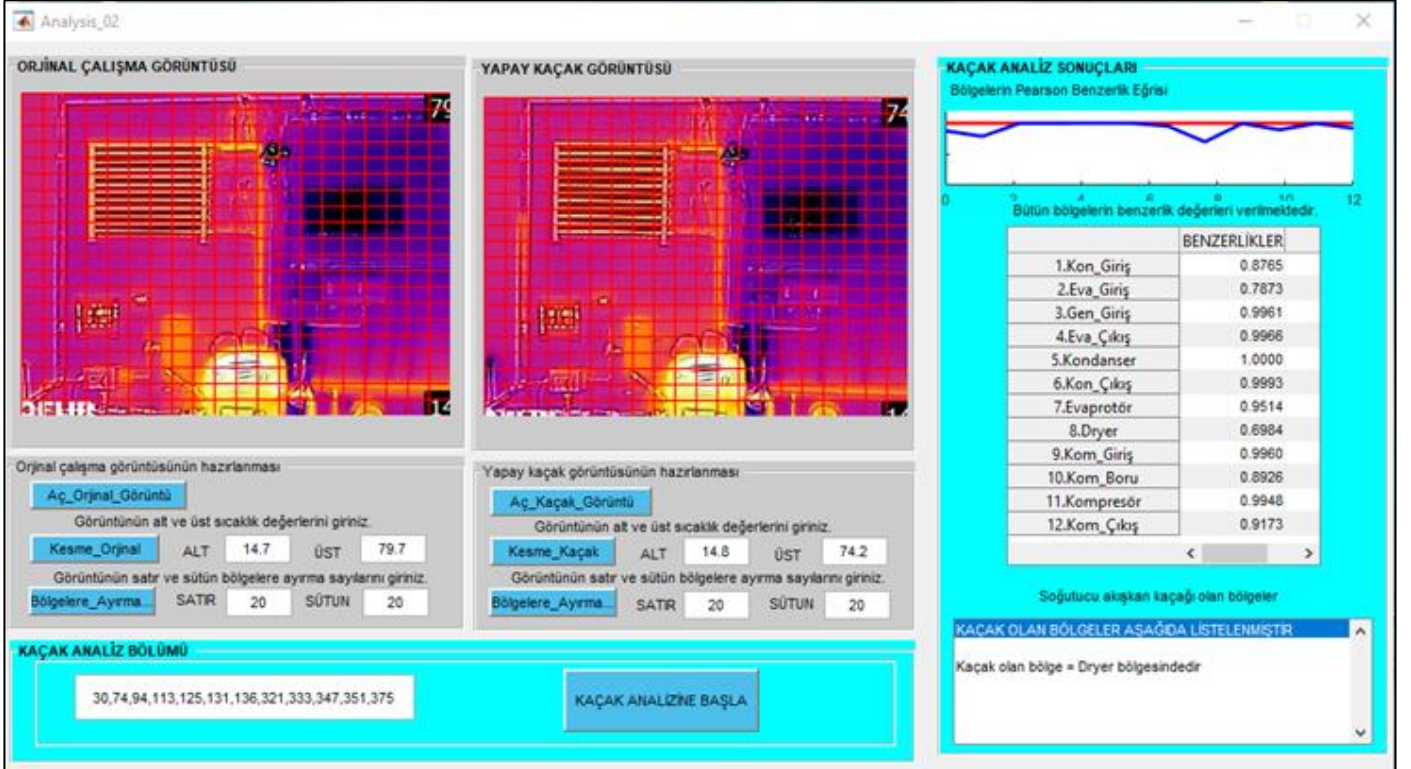
Önerilen sisteminin akış şeması Şekil 4'te yer almaktadır. İlk olarak soğutucu akışkan kaçağı olmayan sistem görüntüsü ile yapay kaçak oluşturulmuş kızılötesi görüntüleri termal kamera ile alınmaktadır. İkinci aşamada bu iki kızılötesi görüntüler üzerinden öznelik verileri çıkartılarak her iki durum için özellik matrisi oluşturulmaktadır. İki özellik matrisi PKBA işlemine sokularak seçilen 12 bölgenin benzerlik değerleri elde edilmektedir. Son olarak, seçilen 12 bölgenin benzerlik değerleri %75 eşik değeri ile karşılaştırılmaktadır. Bu eşik değerinden küçük olması durumunda, ilgili bölgede "soğutucu akışkan kaçağı vardır" tespiti yapılmaktadır.



Şekil 4. Önerilen çalışmanın akış diyagramı

Soğutucu akışkan kaçak tespiti Matlab GUI ara yüz ile gerçekleştirilmiş olup, **Şekil 5**'te genel görünümüne yer verilmiştir. İlk olarak, sağlam sistem görüntüsü ile karşılaştırılacak olan yapay kaçak kızılötesi görüntüsü yüklenerek, başlanmaktadır. Her iki kızılötesi görüntüsünde yer alan sıcaklık bar göstergelerinin alt ve üst sıcaklık değerleri girildikten sonra, "Kesme_Orjinal" ve "Kesme_Kaçak" butonlarına basılır. Görüntülerin sol üst köşesi ve sağ alt köşesinden istenilen koordinat noktaları girilerek, kesme işlemi yapılmaktadır. Böylece deney setinin arka plan kısımları, sıcaklık bar göstergesi gibi istenilmeyen bölgeler kesilerek atılmaktadır. Bu işlemden sonra, kullanıcıdan kesilen görüntüyü kaç alt bölgeye ayırması gerektiği sorulur ve bunun için satır ve sütun bilgileri girilmektedir. Çalışmada bütün görüntüler 20x20 olmak üzere 400 alt bölge oluşturularak kaçak tespit işlemi gerçekleştirilmiştir.

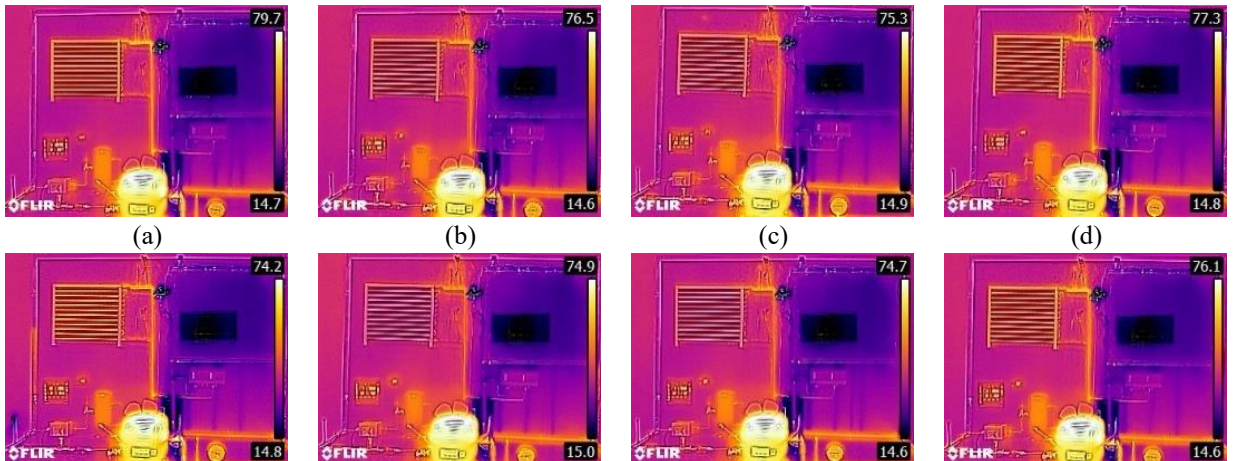
Bu tercih edilen bölgeler **Şekil 2**'de verilmiş olup, soğutma sistem elamanlarının giriş, çıkış ve yüzey bölgelerini kapsamaktadır. Görüntünün tamamını almayıp, sadece bazı bölgeler üzerinde çalışmanın temel amacı, işlem hızını artırmak ve analiz işlemlerine doğru yoğunlaşmayı gerçekleştirmek için yapılmıştır. Kullanıcı bölge numaralarını girdikten sonra, "KAÇAK ANALİZİNE BAŞLA" butonuna basarak kaçak tespit işlemi başlatılmaktadır. Yöntemin analiz sonuçları ara yüzün sağ alt tarafında verilmektedir. Kaçak tespit sonuçları her seçilen bölgenin benzerlik değerini tablo ile kaçak olan bölgeyi ise yazılı olarak belirterek sunulmuştur.



Şekil 5. Soğutucu akışkan kaçak tespit işleminin Matlab GUI ara yüzü

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Önerilen çalışmada, soğutucu akışkan olarak R22 soğutucu akışkanı kullanılmış olup, 7 farklı bölgede yapay soğutucu akışkan kaçağı durumu oluşturulmuştur. Kaçak oluşturulmamış sistemin kızılötesi görüntüsü referans orijinal sağlam görüntü olarak alınmıştır. **Şekil 6 b-h**'de yer alan 7 kızılötesi görüntüleri oluşturulan yapay kaçak durumundan 5 dakika sonra alınmıştır. Her bir yapay kaçak test görüntüsü için 12 bölge belirlenerek 4 öznitelik elde edildikten sonra, PKBA işlemine sokulmaktadır. **Tablo 3**, PKBA işlemine sokulduktan sonra, 12 bölgenin referans görüntü ile benzerlik değerlerini vermektedir.



(e) (f) (g) (h)
Şekil 6. Soğutucu akışkan yapay kaçak kızılötesi görüntüleri

(a) Orijinal sağlam görüntü, (b) Kondenser girişinde kaçak görüntüsü, (c) Evaporatör çıkışında kaçak görüntüsü, (d) Kondenser çıkışında kaçak görüntüsü, (e) Dryer çıkışında kaçak görüntüsü, (f) Kompresör girişinde kaçak görüntüsü, (g) Kompresör servis borusunda oluşturulan kaçak görüntüsü, (h) Kompresör çıkışında oluşturulan kaçak görüntüsü

Çalışmada daha sonra oluşturulan yapay kaçak noktalarından elektronik soğutucu akışkan kaçak dedektörü ile kontrol gerçekleştirilmiştir. Tablo 3'te verilen benzerlik değerleri 0,75'den küçük olan bölgelerde kaçak dedektörü uyarı vermiştir. Bu karşılaştırma ölçütü ile önerilen yöntemin kaçak dedektörü ile uyumlu davranış göstermiş olduğu teyit edilmiştir. Soğutma sisteminde oluşturulan yapay kaçakların elektronik soğutucu akışkan kaçak dedektörü ile tespit işlemi Şekil 7'de gösterilmiştir. Elektronik soğutucu akışkan kaçak dedektörü ile yapılan kontrollerde soğutucu akışkan kaçak tespiti tek bir noktada ise kısa süre içerisinde yeri tespit edilmiştir. Bunun yanında kaçak yerinin lokal olarak tespit edilebilmesi bu cihazların avantajı olarak görülmüştür. Kaçak yeri tespit edildikten sonra tekrar sisteme yaklaştırılmadan önce temiz bir ortamda sıfırlanarak kullanılması ayrıca bir zaman kaybı olarak göze çarpmaktadır. Birden fazla noktada soğutucu akışkan kaçağı olduğunda ise dedektör kaçağın yeri hakkında net bir tespit gerçekleştirememektedir. Ayrıca kullanılan soğutucu akışkan dedektörde tanımlı ise uyarı alınabilmektedir. Kayıtlı olmayan bir soğutucu akışkan kullanıldığında ise mevcut soğutucu akışkan kaçağının yeri tespit edilememektedir. Ortamda başka gazların kaçması ya da bulunması durumunda kaçağın yerinin tespit edilmesi zorlaşmaktadır. Kaçağın devam etmesi ile ortamda yayıldıktan sonra soğutucu akışkanın reaksiyonun azalmasını bekleyerek tekrar dedektör ile kaçağın tespiti yapılmaya kadar geçen süre yine zaman kaybı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca soğutucu akışkan sektöründe gelişmeler ve yeni üretilecek her soğutucu akışkan için dedektör ve sensör temin edilmesi ihtiyacı olması maliyeti artırıcı bir durum olarak göze çarpmaktadır. Karbon monoksit ve alkol, çoğu elektronik kaçak dedektörünün hassasiyetini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Kaçak tespit ederken hiçbirinin mevcut olmadığından emin olunmalıdır. Çoğu elektronik kaçak dedektörünün yanıcı veya patlayıcı gazlar içeren ortamlarda kullanılması önerilmez. Sensör son derece yüksek sıcaklıklarda çalışmaktadır. Bu sensör yanıcı bir gazla temas ederse, bir patlama meydana gelebilmektedir. Bu çok tehlikeli ve maliyetli olmaktadır. Olası bir kaçak durumunda ise elektronik kaçak dedektörü zarar görebilecektir.



Şekil 7. Sistem oluşturulan yapay kaçağın dedektör yardımıyla tespiti

Tablo 3'ün sayısal sonuçlarına bakıldığında, oluşturulan yapay kaçak bölgelerinde benzerlik değerlerinin düştüğü gözlemlenmektedir. Örneğin kompresör giriş ve çıkış bölgelerinde yapay kaçak oluşturulmasında 0,5567 ve -0,4231 benzerlik değerleri ile kaçakları tespit edildiği doğrulanmaktadır. Oluşan soğutucu akışkan kaçağı bulunmuş olduğu ortamın minimum, maksimum, ortalama ve en yoğun yüzey sıcaklık değerlerini değiştirmiştir. Bu değişim sayesinde, PKBA benzerlik değerlerinin bir eşik değer ile karşılaştırılarak kaçak bölgelerinin bulunabileceği kanıtlanmaktadır. Kaçak noktalarından görüntü alma süreleri uzadıkça tablodaki değerlerin daha düşük olacağı görülmektedir.

Tablo 3. Yapay kaçak durumlarında bölgelerin benzerlik değerleri

Seçilen Alt Bölgelerin Benzerlik Değerleri	YAPAY KAÇAK DURUMLARI						
	Kondenser Giriş	Evaporatör Çıkış	Kondenser Çıkış	Dryer	Kompresör Giriş	Kompresör Servis Borusu	Kompresör Çıkış
B1	0,5952	0,8763	0,9919	0,8765	0,9316	0,8029	0,9962
B2	0,9175	0,8971	0,9964	0,7873	0,7774	0,9916	0,9297
B3	0,8878	0,9778	0,9419	0,9961	0,8305	0,9563	0,9686
B4	0,9957	0,7313	0,8599	0,9966	0,8893	0,9274	0,9799
B5	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
B6	0,9856	0,8522	0,5422	0,9993	0,9967	0,9413	0,9286
B7	0,9109	0,9965	0,8659	0,9514	0,9706	0,9159	0,9902
B8	0,8381	0,8350	0,8662	0,6984	0,8486	0,9721	0,8086
B9	0,9903	0,9863	0,9889	0,9960	0,5567	0,9060	0,9726

B10	0,7588	0,9721	0,9297	0,8926	0,9281	0,6911	0,9864
B11	0,9969	0,9598	0,8091	0,9948	0,8312	0,9951	0,9967
B12	0,9076	0,8390	0,9961	0,9173	0,7529	0,9971	-0,4231

4. Sonuç

Önerilen çalışmada ticari tip soğutma sistemlerinde soğutucu akışkan kaçaklarının tespiti için kızılötesi görüntü işlemi yöntemi uygulanmıştır. PKBA ile elde edilen benzerlik değerlerinin bir eşik değerden geçirilerek yapılan bu kaçak tespit yöntemi soğutma sisteminde başarılı bir şekilde uzaktan gerçekleştirilebileceği ispatlanmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan kızılötesi görüntüleme ile kaçak tespit sensörünün arıza arama yöntemine alternatif, ara yüz özelliği ile daha görsel çözüm yöntemi getirilmiştir. Sistem için geliştirilen yazılım, kullanıcı için kolay programlanabilir özelliktedir. En büyük dezavantajı referans orijinal görüntü ile kaçak oluşturulmuş görüntü bölgelerinin birbirine denk kesilme işleminin zor gerçekleştirilmesidir. Önerilen yöntemin endüstriyel uygulamalarda tercih edilen bir yöntem olması için, soğutma sisteminde kullanılan elamanların nesne tanıma işlemi katılarak kaçak analizi yapılması, ileride yapılması gereken çalışmalar olarak düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 218M936 numaralı projeye desteklenmiştir.

Kaynakça

- Ahlgren, P., Jarneving, B., & Rousseau, R. (2003). Requirements for a cocitation similarity measure, with special reference to Pearson's correlation coefficient. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 54(6), 550-560.
- Akpınar, H. (2014). *Data*. İstanbul: Papatya.
- Braun, J. E. (2003). Automated fault detection and diagnostics for vapor compression cooling equipment. *J. Sol. Energy Eng.*, 125(3), 266-274.
- Corberán, J. M.-G.-B.-M.-P. (2011). Influence of the source and sink temperatures on the optimal refrigerant charge of a water-to-water heat pump. *International Journal of Refrigeration*, 34(4), 881-892.
- Francis, C. M. (2017). An investigation of refrigerant leakage in commercial refrigeration. *International Journal of Refrigeration*, 74, 12-21.
- Goswami, D. Y. (2001). Effect of refrigerant charge on the performance of air conditioning systems. *International journal of energy research*, 25(8), 741-750.
- Grace, I. D. (2005). Sensitivity of refrigeration system performance to charge levels and parameters for online leak detection. *Appl. Therm. Eng.*, 25(4), 557-566.
- Katircioğlu, F. Ç. (2019). Infrared image enhancement model based on gravitational force and lateral inhibition networks. *Infrared Physics & Technology*, 100, 15-27.
- Kocyyigit, N. B. (2014). Fault diagnosis of a vapor compression refrigeration system with hermetic reciprocating compressor based on ph diagram. *International journal of refrigeration*, 45, 44-54.
- Koronaki, I. P. (2012). Refrigerant emissions and leakage prevention across Europe—Results from the RealSkillsEurope project. *Energy*, 45(1), 71-80.
- Linde. (2020). Linde gas. Mayıs 26, 2020 tarihinde www.linde-gas.com: https://www.linde-gas.com/en/products_and_supply/refrigerants/hcfc_refrigerants/r22/index.html.
- Llopis, R., Cabello, R., Sánchez, D., Torrella, E., Patiño, J., & Sánchez, J. G. (2011). Experimental evaluation of HCFC-22 replacement by the drop-in fluids HFC-422A and HFC-417B for low temperature refrigeration applications. *Applied Thermal Engineering*, 31(6-7), 1323-1331.
- Madani, H. &. (2014). A comprehensive study on the important faults in heat pump system during the warranty period. *International journal of refrigeration*, 48, 19-25.
- Mota-Babiloni, A. N.-E.-C. (2015). Commercial refrigeration—an overview of current status. *International journal of refrigeration*, 57, 186-196.
- Poggi, F. M.-T. (2008). Refrigerant charge in refrigerating systems and strategies of charge reduction. *International Journal of Refrigeration*, 31(3), 353-370.
- project, R. S. (2020). <http://www.realskillseurope.eu/>.
- project, R. Z. (2020). <http://www.realzero.org.uk/>.
- Ramschie, A. A. (2017). Method of Freon Leak Detection and Dirty Air Filter in Air Conditioning for Electrical Savings. *International Journal of Computer Applications*, 172(1), 35-40.
- Rossi, T. M. (2004). Unitary air conditioner field performance.
- Takeuchi, S. &. (2018). Fault Diagnosis Method Based on Scaling Law for On-line Refrigerant Leak Detection. I. 2. (ICMLA), 1087-1094.
- Tassou, S. A. (2005). Fault diagnosis and refrigerant leak detection in vapour compression refrigeration systems. *International Journal of Refrigeration*, 28(5), 680-688.
- Union, O. J. (2007). Commission Regulation (EC) No 1516/2007, no. L335/10. Brussels.
- Yoo, J. W. (2017). Refrigerant leakage detection in an EEV installed residential air conditioner with limited sensor installations. *International Journal of Refrigeration*, 78, 157-165.



Analysis and Evaluation of Multicast Video Streaming Over IEEE 802.11n/ac

Berna Bulut Cebecioğlu^{1*}

¹ Kabaoğlu Mahallesi, Prof. Baki Komsuoglu Bulvarı, No:515EU, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0001-5988-4718)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818585)

ATIF/REFERENCE: Bulut Cebecioğlu, B. (2020). Analysis and Evaluation of Multicast Video Streaming Over IEEE 802.11n/ac. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 37-42.

Abstract

There is an ever-growing interest for video applications. It is well-known that video applications have very stringent quality of service (QoS) requirements and require high data rates. To meet ever growing demands for mobile video streaming applications and stringent QoS requirements, it is required to optimise the current networks. IEEE 802.11 is one of the most widely deployed networks in the world. Therefore, this paper investigates the performance of multicast video streaming over IEEE 802.11n/ac in a mobile outdoor scenario. To this end, an end-to-end system level simulator is developed to evaluate the performance of the perceived video quality at the receiver in terms of peak signal to noise ratio (PSNR) and resource efficiency in terms of total transmission times for different application layer - forward error correction (AL-FEC) and medium access control (MAC) layer parameters. Results show that without AL-FEC protection the legacy IEEE 802.11n/ac provides very poor quality of experience. However, the perceived video quality can be significantly improved by adding some extra repair symbols. Since video applications have very challenging QoS requirements, changing only MAC parameters are unable to meet these QoS requirements thus additional AL-FEC protection is required. Moreover, it is observed that with the use of the frame aggregate mechanism at the MAC layer, the total transmission times can be significantly reduced and hence the resource consumptions.

Keywords: Video streaming, Multicasting, IEEE 802.11n/ac, PSNR.

IEEE 802.11n/ac Üzerinden Çoklu Video Yayını Analizi ve Değerlendirilmesi

Öz

Video uygulamalarına ilgi giderek artıyor. Video uygulamalarının çok katı hizmet kalitesi (QoS) gereksinimleri olduğu ve yüksek veri hızları gerektirdiği iyi bilinmektedir. Mobil video uygulamaları için giderek artan talepleri ve katı QoS gereksinimlerini karşılamak için mevcut ağları optimize etmek gerekir. IEEE 802.11, dünyadaki en yaygın kullanılan ağlardan biridir. Bu nedenle, bu makale, mobil bir dış mekan senaryosunda IEEE 802.11n/ac üzerinden çoklu video gönderim performansını araştırmaktadır. Buna amaçla, alıcıda algılanan video kalitesinin performansını tepe sinyal gürültü oranı (PSNR) açısından ve kaynakların verimli kullanılmasını toplam iletim süresi açısından, farklı uygulama katmanı ileri hata düzeltme kodları (AL-FEC) ve orta erişim denetimi (MAC) katmanı parametreleri için değerlendirmek üzere uçtan uca bir sistem seviyesi simülatörü geliştirilmiştir. Sonuçlar, AL-FEC koruması olmadan geleneksel IEEE 802.11n/ac'nin çok düşük kalitede deneyim sağladığını göstermiştir. Bununla birlikte, bazı ekstra onarım sembolleri göndererek, video kalitesi önemli ölçüde iyileştirilebilir. Video uygulamalarının çok zorlu QoS gereksinimleri olduğundan, yalnızca MAC parametrelerini değiştirmek bu QoS gereksinimlerini karşılayamaz, bu nedenle ek AL-FEC koruması gerekir. Ayrıca, MAC'de çerçeve kümeleme mekanizmasının kullanılmasıyla, toplam iletim sürelerinin ve dolayısıyla kaynak tüketimlerinin önemli ölçüde azaltılabildiği gözlemlenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Video gönderme, Çoklu gönderim, IEEE 802.11n/ac, PSNR.

* Corresponding Author: Kabaoğlu Mahallesi, Prof. Baki Komsuoglu Bulvarı, No:515EU, Kocaeli, Turkey, ORCID: 0000-0001-5988-4718, berna.bulut1@hotmail.com

1. Introduction

Wide deployment of mobile phones and tablet PCs has led to increasing demands for mobile multimedia traffic. Especially, the video traffic constitutes a significant portion (around 82%) of global internet traffic (Cisco, 2017). Currently the IEEE802.11 standard is one of the widely deployed networks in the world used for video streaming applications (IEEE Std 802.11, 2016). In order to meet the increased traffic load and higher quality of service (QoS) requirements of video streaming services, the IEEE 802.11 standard has been evolved during the last decade. Many new IEEE802.11 standards have been developed to increase the capacity, quality, and networks utilisations of the legacy system. Nowadays, IEEE802.11n operates at 2.4 GHz and 5 GHz bands and IEEE802.11ac operates at 5 GHz are widely used versions of the standard (IEEE Std 802.11, 2016) both amendments implement multiple input multiple output (MIMO) technology to increase the throughput. However, the higher throughput provided by MIMO technology is not well utilised, due to the high contention overhead and using lower data rates for control signalling. To improve the channel usage, frame aggregation mechanism at the medium access control (MAC) layer was proposed. Frame aggregation mechanisms are supported in both IEEE 802.11n and 11ac standards.

With the frame aggregation mechanism, multiple UDP/IP data packets arrived from the transport/application layer (AL) can be combined to form a larger aggregated data frame. In this way, when an AP/client gets access the medium to transmit a number of frames can combine them into an aggregate frame to avoid contenting the channel many times. This allows reducing the contention times (overhead requires transmitting every frame) and utilising the channel efficiently.

Two types of frame aggregation mechanisms are proposed in the standard: Aggregated MAC service data unit (A-MSDU) and aggregated MAC protocol data unit (A-MPDU). In A-MSDU, multiple logical link control (LLC) frames, namely MSDUs are combined to build a single A-MSDU. The aggregated frame contains one MAC header and has a maximum size of 7935MSDU bytes. In A-MPDU, MAC header is added to each MSDU to form an MPDU then multiple MPDUs are combined to create an A-MPDU. An A-MPDU has the maximum of 65535 bytes in size. Since an A-MSDU contains only one MAC header, if a part of an A-MSDU is lost then all aggregated MSDUs will be lost. However, in A-MPDU mechanism, each MSDU has a separate MAC header even if some parts of an A-MPDU is lost some MSDUs can be still recovered. Therefore, in this work, the A-MPDU mechanism is considered for multicast video streaming. Since for multicast data transmission, IEEE 802.11 does not provide any reliable solution, multicast packets are delivered without getting any feedback from users. Therefore, packet loss rate would be very high and that of video streaming applications cannot tolerate higher packet losses or longer delays. Although MAC aggregation can enhance channel utilisation and save networks resources, it cannot provide reliable multicasting of videos. Thus, additional mechanism, which is AL-FEC (application layer forward error correction) based on Raptor code (Shokrollahi, 2006), is proposed by 3GPP in multimedia broadcast multicast services (MBMS) to protect the video packets from channel losses (3GPP TS 26.346 V8.0.0, 2008). AL-FEC scheme based on Raptor codes employs transmitting redundant packets along with the original packets to allow the receiver (video decoder) to recover the corrupted source packets by using the redundant ones.

In literature, works have studied the performance of MAC aggregation schemes (Daldoul et al., 2011; Charfi et al., 2017) and AL-FEC based on Raptor codes for multicast video streaming over IEEE 802.11 (Shin et al., 2017; Osunkunle, 2018; Bulut, 2020). However, as far as author's knowledge, there is no work that considers the IEEE 802.11 system performance by employing both RaptorQ at AL and frame aggregation mechanism at the MAC. To this end, this paper presents the realistic simulation studies on the impact of frame aggregation and AL-FEC based on RaptorQ codes (Shokrollahi and Luby, 2011) on multicast video streaming performance. We believe that these insights on MAC frame aggregation and AL-FEC parameters are helpful to develop new enhancements for multicast video streaming in IEEE 802.11n/ac networks.

The rest of the paper is organised as follows. Section 2 provides materials and methods used in the work. Section 3 presents simulation results and discussion and finally Section 4 concludes the paper.

2. Material and Method

An advanced cross-layer simulator was developed in order to evaluate the end-to-end video streaming performance of the system for different cross-layer system parameters. To reduce the computational complexity and time, the cross-layer simulator was divided into four sub-systems: 1) H.264/AVC codec, 2) RaptorQ, 3) IEEE 802.11n/ac MAC-PHY, and 4) the channel simulators. Each of these MATLAB simulators was developed individually and results obtained from on sub-system were used as inputs to other in order to calculate the final performance evaluation metrics, which are peak signal to noise ratio (PSNR), the average (mean) PSNR over a number of video sequence realisations (100 times) and total transmission times, defined in this work. PSNR is a statistical objective measure and in literature it is mostly implemented to quantify the quality of received videos. The PSNR for a given video frame is computed by taking the mean square error (MSE) of the received version (frame) and comparing it with a reference frame which is the error free version of the frame generated at the encoder. The transmission times are calculated using the procedure defined in IEEE 802.11 standard (IEEE Std 802.11, 2016).

The H.264/AVC video simulator enables modelling transmissions of H.264 video sequences over the MAC and PHY layers of IEEE 802.11n/ac. The H.264/AVC video encoder processes incoming video frames in order to form fixed size network abstraction layer units (NALUs) (ITU-T Recommendation H.264, 2009). One or more NALUs can be encapsulated into one RTP/UDP/IP packet.

The RaptorQ encoder constructs source blocks by collecting the incoming RTP/UDP/IP packets which are basically called source symbols. Each source block has k source symbols each T bytes in size. Then, the RaptorQ encoding process over each source block is

implemented to generate some repair symbols r for each block (Shokrollahi and Luby, 2011). As RaptorQ is a systematic FEC code, the first k encoded symbols are called the original symbols. The number of repair symbols generated depends on the RaptorQ code rate which is defined as $CR=k/(k+r)=k/n$.

The 802.11n/ac MAC-PHY layer simulator was developed based on the standard (IEEE Std 802.11, 2016). It enables aggregation and fragmentation of MAC MSDUs and creates the packet loss pattern for a sequence of MAC frames based on the time varying channel model. This process is performed for different modulation and coding schemes (MCS)/MIMO modes, $m_j, m_j \in M = \{8, \dots, 11\}$ and different RaptorQ code rates, $CR = \{0.4 < CR \leq 1\}$. Simulation parameters and MCS/MIMO modes used in this work are presented in Table 1 and Table 2, respectively. More detailed information about the cross-layer simulator can be found in our previous work (Bulut, 2020).

At the receiver side, the RaptorQ decoder waits to gather all packets to form a given source block. When the number of received symbols k' (source and repair) for a source block is $k' \geq (\varepsilon + 1)k$ (for real $\varepsilon > 0$), then the RaptorQ decoder can successfully decode the source block and all packets are delivered to video codec. But, if the decoder fails, only the correctly received source UDP packets are delivered to the video decoder.

Table 1. Simulation Parameters

Parameter	Value
Raptor symbol size, T	1400 bytes and 500 bytes
Source block length, K	200, 560
Video bit rate	5 Mbps
I frame interval/period	5
BS height	2.5 m
MS height	1.5 m
Number of antennas at the BS and MS	2
Channel frequency	5 GHz
Channel bandwidth	20 MHz
GI	800 ns

Table 2. IEEE 802.11n/ac Transmission Modes

MCS index, m_j	Spatial streams	Modulation	Coding rate	Data rate (Mbit/s)
8	2	BPSK	1/2	13
9	2	QPSK	1/2	26
10	2	QPSK	3/4	39
11	2	16-QAM	1/2	52

3. Results and Discussion

In terms of simulation scenarios, it is assumed that a mobile user moves in a non-line-of-sight (NLOS) large outdoor environment. To evaluate the system performance, the Rush hour video sequence with a resolution of 720p is used. The video was encoded with a bit rate (λ) of 5 Mbps. The test video sequence has 200 frames encoded at 25 frames per second, and I frames are transmitted at every 5th frame intervals. The video quality is evaluated in terms of PSNR and average PSNR for different RaptorQ source symbol sizes ($T=1400$ bytes and $T=500$ bytes), block sizes ($k = 200$ and $k = 560$), RaptorQ code rates ($CR = \{0.4 < CR \leq 1\}$) and MCS modes m_j ($m_j \in M = \{8, \dots, 11\}$). The results were repeated for 100 times (channel realisations) in order to provide statistical results.

Figure 1 presents a snapshot of the received packet loss trace consisting of 6000 NALUs. The packet loss trace is used as an input to the RaptorQ decoder. Decoding is performed over the received packet loss trace and correctly received packets are delivered to video codec in order to calculate the PSNR values. Figure 2 shows the PSNR per frame results for legacy system (no RaptorQ) and RaptorQ code rates of 0.8 and 0.6. The error free PSNR ranges between 40 dB – 44 dB. It is seen that without AL-FEC most of the received frames are in error, i.e., their PSNR values are less than 40 dB thus the legacy system provides very poor QoE. However, by adding 25% ($CR=0.8$) and 33% ($CR=0.6$) of repair symbols, the numbers of received error free frames (and hence the user QoE) are increased by 234% and 442%, respectively. The benefits of using AL-FEC scheme to deliver error free videos is obvious and comes at the expense of additional bandwidth requirements (25% and 33% in this specific case).

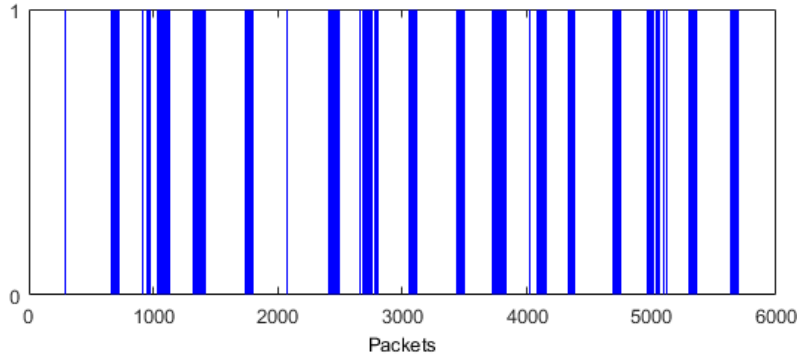


Figure 1. Received packet loss trace (1: lost packet, 0: received packet), MCS 8.

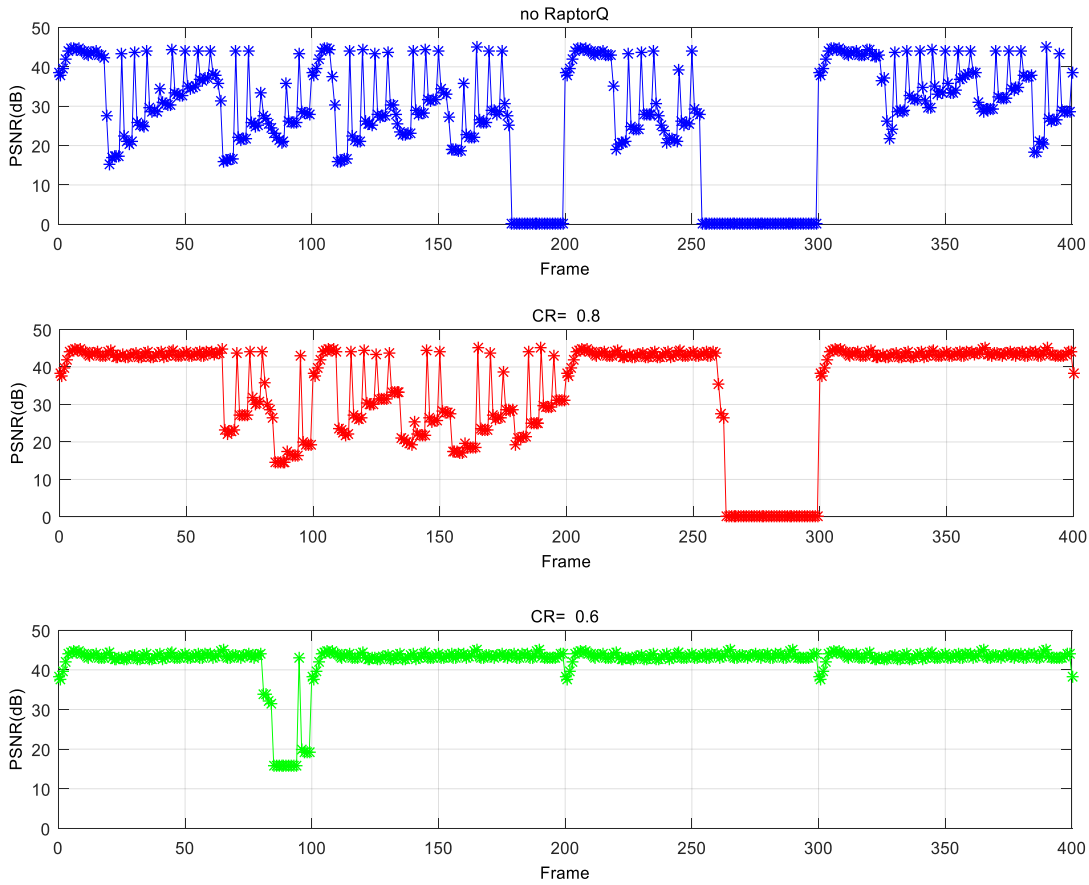


Figure 2. PSNR per video frame for $k=200$, $T=1400$ bytes, MCS 8.

Figure 3 - Figure 5 compare the video quality in terms of average PSNR and transmission time, which are calculated aver all video frames and 100 realisations, for different MCS modes, RaptorQ source block sizes of $k = 200$ and $k = 560$, RaptorQ code rates of $CR = \{0.4 < CR \leq 1\}$ and RaptorQ source symbol sizes of $T=1400$ bytes and $T=500$ bytes with and without the MAC aggregation. It is seen that (in Figure 4) the aggregate MAC schemes provides the lower total transmission times thus consumes less radio and network resources at the expense of slight reduction in the received PSNR due to the bust of errors encountered in aggregate MAC mechanism compared to the legacy MAC schemes in Figure 3. Especially, the performance gap increases when the code rate decreases since the number of transmitted packets increases and MCS mode decreases. For example, for MCS 8 and $CR=1$ (implies no RaptorQ), the total transmission times are around 210 s and 196 s for legacy and aggregate MAC schemes respectively, i.e., there is around 6.6% reduction in the total transmission times. For $CR=0.4$, the total transmission times are around 535 s and 492 s for legacy and aggregate MAC schemes respectively, i.e., there is around 8% reduction in the total transmission times. It should be noted that since IEEE 802.11 MAC scheme is based on time sharing it is very important to reduce the transmission times thus other users can access the channel. It is further observed from the figures that adding more repair symbols can yield better PSNR (video quality) however, it consumes immense radio and network resources (increased total transmission times). When higher MCS modes are implemented, the resource consumption is significantly reduced. However, higher MCS modes result in lower average PSNRs thus poor QoEs. Performance of the higher MCS modes can be significantly improved with the use of AL-FEC as seen in the figures there is up to 3 dB improvement in the PSNR values.

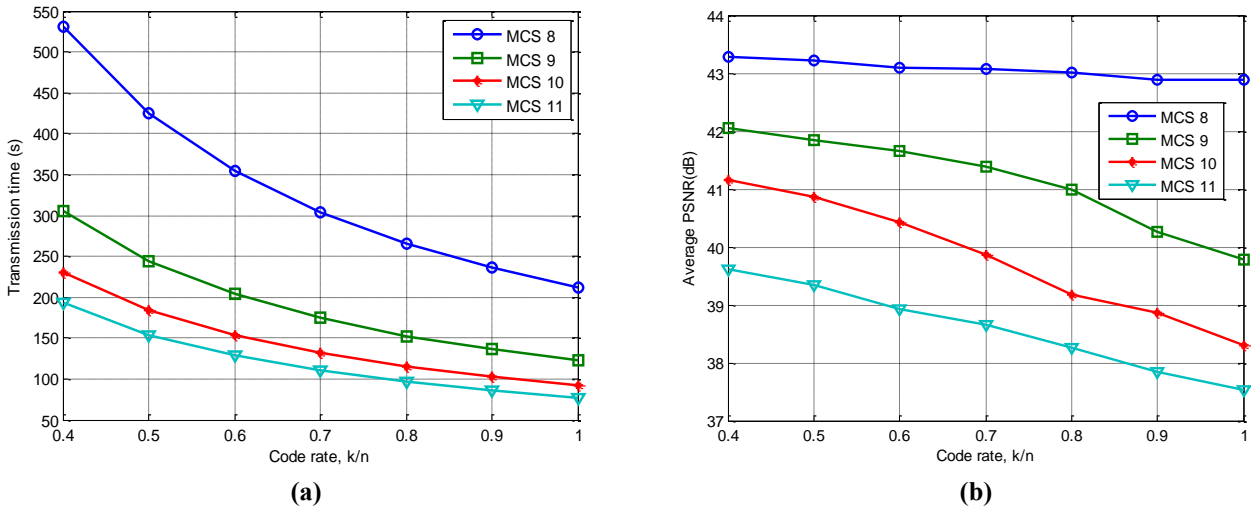


Figure 3. System performance with respect to CR, $k=200$, $T=1400$ bytes: a) Total transmission time, b) Average PSNR.

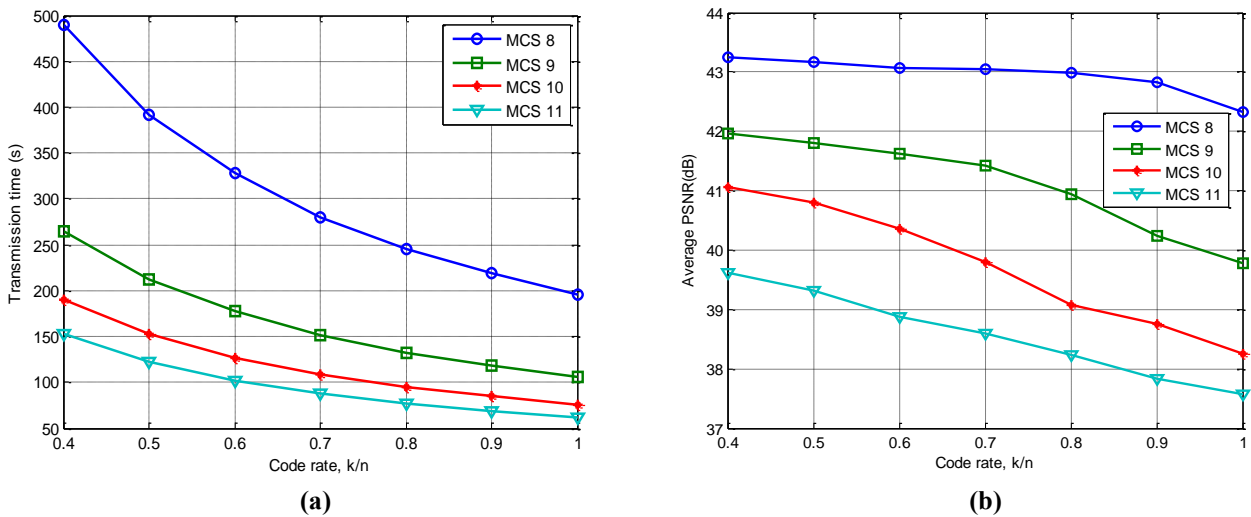


Figure 4. System performance with respect to CR with aggregate MAC, $k=200$, $T=1400$ bytes: a) Total transmission time, b) Average PSNR.

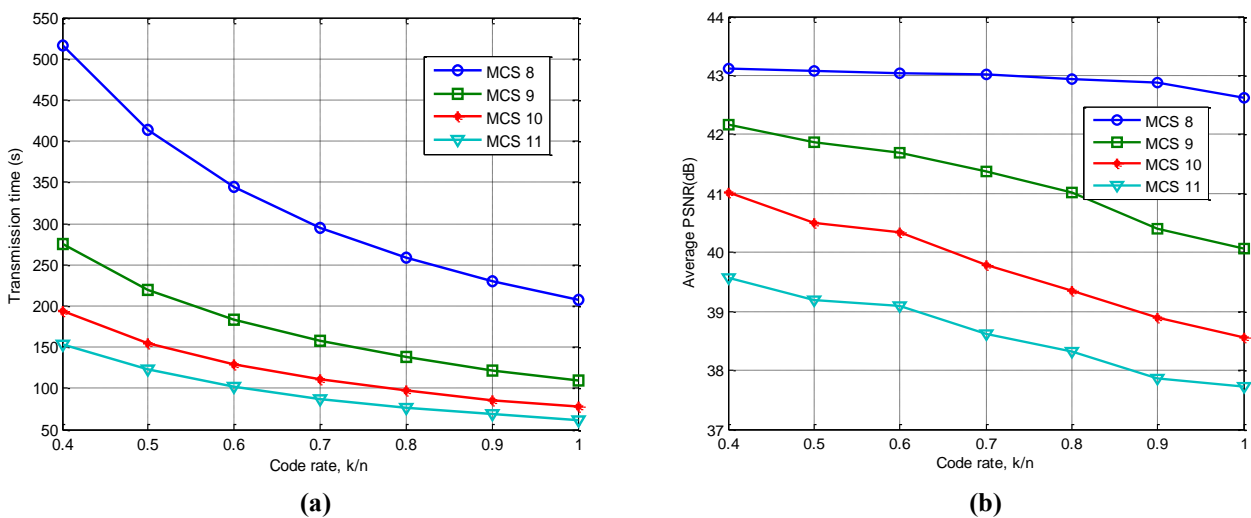


Figure 5. System performance with respect to CR with aggregate MAC, $k=560$, $T=500$ bytes: a) Total transmission time, b) Average PSNR.

When incoming video NALUs are divided into more UDP/IP packets with a smaller size as seen in Figure 5 (symbols size is reduced but RaptorQ source block size increases), the system performance in terms of PSNR gets slightly better compared to Figure 4 at the expense of slight increase in the total transmission times due to upper layers' overheads. Using small packets especially beneficial when there is no AL-FEC mechanism and higher MCS modes are implemented. This is due to the fact that small packets are less

susceptible to the PER since they are scattered over time it is less likely to have long bursts of PERs. It is also worth noting that dividing NALUs into more packets with smaller size (higher source block sizes k) results in more encoding and decoding processing and hence more energy consumptions at the transmitter and the receiver. Considering that mobile devices have limited processing capabilities it would not be practical to divide NALUs more and smaller packets when AL-FEC is implemented.

Overall, in terms of practical implementation scenarios, it is beneficial to use bigger packet sizes (e.g., $T=1400$ bytes) and to reduce the resource consumption and allow more users to access the network, it is necessary to use MAC aggregation mechanism to stream videos over IEEE 802.11n/ac.

4. Conclusions and Recommendations

This paper investigated performance of multicast video streaming over IEEE 802.11n/ac in an NLOS scenario. To this end, an end-to-end system level simulator was developed to evaluate the received video quality in terms of PSNR and resource efficiency in terms of total transmission times for different AL-FEC and MAC layer parameters. It was shown that without AL-FEC protection the legacy system provides very poor QoE. However, adding some extra repair symbols, the perceived video quality can be significantly improved. Since video applications have very stringent QoS requirements, changing only MAC parameters are unable to meet these QoS requirements thus additional AL-FEC protection is crucial. Moreover, it was observed that using aggregate MAC mechanism, significantly reduce the total transmission times and hence the resource consumptions. However, the perceived video quality in terms of PSNR gets slightly worse due to the burst of errors encountered in aggregate MAC mechanism. Further that when different packets sizes were evaluated, it was shown that dividing the incoming NALUs into smaller packets led higher total transmission and comparable PSNR values compared to the bigger packet sizes.

References

- 3GPP TS 26.346 V8.0.0, 2008. Universal mobile telecommunications system (UMTS); multimedia broadcast/multicast service (MBMS); Protocols and codecs.
- Bulut B, 2020. Reliable Video Multicasting over WLANs. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 10 (1): 118-127.
- Charfi E, Gueguen C, Chaari L, Cousin B, Kamoun L, 2017. Dynamic Frame Aggregation Scheduler for Multimedia applications in IEEE 802.11n Networks. *Transactions on emerging telecommunications technologies*, Wiley-Blackwell, pp.1 - 17.
- Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017-2022. [On-line] Available: <http://www.cisco.com/>
- Daldoul Y, Ahmed T, Meddour D, 2011. IEEE 802.11n aggregation performance study for the multicast. 2011 IFIP Wireless Days (WD), Niagara Falls, ON, October 10-12, 2011, pp: 1-6.
- H.264/AVC reference software, 2015. <http://iphone.hhi.de/suehring/tml/> (Date of access: 11 September 2015).
- IEEE 802.11-2016 - IEEE Standard for Information technology—Telecommunications and information exchange between systems Local and metropolitan area networks—Specific requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications.
- ITU-T Recommendation H.264, 2009. Advanced Video Coding for Generic Audio visual Services. ISO/IEC 14496-10 (2009): Information Technology - Coding of Audio-visual Objects - Part 10: Advanced Video Coding.
- Osunkunle I, 2018. AL-FEC Wireless Rate Adaptation for WiFi Multicast. IEEE Canadian Conference on Electrical & Computer Engineering (CCECE), Quebec City, QC, May 13-16, 2018, pp: 1-5.
- Shokrollahi A, 2006. Raptor codes. *IEEE Transactions on Information Theory*, 52(6): 2551–2567.
- Shokrollahi A., Luby M, 2011. Raptor Codes. *Foundations and Trends in Communications and Information Theory*, 6(3), 213–322.
- Shin Y, Lee G, Choi J, Koo J, Lee S, Choi S, 2017. InFRA: Interference-Aware PHY/FEC Rate Adaptation for Video Multicast over WLAN. 14th Annual IEEE International Conference on Sensing, Communication, and Networking (SECON), San Diego, CA, June 12-14, 2017, pp: 1-9.



Pace Regresyon Algoritması İle Kaynama Isı Transferinde Isı Akısının Modellenmesi

Erdem Alıç^{1*}, Mehmet Daş²

^{1*}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Andırın Meslek Yüksek Okulu, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2852-0353)

² Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (0000-0002-4143-9226)
E-mail: ealic@ksu.edu.tr, mehmet.das@gop.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819017)

ATIF/REFERENCE: Alıç, E. & Daş, M. (2020). Pace Regresyon Algoritması İle Kaynama Isı Transferinde Isı Akısının Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 43-49.

Öz

Küçük sıcaklık farkları ile yüksek miktarda enerji dönüşümüne imkân sağlayan kaynama ısı transferi, buhar kazanları, ısı değiştiricileri, enerji sistemleri ve nükleer santral reaktörleri gibi birçok alanda araştırılmaktadır. Bu çalışmada daha önce deneysel olarak çalışılmış silindirik metal yüzey üzerinde izole buhar kabarcığı bölgesinde gerçekleşen kaynama ısı transferi incelenmiştir. Yüzey malzemesi olarak pürüzsüz çelik seçilmiştir. Deneysel verilerle hesaplanmış metal malzemenin yüzeyinde gerçekleşen havuz kaynama ısı transferi sonucu ortaya çıkan ısı akısı değerleri, bir makine öğrenmesi algoritması olan Pace regresyon algoritması ile ilk kez modellenmiştir. Pace regresyonda 2 farklı metod sonucu üretilen veriler ile deneyler sonucunda elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Çelik malzeme için 0.132 (RAE) hata oranı ile ısı akısı başarılı bir şekilde PG algoritması OLS metodu tarafından modellenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havuz kaynama, Isı transferi, Isı akısı, Pace regresyon

Experimental and Numerical Analysis of a Trapezoidal Absorber Plate Air Solar Collector

Abstract

Boiling heat transfer, which allows a large amount of energy conversion with small temperature differences, has been investigated in many areas such as steam boilers, heat exchangers, energy systems and nuclear power plant reactors. In this study, the boiling heat transfer occurring in the isolated vapor bubble region on the cylindrical metal surface, which was experimentally studied before, was investigated. Smooth steel has been chosen as the surface material. The heat flux values resulting from pool boiling heat transfer on the surface of the metal material calculated with experimental data were modeled for the first time with the Pace regression algorithm, which is a machine learning algorithm. The data obtained as a result of 2 different methods in pace regression were compared with the data obtained from the experiments. With an error rate of 4.06 (RMSE) for steel, the heat flux was successfully modeled by the PG algorithm OLS method.

Keywords: Pool boiling, Heat transfer, Heat flux, Pace regresyon

1. Giriş

Makine öğrenmesi algoritmaları özellikle YSA'lar (yapay sinir ağı) bilim ve mühendisliğin birçok alanında yaygın olarak kullanılmaktadır[1]–[5]. Yapay zeka, makinelerin insanlar gibi davranmasını sağlamanın bir yolu olarak karşımıza çıkmaktadır. Yani belirli bir sorunu çözerken zeki bir insanın düşündüğü gibi akıllıca düşünen yazılımlar ve sistemler geliştirilmesidir. Bu süreçler içerisinde öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, algılama, planlama, vb konular yer almaktadır. Yapay zekanın belirli uygulamaları arasında uzman sistemler kurma, oyun oynama, görüntü işleme, konuşma, tanıma ve makine öğrenmesi bulunmaktadır.

YSA modellerinin temel avantajları şunlardır: (1) modellenen sistem hakkında özel bir bilgiye gerek yoktur, girdi-çıkı modellerinin uygun bir şekilde tasarlanmasıyla bilinmeyen etkiler dahil edilebilir; (2) sinir ağı mimarisinin göreceli basitliği; (3) YSA'ların stokastik sinyalleri yeniden üretme kabiliyetinin yüksek olmasıdır.

Ertunç çalışmasında çeşitli çalışma koşulları altında dielektrik sıvılar için havuz kaynayan kritik ısı akısının (CHF) yapay sinir ağı (YSA) tabanlı tahminini ele almaktadır. YSA'nın deneysel ve tahmin edilen CHF'ler arasında 0,996 korelasyon katsayısı, %8,81 ortalama bağıl hata ve 0,97 Wcm⁻² kök ortalama kare hatası ile tatmin edici bir korelasyon sağladığı bulunmuştur. Çalışması ile CHF kaynayan havuzun alternatif olarak çok yüksek bir doğruluk derecesi ile makine öğrenme algoritmaları kullanılarak tahmin edilebileceğini göstermektedir[6].

Fazel vd. Genetik Algoritma (GA) algoritması izole bölge kaynama ısı transferinde ile ısı akısı hesabını optimize etmeye çalışmıştır. Deneysel sonuçlarını en iyi ifade eden katsayıları belirlemiştir. Bu modelde GA %26 ortalama mutlak hata ile sonuçlara yaklaşmıştır[7].

Alıç vd. çalışmalarında Yapay Arı Kolonisi (YAK) algoritması ile kaynama ısı transferine etki eden 6 ısı transfer mekanizmasına bağlı bir ısı akısı hesabı modelini optimize etmeye çalışmışlardır. İnceledikleri ısı transfer mekanizmaları literatürde yer alan ifadelerdir. Bu ifadelerin toplamı ile elde edilen ısı akısı için toplama etki eden kat sayıları belirlemeye çalışmışlardır. YAK algoritması %25 ortalama mutlak hata ile sonuçlara yaklaşmıştır[8].

Alıç vd. çalışmalarında kaynama ısı transferini farklı hesapsal zeka yöntemleri ile modellemeye çalışmışlardır. Isı akısı tahmini için saf su ve diğer akışkanlarda da kullanılabilir 19 parametre ile model oluşturmuşlardır. En iyi model destek vektör makinesi ile elde edilen ortalama mutlak hatası %17 olan modeldir[9].

Barroso-Maldonado vd. çalışmalarında mikro kanallarda nitrojen, metan, etan ve propan dahil olmak üzere azeotropik olmayan karışımların kaynaması sırasında sürtünme basınç düşüşünü tahmin etmek için yeni bir metodoloji önermektedir. Önerdikleri YSA metodolojisinin doğal gazın sıvılaştırılmasına benzer kriyojenik uygulamalarda kullanılan ısı eşanjörlerinin termal analizine, derecelendirilmesine ve / veya boyutlandırılmasına yardımcı olabileceğini ifade etmişlerdir[10].

Parveen vd. mikro/mini kanal içerisinde akış kaynamasında yapay zekâ modellemeleri çalışmışlardır. Akışkan olarak R134-a kullanmışlardır. Yapay zekâ modelleri olarak gen ifade programlama (GİP), YSA ve Destek vektör makinesi regresyonu (DVR) kullanmışlardır. Simule edilen sonuçlarda DVR diğerlerinden daha düşük ortalama mutlak bağıl hata (AARE) ve R2 (%3.62 ve 0.9749) ile modelleme gerçekleştirmiştir[11].

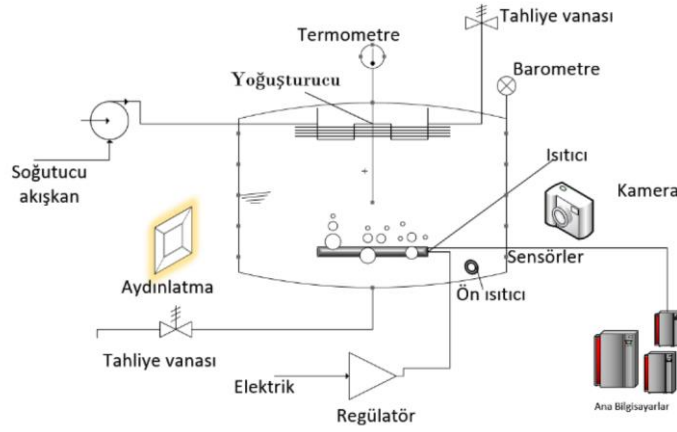
Bu çalışmada izole bölgede gerçekleşen kaynama ısı transferinde farklı yüzey malzemesine sahip silindirik ısıtıcıda gerçekleşen ısı transferinin PG ile modellenmesi amaçlanmıştır. PG algoritması bu amaçla literatürde ilk defa denenmiştir. Yapılan modellemede elde edilen sonuçlar deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

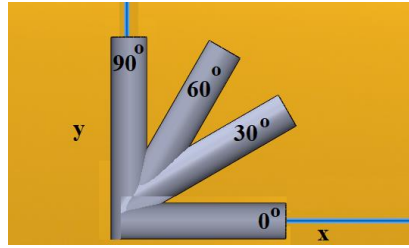
Bu çalışmada havuz kaynama ısı transferinde ısı akısı tahmini için bir makine öğrenmesi algoritması olan PACE regresyon analizi kullanılarak ısı akısı tahmini gerçekleştirilmiştir. Bunun için bir havuz kaynama deney seti kurulmuştur. Bu deney seti ile ilgili detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

2.1 Deneysel Kurulum

Deneysel kurulum Şekil 1'de ayrıntılı yer almaktadır. Kaynama kazanı 25 lt kapasiteli ve temperlenmiş camdan yapılmıştır. Geometrik ölçüleri 250*220*300 mm dir. Isıtıcı açısını değiştirmek için açı ayarlı divüzör tasarlanmıştır. Kullanılan ısıtıcı 20 mm çapında ve 100 mm boyunda paslanmaz çeliktir. Isıtıcının yüzey pürüzlülüğü Ra=0.119 µm dir. Yüzey pürüzlülüğü 20 farklı noktadan alınarak ortalaması hesaplanmıştır. Hommel W5 yüzey pürüzlülük cihazı ile ölçülmüştür. Deneylerde kullanılan ısıtıcı açıları Şekil 2 de gösterilmiştir. Deney sıvısı olarak saf su kullanılmıştır.



Şekil 1. Deneysel kurulum



Şekil 2. Isıtıcı açıları

Yüze sıcaklığı ölçümü için ısıtıcı içerisinde 4 adet K tipi termokupl yerleştirilmiştir. Isı transfer katsayısı hesabı için dört termokupl elde edilen sonuçların ortalaması alınmıştır. Deneysel setinde voltaj düzenlemesi için varyak kullanılmıştır. Deneysel atmosferik basınçta gerçekleştirilmiştir.

2.2. Hesaplamalar

Kaynama ısı transferi hesabı için 18 parametrenin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar (1) (q / A) , (2) T_y , (3) T_d , (4) d , (5) NA , (6) f , (7) ρ_l , (8) ρ_v , (9) h_{fg} , (10) cp_l , (11) k_l , (12) k_v , (13) cp_v , (14) μ_l , (15) μ_v , (16) Gr_{od} , (17) Prandtl ve (18) Ra pürüzlülüğü. Bu veri setlerinden bazıları, (1) T_y , (2) T_d , (3) d , (4) NA , (5) f , (6) Ra , gibi deneylerden elde edildi. Öte yandan, geri kalanı EES (mühendislik hesap programı) paket programından elde edilmiştir. Bu veriler için ortalama sıcaklık farkı metodu kullanılmıştır. Deneysel hesaplamalar için aşağıda yer alan 4 eşitlik kullanılmıştır. Burada Eş.1'de yer alan V voltmetrede ölçülen voltaj değerini göstermektedir, I ampermetrede ölçülen akım değerini göstermektedir. Eş.2'de yer alan A ısıtıcı yüzey alanını ifade etmektedir. Eş.2. de yer alan q'' ısı akısını ifade etmektedir. Eş. 3'de yer alan h_y yerel ısı transfer katsayısını ifade etmektedir, T_y ısıtıcı yüzey sıcaklığını, T_d sıvı doyma sıcaklığını ifade etmektedir. Eş. 4'de yer alan T_k termokupldan ölçülen sıcaklığı ifade etmektedir.

$$Q = V.I \quad (1)$$

$$q'' = V.I / A \quad (2)$$

$$h_y = \frac{q''}{T_y - T_d} \quad (3)$$

$$T_y = T_k - \frac{s}{k} q'' \quad (4)$$

2.3. Pace Regresyon

Regresyon analizi, iki ya da daha çok değişken arasındaki ilişkiyi ölçmek için kullanılan analiz metodudur. Eğer tek bir değişken kullanılarak analiz yapılıyorsa buna tek değişkenli regresyon, birden çok değişken kullanılıyorsa çok değişkenli regresyon analizi olarak isimlendirilir [12].

PACE(Projection Adjustment by Contribution Estimation) regresyon algoritması benzer modellerin dikkate alınmasına dayanan doğrusal modellere uymaya yönelik yeni bir yaklaşımdır [13]. Regresyon analizinin temel fikri, doğrusal bir modeli bir veri kümesine uydurmaktır. Klasik sıradan en küçük karelerin tahmin özelliği basittir ve sağlam bir teorik gerekçeye sahiptir. Bununla birlikte, üretilen

modeller genellikle tatmin edici değildir. PACE regresyonu, her değişkenin etkisini değerlendirerek genel regresyonlara katkılarını tahmin etmek ve istatistiksel temeli geliştirmek için bir kümeleme analizi kullanarak klasik sıradan en küçük karelerin regresyonunu iyileştirir [14]. Wang ve Witten page regresyonunu geliştirmiş ve yüksek boyutlu veriler için diğer regresyon modellerine kıyasla en iyi performansı gösterdiğini göstermiştir [15].

Değişkenlerin etkilerinin verilerden dağılımını tahmin eden ve bunu modellemeyi geliştirmek için kullanan ortak bir temel fikri paylaşan, PACE1'den PACE6'ya kadar adlandırılan altı farklı regresyon prosedürü geliştirildi. İlk dört prosedür, OLS'nin kendisi dahil OLS (sıradan en küçük kare) alt küme seçimini kullanır. PACE 5 ise deneysel bayes (Emprical Bayes) metoduna dayanmaktadır [14].

Diğer doğrusal regresyon formlarında olduğu gibi, herhangi bir parametreyi modellemek için kullanılan PACE regresyon OLS ve Emprical Bayes metodu Eş. 5'deki formatta özelliklerin lineer bir kombinasyonudur [14].

$$\text{OLS ile Modellenen Parametre} = \alpha_1 * A_i + \alpha_2 * B_i + \alpha_3 * C_i + \alpha_4 * D_i + \alpha_5 * E_i + \dots \quad (5)$$

Eşitlik 1 de A,B,C,D,E gibi ifadeler modellenen parametre için oluşturulan ağ yapısındaki giriş parametreleridir. α_i değerleri ise Pace regresyon metodları tarafından elde edilen parametreleri etkileyen ağırlık katsayılarıdır. Ortaya çıkan modelin, özelliklerin doğrusal bir kombinasyonu olduğuna dikkat etmek önemlidir. Bu şekilde basitleştirilmiş bir tahmin modeli elde edilebilir ve model hesaplama süresi azalabilir. Pace regresyon metodları kullanılarak modellenen Q/A için oluşturulan ağ yapısı giriş ve çıkış parametreleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pace Regresyon metodları ile oluşturulan modelin ağ yapısı için kullanılan giriş ve çıkış parametreleri

Giriş Parametreleri	Birim
<i>Isıtıcı açısı</i>	<i>Rad.</i>
<i>ΔT (Doyma sıcaklığı – Yüzey Sıcaklığı)</i>	$^{\circ}C$
<i>d (Buhar kabarcık çapı)</i>	<i>mm</i>
<i>N (Buhar kabarcık sayısı)</i>	<i>Adet</i>
<i>Td (Doyma Sıcaklığı)</i>	$^{\circ}C$
<i>rho sıvı (Sıvının yoğunluğu)</i>	(kg/m^3)
<i>rho buhar (Buharın yoğunluğu)</i>	(kg/m^3)
<i>h_fg (Buharlaşma entalpisi)</i>	(J/kg)
<i>cp_v (Buhar özgül ısısı)</i>	$(J/kg * K)$
<i>mu_L (Sıvının Viskozitesi)</i>	$(kg/m * s)$
<i>k_liquid (sıvının ısıl iletkenlik katsayısı)</i>	$(W/m * K)$
<i>k_v (buhar ısıl iletkenlik katsayısı)</i>	$(W/m * K)$
<i>Grod (Grod sayısı)</i>	-
<i>Pr_L (Sıvının prandtl sayısı)</i>	-
<i>Ja (Jakob sayısı)</i>	-
<i>SIGMA (Yüzey gerilimi)</i>	(Nm^{-1})
Çıkış Parametresi	Birim
<i>q/A</i>	<i>Watt/m²</i>

PR yönteminde OLS ve Deneysel bayes metodu ile modellenen Q/A değerleri için kullanılan hata analiz yöntemi Tablo 2 de verilmiştir [16]. Tablo 2 de MAE (ortalama mutlak hata), RAE (göreceli mutlak hata), RMSE(kök ortalama mutlak hata) analizleri verilmiştir.

Tablo 2. Hata analiz yöntemi formül ve parametreleri

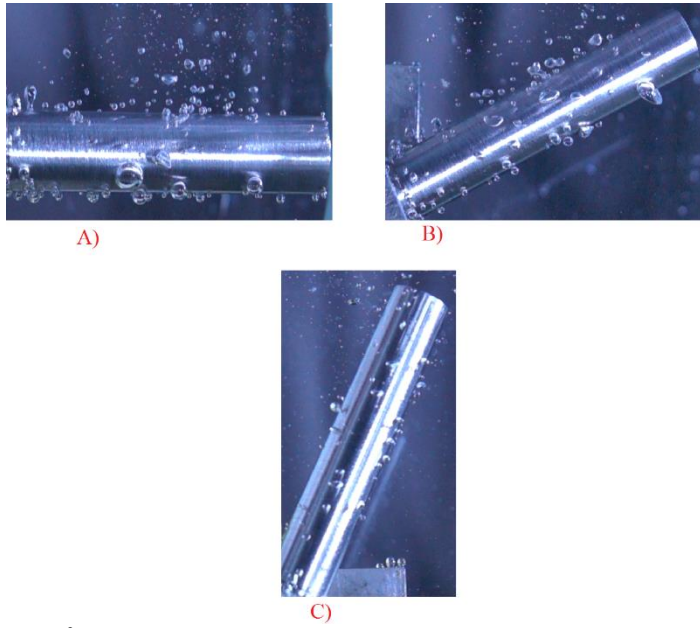
Hata Analizi	Formül	Parametreler
MAE	$\frac{ P_1 - A_1 + \dots + P_n - A_n }{n}$	P: Tahmin Değeri A: Gerçek Değer n: Toplam Hata Değeri
RAE	$\frac{ P_1 - A_1 + \dots + P_n - A_n }{ A_1 - A' + \dots + A_n - A' }$	P: Tahmin Değeri A: Gerçek Değer A': Gerçek Değer Ortalaması
RMSE	$\sqrt{\frac{(P_1 - A_1)^2 + \dots + (P_n - A_n)^2}{n}}$	P: Tahminsel veri A: Gerçek veri A': Toplam tahmin hata değeri

Bu çalışmada, verileri Pace regresyon metotları kullanarak daha az hata oran ile modellemek için ten-fold cross-validation (10 kat çapraz doğrulama) tekniği uygulanmıştır. Cross-validation, bir makine öğrenimi modelindeki bir testin hatasını daha iyi tahmin etmek için model seçiminde kullanılan bir tekniktir. Çapraz doğrulamada eğitim verileri alt gruplara bölünür. Eğitim için bir alt küme kullanılır ve kalan kümeler doğrulama için kullanılır. Bu işlem, bir kişiye yolundaki tüm alt kümeler için tekrarlanır [9].

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Deneysel Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada havuz kaynamada çelik yüzeyli ısıtıcı için farklı açılarda sabit ısı akısında yüzey sıcaklığı değişimi araştırılmıştır. Şekil 3'te $\alpha=0^\circ, 30^\circ, 60^\circ$ için ısıtıcı konumlandırması görselleri yer almaktadır. Isıtma yüzeyi konumunun ısı akısı hesabına etkisini incelemek için böyle bir yöntem tasarlanmıştır. Literatürde yer alan mevcut korelasyonlar ile ısı akısı hesabında ortalama mutlak hata %50 ile %100'den fazla hata ile ısı akısı hesabı yapılmaktadır[17]. Bu çalışmada elde edilen yüzey sıcaklığı, ısı akısı ve ısıtıcı konum açısını ısı akısı hesabında önemli olabileceği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. 29 kW/m² ısı akısında farklı açılarda ısıtıcı görünümü (A) $\alpha=0^\circ$, B) $\alpha=30^\circ$, C) $\alpha=60^\circ$)

3.2. Pace Regresyon Modeli

Çelik malzeme için kaynama ısı transferi incelenmiş ve izole edilen bölgedeki ısı transferi değerleri PR algoritması ile modellenmiştir. Yapılan modelleme sonucu Pace regresyon OLS metodu ve Deneysel Bayes metodu tarafından elde edilen q/A denklemleri Tablo 3 de verilmiştir.

Tablo 3. Pace regresyonda ısı akısını modellemek için kullanılan metotlar sonucu elde edilen denklemler

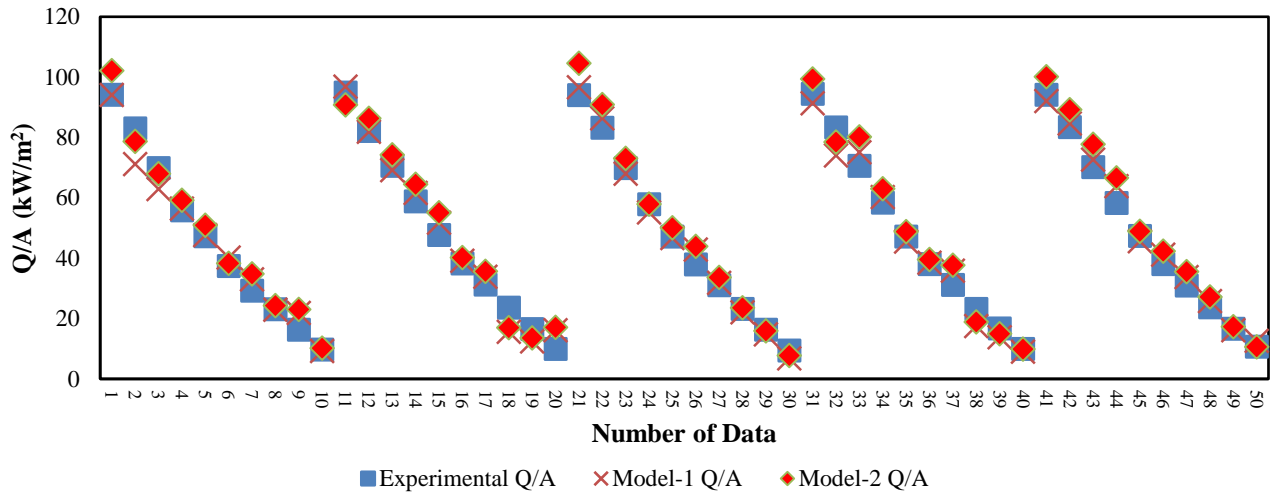
Metot	Denklem	No
OLS	$Q/A = -37192.134 + \alpha_1. \text{Isıtıcı Açısı (Rad)} + \alpha_2. \Delta T + \alpha_3. d + \alpha_4. N + \alpha_5. Td + \alpha_6. \rho_{sıvı} + \alpha_7. h_{fg} + \alpha_8. \mu_L + \alpha_9. k_v + \alpha_{10}. Gr_{OD} + \alpha_{11}. Ja + \alpha_{12}. \sigma$	(3)
Empirical Bayes	$Q/A = -44726.1082 + \alpha_1. \text{Isıtıcı Açısı (Rad)} + \alpha_2. \Delta T + \alpha_3. d + \alpha_4. N + \alpha_5. Td + \alpha_6. \rho_{sıvı} + \alpha_7. h_{fg} + \alpha_8. \mu_L + \alpha_9. k_v + \alpha_{10}. Gr_{OD} + \alpha_{11}. Ja + \alpha_{12}. \sigma$	(4)

Tablo 3 de Pace regresyon da kullanılan metotlar sonucu elde edilen denklemler gösterilmiştir. Bu denklemlerdeki α sayıları metotlar tarafından elde edilen parametrelerin sabit katsayılarıdır. Bu katsayılar Tablo 4 de verilmiştir.

Tablo 4. Pace regresyon sonucu elde edilen denklemlere ait sabit katsayıları

Sabit Katsayılar	OLS Metot	Deneysel Bayes Metot
α_1	-5.4629	-5.2886
α_2	-70.3752	-87.7759
α_3	12.3236	11.0505
α_4	0.036	0.0344
α_5	-27.5807	-15.8959
α_6	50.8164	50.7756
α_7	-0.0033	-0.0019
α_8	36070749.26	35658388.8
α_9	-424347.0142	-289187.2354
α_{10}	0.0001	0.0001
α_{11}	427551.6537	517434.4623
α_{12}	-438140.4319	-527670.6101

Eşitlik (3) ve (4) e göre OLS (Model-1) ve Deneysel Bayes (Model-2) metodu tarafından tahmin edilen Q/A değerleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Genel olarak Şekil 4 incelendiğinde, model sonuçları ile deneysel sonuçların benzer olduğu görülebilir.



Şekil 4. Pace regresyon metotları ile tahmin edilen Q/A değerleri

Pace regresyon analizi sonucu elde edilen modellerin hata analizleri Tablo 5 de verilmiştir. Tablo 5 e göre en az hata analizi Model-1 de 0.132 RAE değeridir.

Tablo 5. Hata analiz sonuçları

Hata Analizi	Model -1	Model-2
RAE	0.132	0.133
MAE	3.1174	3.13
RMSE	4.06	4.13

4. Sonuç

Bu çalışmada çekirdekli kaynamada kaynama ısı transferini tahmini Pace regresyon analizi yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Pace regresyonda OLS ve Deneysel Bayes metotları kullanılmıştır. Bu metotlar sayesinde ısı akısı (Q/A) değerleri için amprik eşitlikler elde edilmiştir. Bu eşitlikler yardımı ile çelik yüzeyde meydana gelen kaynama ısı transferi değerleri elde edilmiştir. Elde edilen veriler deneysel veriler ile karşılaştırılmıştır. Verilen şartlar altında en iyi tahminin OLS metodu tarafından 0.132 RAE hata değeri ile gerçekleştirilmiştir. Bu durum Pace regresyon OLS’ nın kaynama ısı transferi tahmini için başarılı bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Kaynama ısı transferi çalışmalarında farklı metal yüzeyler kullanılarak daha fazla veri elde edilebilir ve böylece Pace regresyon analizinde daha az hatalı modeller elde edilebilir.

References (Kaynakça)

- [1] G. Su *et al.*, “Applications of artificial neural network for the prediction of flow boiling curves,” *Journal of Nuclear Science and Technology*, vol. 39, no. 11, pp. 1190–1198, 2002.
- [2] S. A. Rushdi, “Prediction of Heat Transfer Coefficient of Pool Boiling Using Back propagation Neural Network Prediction of Heat Transfer Coefficient of Pool Boiling Using Back propagation Neural Network \cup Engineering and Technology Journal, 30(8), 2016.
- [3] M. Liang, X. Zhang, R. Zhao, X. Wen, and S. Qing, “Optimization of R245fa Flow Boiling Heat Transfer Prediction inside Horizontal Smooth Tubes Based on the GRNN Neural Network,” vol. 2018, 2018.
- [4] H. Badem, A. Basturk, A. Caliskan, and M. E. Yuksel, “A new efficient training strategy for deep neural networks by hybridization of artificial bee colony and limited-memory BFGS optimization algorithms,” *Neurocomputing*, vol. 266, pp. 506–526, 2017.
- [5] A. B. Demirpolat and M. Das, “Prediction of viscosity values of nanofluids at different pH values by alternating decision tree and multilayer perceptron methods,” *Applied Sciences (Switzerland)*, vol. 9, no. 7, 2019.
- [6] H. M. Ertunc, “Prediction of the pool boiling critical heat flux using artificial neural network,” *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, vol. 29, no. 4, pp. 770–777, 2006.
- [7] S. A. Alavi Fazel, “A genetic algorithm-based optimization model for pool boiling heat transfer on horizontal rod heaters at isolated bubble regime,” *Heat and Mass Transfer/Waerme- und Stoffuebertragung*, vol. 53, no. 9, pp. 2731–2744, 2017.
- [8] E. Alic, O. Cermik, N. Tokgoz, and O. Kaska, “Optimization of the Pool Boiling Heat Transfer in the Region of the Isolated Bubbles using the ABC Algorithm,” vol. 12, no. 4, pp. 1241–1248, 2019.
- [9] E. Alic, M. Das, and O. Kaska, “Heat flux estimation at pool boiling processes with computational intelligence methods,” *Processes*, vol. 7, no. 5, 2019.
- [10] J. M. Barroso-Maldonado, J. A. Montañez-Barrera, J. M. Belman-Flores, and S. M. Aceves, “ANN-based correlation for frictional pressure drop of non-azeotropic mixtures during cryogenic forced boiling,” *Applied Thermal Engineering*, vol. 149, no. November 2018, pp. 492–501, 2019.
- [11] N. Parveen, S. Zaidi, and M. Danish, “Comparative analysis for the prediction of boiling heat transfer coefficient of R134a in micro/mini channels using artificial intelligence (AI)-based techniques,” *International Journal of Modelling and Simulation*, vol. 40, no. 2, pp. 114–129, 2020.
- [12] Peng, Y., Li, W., Luo, X., Li, H. A geographically and temporally weighted regression model for spatial downscaling of MODIS land surface temperatures over urban heterogeneous regions. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 57(7), 5012-5027, 2019.
- [13] Wang Y, Witten IH. Modeling for optimal probability prediction. In: *Proceedings of the 19th International Conference in Machine Learning*, Sydney, Australia, 2002, pp. 650-7.
- [14] Meshkin, A., Sadeghi, M., Ghasem-Aghaee, N. Prediction of relative solvent accessibility using pace regression. *EXCLI J*, 8, 211-217, 2009.
- [15] Wang JY, Ahmad S, Gromiha MM, Sarai A. Look-up tables for protein solvent accessibility prediction and nearest neighbor effect analysis. *Biopolymers*; 75:209-16, 2004.
- [16] Das, M., Akpınar, E. K. Investigation of pear drying performance by different methods and regression of convective heat transfer coefficient with support vector machine. *Applied Sciences*, 8(2), 215, 2018.
- [17] FAZEL, SA Alavi; JAMIALAHMADI, M. Semi-empirical modeling of pool boiling heat transfer in binary mixtures. *International journal of heat and fluid flow*, 44: 468-477, 2013.



Independent Joint Control Simulations on Adaptive Maneuvering of a Magnetotactic Bacterium via a Single Permanent Magnet

Ahmet Fatih Tabak^{1*}

¹ Kadir Has University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-3311-6942)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818986)

ATIF/REFERENCE: Tabak, A. F. (2020). Independent Joint Control Simulations on Adaptive Maneuvering of a Magnetotactic Bacterium via a Single Permanent Magnet. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 50-59.

Abstract

The use of micro-robotic systems in non-invasive medicine has been heavily promoted in the literature for the last decade. The studies usually focus on artificial or biohybrid microswimmers of various origins subject to the effect of an external electromagnetic field controlled by a computer. Although there exist several motion control studies shared to date, control of a bio-hybrid microswimmer has rarely been demonstrated employing an open kinematic chain, in detail. In this work, motion control of an isolated magnetotactic bacterium cell (*Magnetospirillum Gryphiswaldens*) is presented via a magnetic field actively positioned by an open kinematic chain. The cell is modeled with its complete environment to make it as realistic as possible along with the magnetic torque, which is induced by a single magnet attached at the end effector of a robotic arm, exerted on it for maneuvering control. The control is based on a proportional – integral – derivative (PID) gain scheme with adaptive integral gain to focus on a particular steady-state error with discontinuous reference signals. The control signal is transformed into pulse width modulation (PWM) signals to drive the motors articulating the joints of the open kinematic chain, the inverse kinematics of which is designed to be simple enough to achieve independent joint control. A numerical analysis of the coupled system is carried out in the time domain. The performance of the said motion control approach is investigated for each degree of freedom for the planar motion of the microswimmer. Simulations demonstrate a planar open kinematic chain is capable of control the gait of the microswimmer while following its trajectory near a planar boundary via independent joint control. Furthermore, simulations demonstrate that the effective magnetic inertia and the shear stress results in a small but certain lag in the motion control performance of the overall system.

Keywords: Microrobots, Motion Control, Bio-hybrid Systems.

Tek Mıknatıs aracılı ile bir Manyetotaktik Bakterinin Adaptif Manevra Kontrolü için Bağımsız Eklem Kontrol Simülasyonları

Öz

Mikro robotik sistemlerin invaziv olmayan tıptaki muhtemel uygulamaları son on yıldır literatürde yoğun bir şekilde gösterilmektedir. Yayımlanan çalışmalar büyük oranda bilgisayar kontrollü bir harici elektromanyetik alan içerisinde hareket eden farklı tiplerdeki yapay veya biyo-hibrid mikro yüzücülerin performansına odaklanmıştır. Mikro yüzücülerin tamamen canlı doku içinde veya harici ortamlarda yüzme ve hareket kontrol performansı ile ilgili çalışmalar yaygındır, ancak biyo-hibrid bir mikro yüzücünün başka bir robot yardımı ile hareket kontrolü şu ana kadar literatürde hiç detaylı olarak gösterilmemiştir. Bu çalışmada, gerçek bir manyeto taktik bakteri hücrenin (*Magnetospirillum Gryphiswaldens*) belirli bir mesafeden hareket ve manevra kontrolünün simülasyonu yapılmıştır. Seçilen canlı hücrenin yüzme yönü, mıknatıs yerleştirilmiş bir robot kolunun hareketi ve bu mıknatısın manyetik alanı sonucu ortaya çıkan manyetik tork yardımı ile kontrol edilmektedir. Kontrol performansı, süresiz fonksiyon olarak tanımlanmış oryantasyon referansına karşın ortaya çıkan pozisyon takip hatasının oransal – integral – türev (PID) denetleyicisi yardımı ile minimize edilmesine dayanmaktadır. Ayrıca, integral katsayısı anlık hataya bağlı olarak değişecek şekilde, yani adaptif olarak, modellenmiştir. Tüm sistemin dinamik ve kinematik davranışı için nümerik çözümler zamana bağlı olarak gerçekleştirilmiştir. Hareket kontrol sisteminin performansı, mikro

* Corresponding Author: Kadir Has University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Mechatronics Engineering, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0003-3311-6942, ahmetfatih.tabak@bau.edu.tr

robotun düzlemsel hareketindeki her bir serbestlik derecesi için ayrı ayrı incelenmiştir. Simülasyon çalışmaları göstermektedir ki; bağımsız eklem kontrolü metodu ile hareket ettirilen düzlemsel bir robot kol, aynı anda canlı hücrenin düz bir katı yüzeyine yakın olarak hareketini takip ederken, yüzme yönünü tayin etmek için de başarılı bir şekilde kullanılabilir. Ayrıca, yapılan simülasyonlar, manyetik alandaki efektif atalet ve mikro robot üzerinde hissedilen sıvı direncinin kontrol reaksiyonunda küçük fakat hissedilir bir gecikmeye neden olduğuna işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mikro robotlar, Hareket Kontrolü, Biyo Hibrid Sistemler.

1. Introduction

Medicine and robotics have been recently combining efforts towards a new type of surgical robot to achieve minimally invasive operations (François et al., 2019; Ceylan et al., 2017; Sitti et al., 2015; Nelson et al., 2010; Tabak, 2019; Singh et al., 2019; Soto and Chrostowski, 2018). Micro robotic systems designed for therapeutic operations often consists of a micron-sized end-effector and a much larger complex component responsible for visualization, decision making and energy supply (Dreyfus et al., 2005; Alapan et al., 2018; Medina-Sánchez et al., 2016; Nagai, et al. 2019). Therapeutic microswimmers, in the literature, are often controlled by electromagnetic fields of different origins such as magnetic resonance imaging (MRI), Helmholtz coils, and permanent magnets (Belharet et al., 2010; Tamaz et al., 2008; Khalil et al., 2017a; Servant et al., 2015; Wu et al., 2018; Ceylan et al., 2018). The complexity of the field and field gradients to achieve motion control diminish drastically when the microswimmer does not require external energy transmission (Ghosh and Fischer, 2009; Felfoul and Martel, 2013). This leads to simplification of the actuation system; however, the necessity of relatively larger workspace to accommodate living tissue, e.g. eyeball or spinal column of a human subject (Wu et al., 2019; Kummer et al., 2010; Fountain et al., 2010), poses yet another challenge.

The field should extend in all directions, however, at the expense of dedicated electronics and higher values of electric currents flowing through the coil wires followed by Joule heating and associated cooling efforts. Moreover, the density of the field decays with the cube of the distance (Kummer et al., 2010; Petruska and Abbott, 2013) limiting the boundaries of the workspace hence the spatial freedom of the microswimmer. This would also affect the geometric design of the microswimmer as well as the control law to the desired operation. There are two practical solutions to the problem of achieving the desired field over a relatively large area; namely employing stationary or mobile systems comprising of either electromagnetic coils or permanent magnets (Khalil et al., 2017a; Akçura et al., 2018). One of the simplest and the least energy-consuming methods is to employ a permanent magnet acting as an end-effector to an open kinematic chain, given the control, the law maintains a certain level of accuracy on the setpoint tracking. Such a system could be more practical for certain applications where strong magnetic fields are not necessary, i.e., the targeted tissue is close to the exterior of the organism. However, this method of approach is not well documented in the literature whereas there are ample data for other methods (François et al., 2019; Ceylan et al., 2017; Sitti et al., 2015; Nelson et al., 2010; Tabak, 2019; Singh et al., 2019; Soto and Chrostowski, 2018).

The proposed system simulated here is composed of an open kinematic chain and a microswimmer, magnetotactic bacteria species *Magnetospirillum Gryphiswaldens* (Khalil et al., 2013; 2017b). The open kinematic chain, i.e., the robotic arm, has a permanent magnet attached to it and the control law employs adaptive integral gain at each associated joint along with an independent proportional-integral-derivative (PID) control scheme. The robotic arm is controlled to follow the position of the microswimmer while the permanent magnet is utilized to change the heading of the microswimmer concerning an external time-dependent yaw-angle reference. The tuning parameters to the PID controller are found via numerical search over a cost function based on the setpoint tracking errors at the joints. The control signal is used to generate the necessary pulse width modulation (PWM) signals for the motors articulating the joints of the open kinematic chain. The inverse kinematics of the robotic system is selected to be simple enough to achieve independent joint control effortlessly. Furthermore, the said time-dependent yaw-angle reference signals are designed as discrete functions as to introduce additional non-linearity to the control signal dynamics to investigate its behavior with sudden discontinuities. The results of the numerical model demonstrate that the controller performs with an agreeable tracking error.

2. Theory and the Numerical Setup

2.1. The Geometric Arrangement of the Robotic System

The system consisting of two separate robots, i.e., the open kinematic chain and the untethered bacterium cell, could be modeled as one robotic arm. The selected open kinematic chain configuration has three degrees-of-freedom (DOF) with prismatic-prismatic-revolute (PPR) joint arrangements. The revolute joint holds the permanent magnet which controls the yaw-angle of the bacterium cell. The bacterium cell has one helical tail attached to its head and they are known to rotate in opposite directions. The cell is moving close to a flat solid boundary virtuously eliminating three of its six DOF. Figure 1 demonstrates the position and orientation of the two robots concerning each other. Figure 2 illustrates the additional three DOF based on the rigid-body motion of the bacterium cell and the orientation of the magnet and the microswimmer concerning each other.

Although there is no tactile contact between the magnet and the bacterium cell, a fictitious elastic link constituting three additional DOF could be modeled between the two systems. The Denavit-Hartenberg table, i.e., Table 1 (Spong and Vidyasagar, 1989), including the aforementioned fourth, fifth, and sixth DOF to the proposed systems should indicate all the necessary traverse and rotation steps along respective x- and z-axes as follows here. The three-DOF arm is articulated by the three links of the PPR arm. Each link has a dedicated actuator. The motion of the permanent magnet is confined to a plane and, as given in Figure 1, the first two links realize the

planar traverse of the third link. Furthermore, the third link houses and rotates the permanent magnet, thus changing the orientation of the magnetic field. It should be also noted that the Denavit-Hartenberg table dictates that the link has no length.

The angle between the permanent magnet and the microswimmer, i.e., the instantaneous misalignment, constitutes the fourth DOF. The actuator of the fourth link is the permanent magnet and the link itself can be considered as a magnetic link. The control law, as explained in 2.3 *The Control Law*, is supposed to keep the said misalignment as small as possible during operation, i.e., steady-state error, through magnetic field orientation concerning the microswimmer along their z-axes as depicted in Figure 2. The selected magnetotactic bacteria species *Magnetospirillum Gryphiswaldens* (Khalil et al., 2013; 2017b) has magnetic crystals that react to the external magnetic field exerting a net torque leading to the rigid-body rotation, as explained in 2.2 *Equation of Motion*, rendering this approach technically possible.

The last two DOF are functions of the position of the microswimmer in the lab frame, $x_{sw}(t)$, and $y_{sw}(t)$, and they are not subject to the control law; therefore, the overall system is underactuated. However, the joint variables of the aforementioned axes are written in the form of set-point tracking error (Spong and Vidyasagar, 1989) that can be considered as fictitious elastic deformation and will be directly used by the control law calculating the associated pulse-width-modulation (PWM) signals for the first two DOFs of the PPR arm.

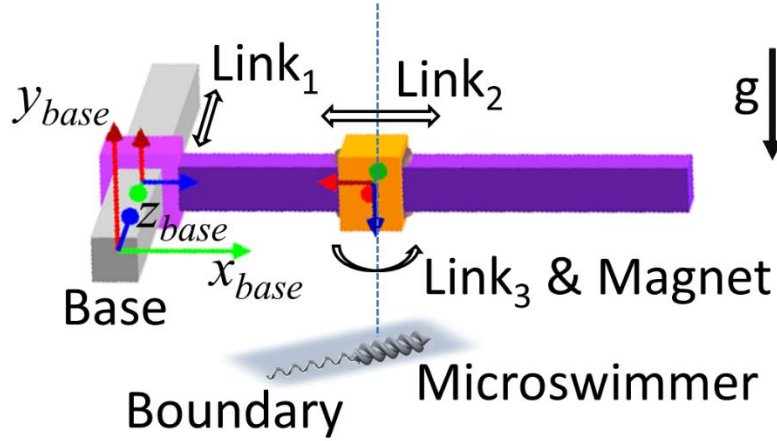


Figure 1:

The open kinematic chain with three DOFs and three joints in the order of prismatic-prismatic-revolute (PPR) as shown in the figure above and the microswimmer, i.e., single untethered magnetotactic bacterium cell swimming near a solid boundary constituting the last three DOFs to the overall system. The permanent magnet is the third link and it is embedded at the tip of the second link creating a concatenated structure. The open kinematic chain is visualized with the help of RoboAnalyzer software (Othayoth et al., 2017).

Table 1. Effective Denavit-Hartenberg (Spong and Vidyasagar, 1989) table for the entire system, i.e., open kinematic chain (PPR) and the magnetotactic bacterium (microswimmer).

Degrees-of-freedom	θ	d	a	α
#1	0	$d_1(t)$	0	$-\pi/2$
#2	$\pi/2$	$d_2(t)$	0	$-\pi/2$
#3	$\theta_3(t)$	0	0	0
#4	$\theta_4(t) = \theta_{sw-z}(t)$	d_4	0	π
#5	0	$d_5(t) = y_{sw}(t) - d_1(t)$	0	$\pi/2$
#6	$\pi/2$	$d_6(t) = x_{sw}(t) - d_2(t)$	0	$-\pi/2$

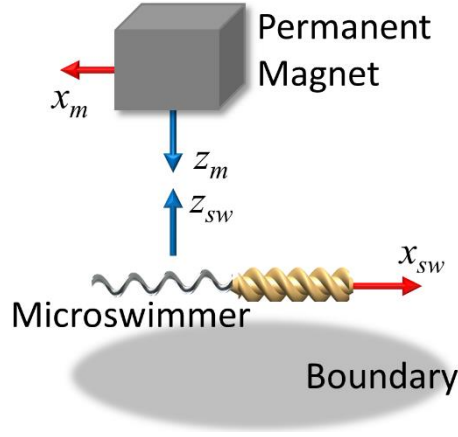


Figure 2:

The permanent magnet and the microswimmer, concerning each other's position and orientation, as in Figure 1. The fictitious link between the two is modeled employing the combined effect of the magnetic torque, constraint torque, and the adaptive control law of the choice.

2.2. The Equation of Motion

The governing equation for the equivalent robotic arm, based on the original Denavit-Hartenberg table and Euler-Lagrange modeling approach (Spong and Vidyasagar, 1989) including the dynamics of the electric motors attached to actively controlled joints, is as follows:

$$\ddot{\mathbf{q}} = \mathbf{D}^{-1}(\mathbf{q})(\mathbf{K}_m \mathbf{I}_m - \mathbf{r}_m^{-1} \mathbf{T}_{constraint} - \mathbf{C}(\mathbf{q}, \dot{\mathbf{q}}) \dot{\mathbf{q}} - \mathbf{g}(\mathbf{q})), \quad (1)$$

$$\dot{\mathbf{I}}_m = \mathbf{L}_m^{-1}(\mathbf{V}_m - \mathbf{K}_b \dot{\mathbf{q}} - \mathbf{R}_m \mathbf{I}_m). \quad (2)$$

Here, \mathbf{D} , \mathbf{C} , \mathbf{g} , \mathbf{K}_m , \mathbf{I}_m , \mathbf{r}_m , $\mathbf{T}_{constraint}$, \mathbf{L}_m , \mathbf{R}_m , \mathbf{V}_m , and \mathbf{K}_b denote the mass matrix, the Christoffel coefficient matrix, gravity force vector, torque constant matrix, motor current vector, joint reduction rate matrix, constraint vector for the joints (Raibert and Craig, 1981), motor inductance matrix, motor resistance vector, motor voltage vector, and electromotive force (EMF) matrix of the dedicated direct-current (DC) motors at the joints, respectively. Thus, two equations above capture the entire electromechanical behavior of the first three DOFs of the robotic system demonstrated in Figure 1. Furthermore, the vector \mathbf{q} denotes the generalized coordinates such that $\mathbf{q} = [q_1 \ q_2 \ q_3]^T = [d_1 \ d_2 \ \theta_3]^T$. Moreover, the constraint effect deserves additional focus as it denotes the interaction, either physical or fictitious, of each i^{th} link with its environment:

$$T_{i-constraint} = -\text{sgn}(q_i) b_d \dot{q}_i (\text{sgn}(q_i \dot{q}_i) > 0) - \text{sgn}(q_i) k_d (q_i - q_{lim}) (q_i > q_{lim}), \quad (3)$$

with b_d and k_d signifying the damping constant and spring constant, respectively, of the joints under the influence of a contact force. This constraint torque also constitutes the fictitious elastic deformation of the fourth link. Here, one can obtain the accelerations at the first three joints using the aforementioned equations. Next, using the low Reynolds (Re) number assumption and resistive force theory (RFT) (Purcell, 1977; Keller and Rubinow, 1976; Tabak, 2018), the equation of motion for the last three DOFs are written as follows:

$$\begin{bmatrix} \mathbf{V}_{sw} \\ \boldsymbol{\Omega}_{sw} \end{bmatrix} = -(\mathbf{B}_{head} + \mathbf{B}_{tail})^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{F}_p(t) + \mathbf{F}_m(t) + \mathbf{F}_g(t) + \mathbf{F}_c(t) \\ \mathbf{T}_p(t) + \mathbf{T}_m(t) + \mathbf{T}_g(t) + \mathbf{T}_c(t) \end{bmatrix}, \quad (4)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_p \\ \mathbf{T}_p \end{bmatrix} = \mathbf{B}_{tail} \begin{bmatrix} \mathbf{0} \\ \boldsymbol{\Omega}_{tail} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_m \\ \mathbf{T}_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (\mathbf{m} \cdot \nabla) \mathbf{B}_{mag-sw} \\ \mathbf{m} \times \mathbf{B}_{mag-sw} \end{bmatrix}, \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_g \\ \mathbf{T}_g \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} m_{eff} \mathbf{g}_{sw} \\ \mathbf{r}_{head} \times \mathbf{F}_g \end{bmatrix}, \quad (7)$$

$$\begin{bmatrix} \mathbf{F}_c \\ \mathbf{T}_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \left(k_c \begin{pmatrix} \delta \Leftarrow \delta < 0 \\ 0 \Leftarrow \delta \geq 0 \end{pmatrix} + b_c \begin{pmatrix} \frac{d\delta}{dt} \Leftarrow \frac{d\delta}{dt} < 0 \\ 0 \Leftarrow \frac{d\delta}{dt} \geq 0 \end{pmatrix} \right) \mathbf{n}_c \\ \mathbf{r}_c \times \mathbf{F}_c \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Here, the resultant rigid-body velocity vector of the microswimmer, i.e., $[\mathbf{V}_{sw} \ \boldsymbol{\Omega}_{sw}]^T$, is found with the respective accelerations assumed to be infinitesimal by the resistive force theory. The matrices \mathbf{B}_{head} and \mathbf{B}_{tail} are the viscous resistance matrices of head and tail to the microswimmer (Tabak, 2018), respectively. The fluid resistance is acting against the cumulative effect of propulsion, i.e., $[\mathbf{F}_p \ \mathbf{T}_p]^T$, the field of the permanent magnet (Petruska and Abbott, 2013), i.e., $[\mathbf{F}_m \ \mathbf{T}_m]^T$, gravity, i.e., $[\mathbf{F}_g \ \mathbf{T}_g]^T$, and contact with the boundary, i.e., $[\mathbf{F}_c \ \mathbf{T}_c]^T$, depicted in Figure 2 (Spong and Vidyasagar, 1989; Rengifo et al., 2009). The helical tail of the microswimmer is rotating with the angular velocity of $\boldsymbol{\Omega}_{tail} = [0 \ 0 \ \Omega_z]^T$. The magnetic field felt by the microswimmer in its frame of reference, i.e., \mathbf{B}_{mag-sw} , exerts the influence on the dipole moment of its head, i.e., \mathbf{m} , as such the swimming direction can be altered at will. In the meantime, gravitational attraction felt by the microswimmer, again, in its frame of reference, i.e., \mathbf{g}_{sw} , pulls the effective mass, after the buoyancy is included, towards the boundary beneath. The boundary exerts a reaction force at the instance of contact and it has conditional components, i.e., spring, k_c , and damping, b_c , depending on the penetration of the microswimmer, δ , in meters or radians. One should note that the directions of the contact force and torque vectors depend on the surface normal at the contact, i.e., \mathbf{n}_c , and the position vector of point of contact concerning the center of mass of the microswimmer, i.e., \mathbf{r}_c . Similarly, \mathbf{r}_{head} signifies the position to the mass center of the head relative to the center of mass of the microswimmer.

2.3. The Control Law

The PID control is applied to all DC-motors, separately. The inverse kinematics of the robotic system represented is relatively easy due to the presence of prismatic joints: The first three DOFs of the robot is the mirror image of the last three DOFs rendering x, y, and z-axis kinematics virtually independent of each other. Thus, the control effort is also greatly simplified. The PID controller used in this study is inspired by the works of (Denai et al., 1990; Lugmair et al., 2003). The aforementioned control law for the first three DOFs, i.e., of the system is given as:

$$\tau_{\{x,y,z\}} = K_{p-\{x,y,z\}} e_{\{x,y,z\}}(t) + \int K_{i-\{x,y,z\}} e_{\{x,y,z\}}(t) dt + K_{d-\{x,y,z\}} \dot{e}_{\{x,y,z\}}(t), \quad (9)$$

$$K_{i-\{x,y,z\}} = \frac{1}{((K_{ia-\{x,y,z\}} e_{\{x,y,z\}}(t))^{0.5+1})}. \quad (10)$$

Here, the coefficients K_p , K_i , and K_d are the coefficients of proportional, integral, and derivative gains, respectively. The integral gain is adaptive and tuned online with the current error in set-point tracking as depicted above. Furthermore, the control law applied on each joint is computed based on the instantaneous setpoint tracking error, $e(t)$, and the error is defined at each frame and associated axis, as depicted in Figure 1 and Figure 2, in the following form:

$$e_y(t) = d_{x-sw}(t) - d_{y-PPR}(t), \quad (11)$$

$$e_x(t) = d_{y-sw}(t) - d_{x-PPR}(t), \quad (12)$$

$$e_z(t) = \theta_z^{ref}(t) - \theta_{z-sw}(t). \quad (13)$$

This control law, in compliment to the equation of motion set, explained before, ensures bilateral control of the two distinct robots which will act as one open kinematic chain as explained here: first two joints of the PPR arm will be responsible for tracking the microswimmer along xy-plane whereas the third joint will exert the magnetic torque via the permanent magnet to change the heading of the micro swimmer as per the yaw-reference provided by a higher-level control, e.g., an operator or an automated gait controller. Also, the voltage applied to the DC-motors are in the form of the PWM signal that is generated as follows:

$$\chi_i = |\tau_i|/\tau_{i-max}, \quad (14)$$

$$\psi_i = t/f_{PWM} - floor(t/f_{PWM}), \quad (15)$$

and thus

$$PWM = sgn(\tau_i) \begin{cases} 1 & \Leftarrow \psi_i < \chi_i \\ 0 & \Leftarrow \psi_i \geq \chi_i \end{cases} \quad (16)$$

Here, the PWM signal is supposed to be amplified to the actual voltage rating of the DC-motor to simulate its dynamics properly.

3. Results

The following results are obtained for *M. Gryphiswaldense* species (Khalil et al., 2017b) as the microswimmer moving near a plane boundary constituting the last three DOFs, N52-grade Neodymium permanent magnet (Dong et al., 2019) $0.02 \times 0.02 \times 0.02 \text{ m}^3$ of volume attached at the third axis, and “EC 45 Flat” (Maxon Group, 2019) DC-motors at each joint of the PPR arm. The PPR arm is designed to be made out of aluminum and the first two joints are modeled as rectangular prisms with dimensions of $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$. The last link is comprised of the permanent magnet and it is embedded at the tip of the second link creating a concatenated structure. Moreover, the dimension 30 cm denotes the maximum extent of the prismatic joints. The computations are carried out using “GNU Octave” (Eaton et al., 2019) and forward integration in time-domain (Shampine and Gordon, 1975) with an openSUSE Linux machine running on 64-bit i7 CPU and 32 Gb RAM.

Figure 3, Figure 4, Figure 5, and Figure 6 demonstrate the performance and behavior of the discussed system under the said control law. The external time-dependent yaw-angle reference, i.e., $\theta_z^{ref}(t)$, imposed on the gait of the microswimmer is set as a discontinuous function of the form:

$$\theta_z^{ref}(t) = \begin{cases} 0 & \Leftarrow t < 0.25 \\ (\pi/36)(t - 0.25) & \Leftarrow t \geq 0.25 \end{cases} \quad (17)$$

and the total simulation time is set as 1.25 seconds. The PID coefficient set used is $K_{p-x} = 7.5741$, $K_{ia-x} = 0.5050$, $K_{d-x} = 0.0101$, $K_{p-y} = 7.5745$, $K_{ia-y} = 0.5049$, $K_{d-y} = 0.0097$, $K_{p-z} = 0.0101$, $K_{ia-z} = 0.0020$, $K_{d-z} = 0$ for this simulation study.

The associated set-point tracking performance is given here. It has been observed that the maximum tracking error for the first two joints of the PRR arm is around $20 \mu\text{m}$ as given in Figure 3 and Figure 4. This error is larger than the size of the designated bacterium species, i.e., $\sim 10 \mu\text{m}$ head and single helical tail in total (Khalil et al., 2017b); however, the maximum time-dependent tracking error to the yaw-angle reference is found to be 2×10^{-2} rad, successfully. Although the results are fairly good to demonstrate the reaction of the system to the setpoint error and the adaptive control input, better results could arguably be achieved if an optimization study is carried out on the control parameter tuning especially on the x- and y-axes of the open kinematic chain. It could also be argued that the errors are in acceptable range as long as the swimming direction of the microswimmer is controlled with high accuracy.

Finally, the PWM signal generated for the DC-motor at the third joint (see Table 1 and Figure 1) is presented in Figure 6 to demonstrate the input to the DC-motor and its relationship with the observable steady-state oscillation in Figure 2. The reason to that is the inherent trajectory of the microrobot as it is following a helical path with wobbling motion in all axes (Lauga et al, 2006; Constantino et al, 2016) and the control performance is trying to compensate for that.

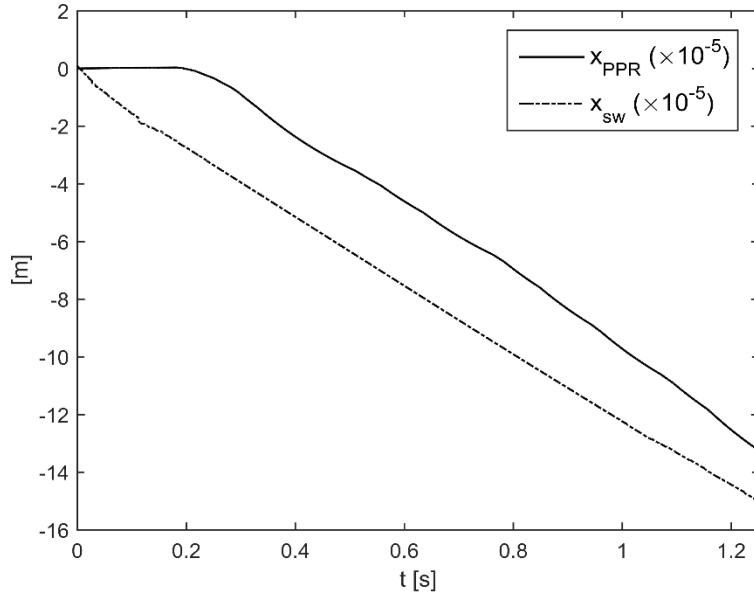


Figure 3:

Performance of the PID controller on the position of the second joint of the PPR arm (Figure 1). The reference is $x_{sw}(t)$, depicted by the broken line; the joint variable is $x_{PPR}(t)$, depicted by the continuous line.

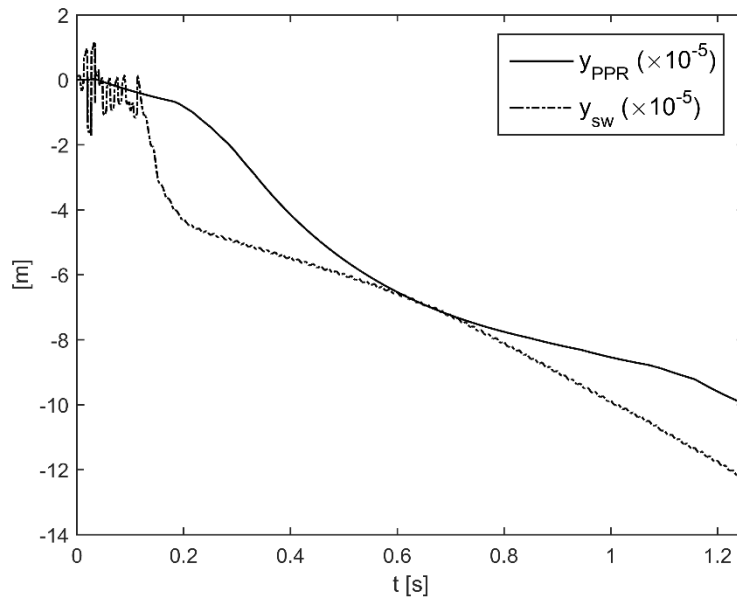


Figure 4:

Performance of the PID controller on the position of the first joint of the PPR arm (Figure 1). The reference is $y_{sw}(t)$, depicted by the broken line; the joint variable is $y_{PPR}(t)$, depicted by the continuous line.

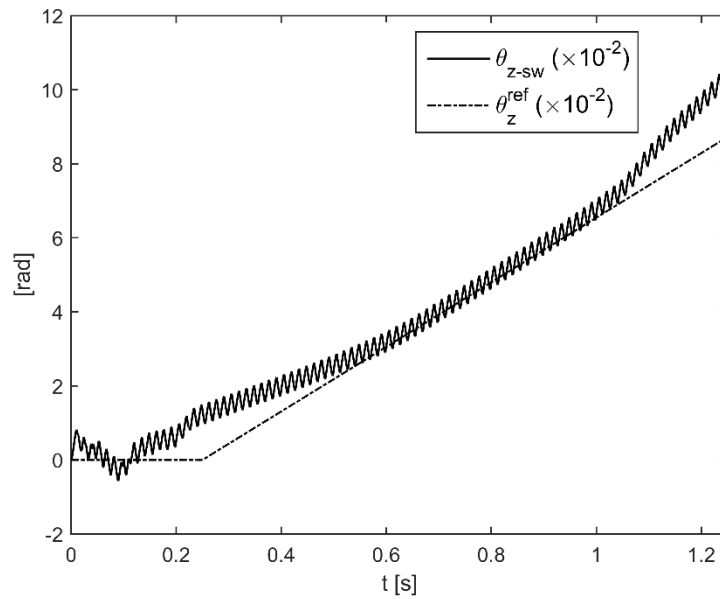


Figure 5:

Performance of the PID controller on the yaw-angle of the microswimmer (Figure 1 and Figure 2). The external reference is $\theta_z^{ref}(t)$, depicted by the broken line; the yaw-angle of the microswimmer is $\theta_{z-sw}(t)$, depicted by the continuous line.

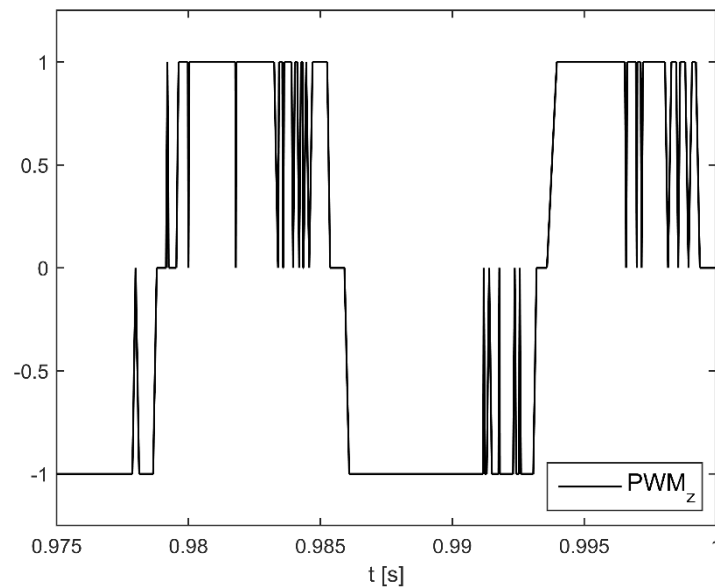


Figure 6:

Zoomed-in performance of the PID controller along the z-axis for the yaw-angle reference, $\theta_z^{ref}(t)$, under the influence of the general rigid-body motion of the microswimmer.

4. Discussion

The potential of bacteria as robotic agents for therapeutic operations has been discussed at great length in the last decade. The proposed method of control usually incorporates a very cumbersome electromagnetic system to include the necessary magnetic field. On the other hand, if the tissue is not deep in the organism, a relatively weaker magnetic field can be employed for micro-motion control studies. In this work, a method of position control study for the bacterium-based microswimmer is presented via an external magnetic field of a single permanent magnet to demonstrate the possibility. The mathematical model, thus the physical system, can further be expanded into a more complex arrangement by adding additional arms and magnets.

The microswimmer is dynamically decoupled from the overall robotic scheme it is incorporated. The aforementioned decoupling made it possible to perform set point tracking control at the axis of the end-effector given an external time-dependent reference. The effortless inverse kinematics and absence of apparent singularities of the system renders the control law simple; however, this does not

guarantee high accuracy for the setpoint tracking control on the former joints. The magnet is large enough to generate the field to exert sufficient z-torque on the microswimmer and the microswimmer can react to the magnetic stimuli fairly fast enough. It should be noted that the PPR arm, in its entirety, is bulky and heavy as opposed to the microswimmer; however, selected DC-motors proved to be agile and strong enough to handle the simulated control task. Nevertheless, one should also acknowledge the control law and the tuning coefficients employed in this study fell short on tracking the rigid-body motion along the xy-plane. Furthermore, the reference signals are discretized to introduce instantaneous nonlinearity to the error input to the PID controller, and it is observed that the said effect could not be captured to the fullest due to the reaction time of the magnetotactic. This behavior could indicate that an inherent delay in the system due to the magnetic inertia as well as shear friction acting on the surface of the bacterium cell, and should further be studied for more complex control signals in the future. The tracking performance along the z-axis, however, is arguably sufficient to follow the reference of $\theta_z^{ref}(t)$ for a relatively long time interval although a small deviation is observed towards the end of the simulation.

Finally, it can be argued that this system should be able to follow the microswimmer within a workspace limited by the farthest extent of the prismatic joints. This ensures autonomous gait control over a distance much longer than the body length of a bacterium cell. It can also be deduced that such a system can be used to control the center of mass of magnetotactic bacteria swarms in the future studies given the permanent magnet is large enough to generate the necessary field in a wider stretch. Such a robotic design could be easily fitted for operations in the living tissue and the magnet could also be much larger to obtain the field to penetrate deep in the tissue of interest. Further in vivo simulation studies for various tissue types should be conducted to ascertain the abilities and limitations to the proposed control method under different physiological conditions. It is worth mentioning that different biological fluids would introduce additional nonlinear effects via non-Newtonian behavior in which case one should consider using the proper viscosity with the measured property of shear-thinning or shear-thickening.

Reference

1. François, Q., André, A., Duplat, B., Haliyo, S., & Régnier, S. (2019) Tracking systems for intracranial medical devices: a review, *Medical Devices and Sensors*, 2(2), e10033. <https://doi.org/10.1002/mds3.10033>
2. Ceylan, H., Giltinan, J., Kozielski, K., & Sitti, M. (2017) Mobile microrobots for bioengineering applications, *Lab on a Chip*, 17(10), 1705-1724. <https://doi.org/10.1039/C7LC00064B>
3. Sitti, M., Ceylan, H., Hu, W., Giltinan, J., Turan, M., Yim, S., & Diller, E. (2015) Biomedical applications of untethered mobile milli/microrobots, *Proceedings of the IEEE*, 103(2), 205-224. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2014.2385105>
4. Nelson, B.J., Kaliakatsos, I.K., & Abbott, J.J. (2010) Microrobots for minimally invasive medicine, *Annual Review of Biomedical Engineering*, 12, 55-85. <https://doi.org/10.1146/annurev-bioeng-010510-103409>
5. Tabak, A.F. (2019) Bioinspired and biomimetic micro-robotics for therapeutic applications, in *Handbook of Biomechanics*, 1. Ed., J. Segil, Eds., Academic Press, U.K. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-812539-7.00010-6>
6. Singh, A.V., Ansari, M.H.D., Laux, P., & Luch, A., (2019) Micronanorobots: important considerations when developing novel drug delivery platforms, *Expert Opinion on Drug Delivery*, 16(11), 1259-1275. <https://doi.org/10.1080/17425247.2019.1676228>
7. Soto, F., & Chrostowski, R. (2018) Frontiers of medical micro/nanorobotics: in vivo applications and commercialization perspectives toward clinical uses, *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, 6, 170. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2018.00170>
8. Dreyfus, R., Baudry, J., Roper, M.L., Fermigier, M., Stone, H.A., & Bibette, J. (2005) Microscopic artificial swimmers, *Nature*, 437, 862-865. <https://doi.org/10.1038/nature04090>
9. Alapan, Y., Yasa, O., Schauer, O., Giltinan, J., Tabak, A.F., Sourjik, V., & Sitti, M. (2018) Soft erythrocyte-based bacterial microswimmers for cargo delivery, *Science Robotics*, 3(17), eaar4423. <https://doi.org/10.1126/scirobotics.aar4423>
10. Medina-Sánchez, M., Schwarz, L., Meyer, A.K., Hebenstreit, F., & Schmidt, O.G. (2016) Cellular Cargo Delivery: toward assisted fertilization by sperm-carrying micromotors, *Nano Letters*, 16(1), 555-561. <https://doi.org/10.1021/acs.nanolett.5b04221>
11. Nagai, M., Hirano, T., & Shibata, T. (2019) Phototactic algae-driven unidirectional transport of submillimeter-sized cargo in a microchannel, *Micromachines*, vol. 10(2), 130. <https://doi.org/10.3390/mi10020130>
12. Belharet, K., Folio, D., & Ferreira, A. (2010) Endovascular navigation of a ferromagnetic microrobot using MRI-based predictive control, *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems*, Taipei, Taiwan, 2804-2809. <https://doi.org/10.1109/IROS.2010.5650803>
13. Tamaz, S., Gourdeau, R., Chanu, A., Mathieu, J.-B., & Martel, S. (2008) Real-time MRI-based control of a ferromagnetic core for endovascular navigation, *IEEE Transactions on Bio-Medical Engineering*, 55(7), 1854-1863. <https://doi.org/10.1109/TBME.2008.919720>
14. Khalil, I.S.M., Alfar, A., Tabak, A.F., Klingner, A., Stramigioli, S., & Sitti, M. (2017a) Positioning of drug carriers using permanent magnet-based robotic system in three-dimensional space, *IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics*, Munich, Germany, 1117-1122. <https://doi.org/10.1109/AIM.2017.8014168>
15. Servant, A., Qiu, F., Mazza, M., Kostarelos, K., & Nelson, B.J. (2015) Controlled in vivo swimming of a swarm of bacteria-like microrobotic flagella, *Advanced Materials*, 27(19), 2981-2988. <https://doi.org/10.1002/adma.201404444>
16. Wu, Z., Troll, J., Jeong, H.-H., Wei, Q., Stang, M., Ziemssen, F., Wang, Z., Dong, M., Schnichels, S., Qui, T., & Fischer, P. (2018) A swarm of slippery micropropellers penetrates the vitreous body of the eye, *Science Advances*, vol. 4(11), eaat4388. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aat4388>
17. Ceylan, H., Yasa, I.C., Yasa, O., Tabak, A.F., Giltinan J., Sitti, M. (2018) 3D-printed biodegradable microswimmer for drug delivery and targeted cell labeling, *bioRxiv*, 1, 379024. <https://doi.org/10.1101/379024>
18. Ghosh, A., & Fischer, P. (2009) Controlled propulsion of artificial magnetic nanostructured propellers, *Nano Letters*, 9(6), 2243-2245. <https://doi.org/10.1021/nl900186w>

19. Felfoul, O., & Martel, S. (2013) Assessment of navigation control strategy for magnetotactic bacteria in microchannel: toward targeting solid tumours, *Biomedical Microdevices*, 15(6), 1015-1024. <https://doi.org/10.1007/s10544-013-9794-4>
20. Kummer, M.P., Abbott, J.J., Kratochvil, B.E., Borer, R., Sengul, A., & Nelson, B.J. (2010) OctoMag: an electromagnetic system for 5-dof wireless micromanipulation, *IEEE Transactions on Robotics*, 26(6), 1006-1017. <https://doi.org/10.1109/TRO.2010.2073030>
21. Fountain, T.W.R., Kailat, P.V., Abbott, J.J., (2010) Wireless control of magnetic helical microrobots using a rotating-permanent-magnet manipulator, *International Conference on IEEE Robotics and Automation*, Anchorage, AK, USA, 576-581. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2010.5509245>
22. Petruska, A.J., & Abbott, J.J. (2013) Optimal permanent-magnet geometries for dipole field approximation, *IEEE Transactions on Magnetics*, 49(2), 811-819. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2012.2205014>
23. Akçura, N., Çetin, L., Kahveci, A., Alasli, A.K., Can, F.C., & Tamer, Ö. (2018) Guided motion control methodology for microrobots, *6th International Conference on Control Engineering & Information Technology*, Istanbul, Turkey. <https://doi.org/10.1109/CEIT.2018.8751803>
24. Khalil, I.S.M., Pichel, M.P., Abelmann, L., & Misra, S., (2013) Closed-loop control of magnetotactic bacteria, *International Journal of Robotics Research*, 32(6), 637-649. <https://doi.org/10.1177/0278364913479412>
25. Khalil, I.S.M., Tabak, A.F., Hageman, T., Ewis, M., Pichel, M., Mitwally, M.E., El-Din, N.S., Abelmann, L., & Sitti, M. (2017b) Near-surface effects on the controlled motion of magnetotactic bacteria, *IEEE International Conference on Robotics and Automation*, Singapore, 5976-5982. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2017.7989705>
26. Spong, M.W., & Vidyasagar, M. (1989) Robot Dynamics and Control. John Wiley and Sons, Inc., New Jersey.
27. Othayoth, R.S., Chittawadigi, R.G., Joshi, R.P., & Saha, S.K. (2017) Robot kinematics made easy using RoboAnalyzer software, *Computer Applications in Engineering Education*, 25(5), 669-680. <https://doi.org/10.1002/cae.21828>
28. Raibert, M.H., & Craig, J.J. (1981) Hybrid position/force control of manipulators, *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control*, 102, 126-133. <https://doi.org/10.1115/1.3139652>
29. Purcell, E.M. (1977) Life at low Reynolds number, *American Journal of Physics*, 45(1), 3-11, <https://doi.org/10.1119/1.10903>
30. Keller, J.B., & Rubinow, S.I. (1976) Swimming of flagellated microorganisms, *Biophysical Journal*, 16(2), 151-170. [https://doi.org/10.1016/s0006-3495\(76\)85672-x](https://doi.org/10.1016/s0006-3495(76)85672-x)
31. Tabak, A.F. (2018) Hydrodynamic impedance of bacteria and bacteria-inspired micro-swimmers: a new strategy to predict power consumption of swimming micro-robots for real-time applications, *Advanced Theory and Simulations*, 1(4), 1700013. <https://doi.org/10.1002/adts.201700013>
32. Rengifo, C., Aoustin, Y., Chevallereau, C., & Plestan, F. (2009) A penalty-based approach for contact forces computation in bipedal robots, *IEEE-RAS International Conference on Humanoid Robots*, Paris, France, 121-127. <https://doi.org/10.1109/ICHR.2009.5379590>
33. M. Denai, M., Linkens, D.A., Asbury, A.J., & Gray, W.M. (1990) Self tuning PID control of atracurium-induced muscle relaxation in surgical patients, *IEE Proceedings D – Control Theory and Applications*, 137(5), 261-272. <https://doi.org/10.1049/ip-d.1990.0032>
34. Lugmair, M., Froriep, R., Kuplent, F., & Langhans, L. (2003) Tempo beim laser im griff, *F&M Elektronik Jahrgang*, 111(5), 32-35.
35. Dong, F., Huang, Z., Qiu, D., Hao, L., Wu, W., & Jin, Z. (2019) Design and analysis of a small-scale linear propulsion system for maglev applications (1) – the overall design process, *IEEE Transactions on Applied Superconductivity*, 29(2), 5201005. <https://doi.org/10.1109/TASC.2019.2895312>
36. Maxon Group (2019) EC 45 flat Ø42.8 mm, brushless, 70 Watt, Maxon Catalogue Page. Retrieved from WWW <https://www.maxongroup.com/maxon/view/product/397172> on 10.01.2019.
37. Eaton, J.W., Bateman, D., Hauberg, S., & Wehbring, R. (2019) GNU Octave version 5.1.0 manual: a high level interactive language for numerical computations.
38. Shampine, L.F., & Gordon, M.K. (1975) Computer Solution of Ordinary Differential Equations, W. H. Freeman and Company, San Francisco.
39. Lauga, E., DiLuzio, W.R., Whitesides, G.M., & Stone, H.A. (2006) Swimming in circles: Motion of bacteria in near solid boundaries, *Biophysical Journal*, 90, 400-412. <https://doi.org/10.1529/biophysj.105.069401>
40. Constantino, M.A., Jabbarzadeh, M., Fu, H.C., Bansil, R. (2016) Helical and rod-shaped bacteria swim in helical trajectories with little additional propulsion from helical shape, *Science Advances*, 2(11), e1601661. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1601661>



U-Net ile Çekirdek Segmentasyonunda Hiper Parametre Optimizasyonu Etkisinin Değerlendirilmesi

Furkan Atlan^{1*}, Emrah Hançer², İhsan Pençe³

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1602-1941)

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3213-5191)

³ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Bucak Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0734-3869)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818791)

ATIF/REFERENCE: Atlan, F., Hançer, E. & Pençe, İ. (2020). U-Net ile Çekirdek Segmentasyonunda Hiper Parametre Optimizasyonu Etkisinin Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 60-69.

Öz

Tıbbi görüntülerin yorumlanarak hasta ve hastalık hakkında önemli veriler elde edilmesi zaman ve emek açısından oldukça maliyetlidir. Tıbbi görüntülerin yapay zekâ yöntemleri ile analiz edilmesi sayesinde hastalık tespitinin yapılması, sınıflandırılması ve bunların otomatikleştirilmesi uzmanların iş yükünü azaltmaktadır. Bu çalışmada, 2018 Data Science Bowl veri setinden elde edilen tıbbi görüntülerdeki çekirdeklerin tespitinin otomatikleştirilmesi yapılmaktadır. 2018 Data Science Bowl, çekirdek tespitinin otomatikleştirilmesi amacıyla bir yarışma için bir araya getirilmiş tıbbi görüntülerden oluşmaktadır. Bu veri seti içerisinde 670 adet eğitim görüntüsü ve bunlara ait maske görüntüleri ile 65 adet test görüntüsü yer almaktadır. Test görüntülerine ait maske görüntüleri olmadığı için çalışma, eğitim görüntülerinin %10'unun doğrulama verisi olarak ayrılarak bu veriler üzerinden yapılmaktadır. Çalışmada, çekirdek tespitinin otomatikleştirilmesinde U-Net Evrişimli Sinir Ağı kullanılıp en yüksek doğruluk ve en düşük hata oranının elde edilmesi amaçlanmıştır. Çekirdek tespitindeki doğruluk oranının artırılması ve hata oranının minimize edilmesi amaçlandığı için, yapılan deneysel çalışmalar iki bölüme ayrılmaktadır. İlk olarak Adam optimizasyonu ve belirli hiper parametreler kullanılmakta, ikinci bölümde ise sonuçların en iyilenmesi için hiper parametre optimizasyonu yapılmaktadır. Hiper parametre optimizasyonu için Izgara Arama yöntemi tercih edilmiştir. Deneysel çalışmaların ilk aşamasında doğrulama verileri için elde edilen doğruluk oranı 0.9675 olarak bulunmuştur. Hiper parametre optimizasyonu yapıldıktan sonra ise doğrulama verileri için en iyi iki sonuç sırası ile 0.9698 ve 0.9739 olarak bulunmuştur. Son olarak, en iyi sonucu veren 0.9739 oranı için belirlenen hiper parametreler Stokastik Gradyan İniş, RMSProp ve AdaDelta optimizasyon yöntemleri için de denenmiştir. Bu sayede optimizasyon yöntemlerin kıyaslaması da yapılmış ve en iyi sonucu veren optimizasyon yönteminin Adam optimizasyonu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi Görüntü Segmentasyonu, Çekirdek Tespiti Otomasyonu, U-Net, Hiper Parametre Optimizasyonu, Izgara Arama.

Evaluation of Hyper Parameter Optimization Effect on Nuclei Segmentation with U-Net

Abstract

Interpreting medical images and obtaining important data about the patient and the disease is very costly in terms of time and effort. Thanks to the analysis of medical images with artificial intelligence methods, disease detection, classification and automating these is reduced the workload of experts. In this study, the process of automating the detection of the nuclei in medical images obtained from the 2018 Data Science Bowl data set is carried out. 2018 Data Science Bowl consists of medical images put together for a competition to automate nuclei detection. This data set includes 670 training images and their mask images and 65 test images. Since there are no mask images belonging to the test images, the study is carried out by separating 10% of the training images as validation data. In the study, it is aimed to achieve the highest accuracy and the lowest error rate by using U-Net Convolutional Neural Network to automate nuclei detection. Since it is aimed to increase the accuracy rate in nuclei detection and to minimize the error rate, the experimental

* Sorumlu Yazar: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Burdur, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1602-1941, furkanatlan@gmail.com

studies are divided into two parts. Firstly, the hyper parameters determined by the trainer have been run with Adam optimization, and in the second part, hyper parameter optimization is performed to optimize the results. Grid Search method is preferred for hyper parameter optimization. In the first stage of experimental studies, the accuracy rate obtained for verification data was found to be 0.9675. After the hyper parameter optimization, the best two results for the validation data were found as 0.9698 and 0.9739, respectively. Finally, the hyper parameters determined for the ratio of 0.9739 that gives the best result are also tested for Stochastic Gradient Descent, RMSProp and AdaDelta optimization methods. Thus, the comparison of optimization methods is also made and it was determined that the optimization method that gave the best results is Adam optimization.

Keywords: Medical Image Segmentation, Nuclei Detection Automation, Hyper Parameter Optimization, Grid Search.

1. Giriş

Hücre ve çekirdek bölütlemesi, dijital hale getirilmiş mikroskopi görüntülerinin yani tıbbi görüntülerin otomatik olarak analiz edilmesine olanak sağlayan çok önemli bir gelişmedir. Çünkü çekirdek bölütlemesinde kullanılan görüntüler, dijitalleştirilmiş mikroskopi görüntüleridir (Veta ve ark., 2013). Dokunun mikroskobik incelenmesi ile ilgilenen temel anabilim dalının adı histopatolojidir. Spesifik olarak, klinik tıpta histopatoloji; dokunun işlendikten ve histopatolojik bölümlerin cam slaytlara yerleştirilmesinden sonra biyopsi örneğinin bir patolog tarafından incelenmesini kapsar. Bu cam slaytlar, tüm slaytları dijitalleştirilen son teknoloji dijital slayt tarayıcıları (WSI) yardımıyla taranarak bilgisayara aktarılabilir (Wang ve ark., 2016). Büyük sıralama yaklaşımları sayesinde kanserin moleküler temelli olarak ele alınışına ciddi bir katkı sağlanmıştır. Dijital patoloji sayesinde hastalıklı doku kısımlarının taranması ya da bunları dijital bir şekilde depolanması, oldukça karmaşık bu verilerin sayısal ve otomatik analizi için birtakım yazılımların geliştirilmesine olanak sağlamaktadır (Naylor ve ark., 2017). Genel olarak görüntü bölütleme algoritmaları, süreksizlik ve benzerlik kategorisi altında toplanmaktadır. Süreksizlik, görüntüdeki ayrıtlarda yeğinlik bilgisinin anlık değişimlerine göre görüntünün parçalara ayrılması; benzerlik ise görüntünün, önceden tanımlanmış belirli özelliklere göre parçalara ayrılmasıdır. Eşik seviyesi, bu alanda en sık kullanılan kriterlerden biridir (Gonzalez ve Woods, 2018). Yapay zekânın sağlık alanında kullanılması ile beraber tıbbi görüntülerin bölütlemesine yönelik yazılımlar ve çalışmalar artmış olsa da çekirdek bölütlemesi oldukça zor bir iştir. Doku ve hücre türleri, hücrelere göre boyama farklılıkları gibi faktörler çekirdek bölütlemesinde kullanılan geleneksel bölütleme algoritmaları tarafından çok zor ayırt edilir ve oldukça yavaş çalışır. Ancak yapay zekâ kullanılarak yapılan çalışmalarda bölütleme işlemi hızlandırılmış (Şişeci ve ark., 2014) ve derin öğrenme kullanılarak geliştirilen algoritmalar ile çekirdek bölütleme çalışmalarında büyük bir başarı elde edilmiştir (Naylor ve ark., 2017; Ciresan ve ark., 2012).

Günümüzde tıbbi görüntülerin yapay zekâ ile işlenmesi, araştırmacılar için oldukça tercih edilen bir konudur. Tıbbi görüntülerin yarı ya da tam teşhisinin otomasyonu oldukça zor bir çalışma alanıdır (Gülay ve İçer, 2020). Bu görüntülerin yorumlanarak bilgisayar destekli tanı sistemleri ile hastalık tespiti yapılması, sınıflandırılması hem uzmanlar (radyolog, klinisyen vb.) hem hastalar hem de bu alanda hizmet veren kurumlar açısından oldukça önemlidir (Öziç ve Özşen, 2020). Tıbbi görüntülerin doğru bir şekilde etiketlenmesi oldukça zahmetli ve maliyetli bir iştir. Üstelik klasik görüntü işleme tabanlı algoritmalar veya modeller için oldukça fazla sayıda veri yani görüntü gerekmektedir.

Literatürde tıbbi görüntülerin bölütlenmesi ile ilgili çalışmalar özellikle son birkaç yılda büyük bir artış göstermektedir. Yapılan çalışmalar patoloji görüntülerindeki hücre çekirdeklerinin bölütlenmesi (Turan ve Bilgin, 2019), kan damarlarının bölütlenmesi (Atlı ve Gedik, 2019), hücre çekirdeğinin bölütlenmesinde farklı mimarilerin kıyaslanması (Vuola ve ark., 2019), hassas çözünürlüğe sahip tıbbi görüntülerin bölütlenmesi için özel modellerin oluşturulması (Alom ve ark., 2018; Punn ve Agarwal, 2019; Chidester ve ark., 2019; Zeng ve ark., 2019) ve Hibrit modellerin kullanılması (Fuat ve ark., 2019) gibi bir çerçevede bir araya getirilebilir.

Çalışmada kullanılan veri seti ve analiz edilen metrik (doğruluk oranı) ile ilgili literatürde yapılmış ve kıyaslanabilecek bir çalışma olarak görüntülerin bölütlenmesinin zar katsayısı açısından doğruluğunu gösteren bir çalışma (Alom ve ark., 2018) bulunmaktadır. Alom ve ark., (2018) R2U-Net modeli kullanarak yaptıkları çalışmada görüntüleri zar katsayısı açısından %92.15 doğruluk oranı ile bölütlemeyi başarmıştır. Bu oran, bu çalışmadaki iki araştırma sonucundan da düşüktür. Bu durum, bu çalışmadaki sonuçların başarısını ortaya koymaktadır. Literatürde, mevcut veri seti ile yapılan çalışmaların az olmasının sebebi olarak veri setinin 2018 yılında duyurulması yani çok yeni olmasıdır. Ayrıca çalışmada kullanılan metriktan elde edilen sonucun optimize edilmesi de bu çalışmanın özgünlüğünü ve güncelliğini açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

Literatür taramasında yer alan söz konusu çalışmalarda kullanılan veri setleri, hastanelerden elde edilen tıbbi görüntülerden oluşmaktadır. Bu veri setleri ile ilgili çalışmalar aynı zamanda istatistik bilgileri açısından da oldukça kıymetlidir. Bu veri setlerinde ilgili hastalığın cinsiyetlere, ülke içerisindeki bölgelere göre dağılımı gibi konularda da bilgi sahibi olmak açısından faydalanılabilir. Tıbbi görüntülerin analizi, bölütlenmesi vb. çalışmalarda kullanılan veri setleri genellikle internet ortamındaki halka açık veri tabanlarından veya ilişkili üniversite, devlet veya özel hastanelerden elde edilen verilerden oluşmaktadır.

Bu çalışmada, 2018 Data Science Bowl veri setinde yer alan hücre çekirdeği görüntülerinin bölütlenmesi (segmentasyonu) yapılmaktadır. Çalışmanın amacı, çekirdeklerin tespitinin otomatikleştirilmesi ve bu işlemin büyük bir doğruluk oranı ve en az hata oranı ile gerçekleştirilmesidir. Çalışmanın en yüksek bir doğruluk oranı ile tamamlanması için elde edilen sonuçların hiper parametre optimizasyonu ile en iyilenmesi de amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Çalışmada kullanılan veri setini, 2018 Data Science Bowl (<https://www.kaggle.com/c/>) kaynağından elde edilen çok sayıda bölünmüş çekirdek görüntüsünden oluşturmaktadır. Bu veri seti içerisinde, 670 adet eğitim görüntüsü ve bunlara ait farklı resim dosyalarında tutulan ve bir araya getirildiğinde 670 adet maske (Segmente edilmiş) görüntü verisi bulunmaktadır.

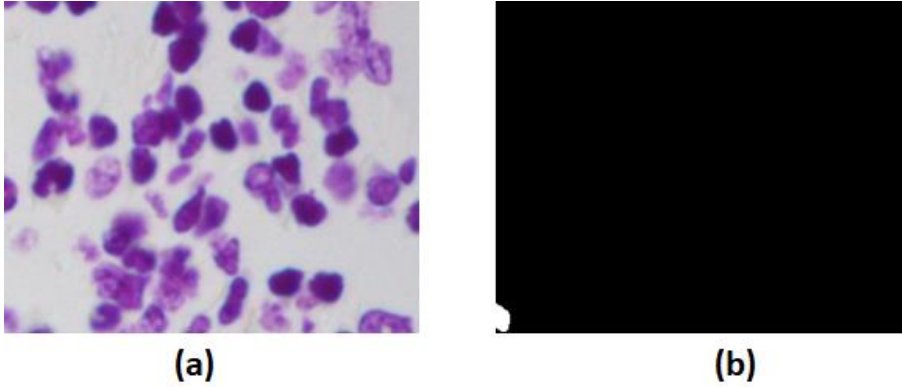
Bu 670 adet eğitim görüntüsünün 607'si eğitim görüntüsü olarak, %10'u olan 67 tanesi ise doğrulama (validation) verisi olarak kullanılmaktadır.

Bu veri seti içerisinde yer alan verilere ait istatistikler Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1. Data Science Bowl 2018 Veri Setine ait İstatistikler

Eğitim Verisi	Test Verisi	Veri Formatı	Toplam Veri
670	65	Portable Network Graphics (PNG)	735

Şekil 1'de orijinal hücre görüntüsü ve bu hücreye ait bölütlenmiş bir maske görüntüsü verilmektedir.



Şekil 1. 2018 Data Science Bowl Veri Setindeki bir eğitim görüntüsü: (a) Orijinal Gösterim, (b) Bölütlenmiş Gösterim

Şekil 1'den anlaşılacağı üzere eğitim verisi içerisindeki çekirdek görüntülerine ait her bir bölüt, maske olarak adlandırılmaktadır. Örneğin; bir eğitim verisi olarak kabul edilen çekirdek görüntüsünde 20 adet çekirdek bir veri olarak kabul edilirken, bu veriye ait 20 maske oluşturulmakta ve her bir bölüt bir görüntü olarak ifade edilmektedir. Test verisi olan 65 görüntüye ait maske görüntüsü bulunmamakta ve bu görüntülerin araştırmacı tarafından oluşturulacak bir model ile en doğru şekilde tahmin edilmesi beklenmektedir.

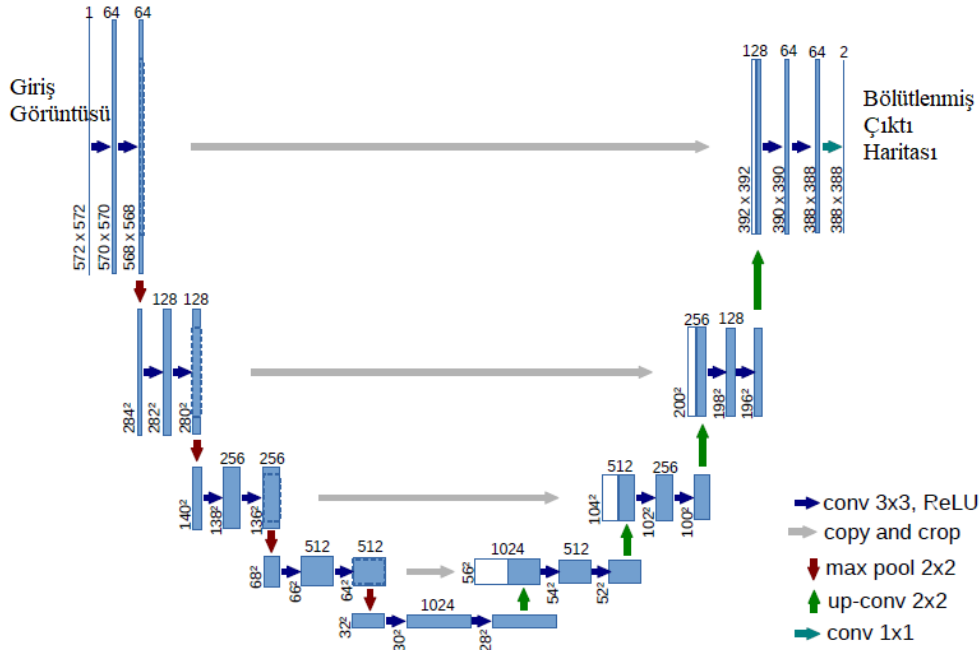
2.2. U-Net Modeli

U-Net, özellikle biyomedikal görüntüler üzerinde daha iyi bir bölütleme yapılması için 2015 yılında Olaf Ronneberger, Philip Fischer ve Thomas Brox tarafından "[U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation](#)" isimli bir makale ile tüm dünyaya tanıtılmıştır (Ronneberger ve ark., 2015).

Klasik evrişimli sinir ağı modellerinde eğitim için büyük veri setlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veri setleri içerisindeki görüntüler etiketlenerek ağa sunulur ve ağı, görüntüleri bu etiket bilgileri ile tanır. Biyomedikal görüntülerde bu işlem (etiketleme) oldukça güçtür. Çünkü biyomedikal görüntüler piksel temelli yaklaşımlar gerektirmektedir. Böyle bir etiketleme ise oldukça büyük bir insan ve donanım kapasitesi gerektirmekle birlikte çok zaman almaktadır. U-Net ise bu konuda klasik evrişimli sinir ağlarından farklı bir mimari ve piksel bazlı görüntü bölütleme imkânı sunmaktadır.

2.1.1. U-Net Mimarisi

U-Net Mimarisi, Şekil 2'de gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan modelin anlaşılması için mimarinin teknik açıdan detaylı ve sade bir şekilde açıklanmasında fayda görülmektedir.

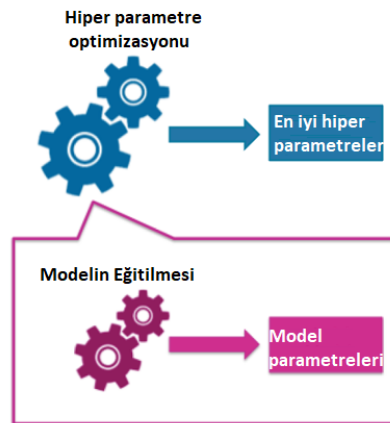


Şekil 2. U-Net Mimarisi (Ronneberger vd., 2015)

Şekil 2’de gösterilen U-net mimarisi (en düşük çözünürlükte 32x32 piksel için örnek). Her mavi kutu, çok kanallı bir özellik haritasına karşılık gelir. Kanal sayısı kutunun üstünde gösterilir. X-y boyutu kutunun sol alt kenarında bulunur. Beyaz kutular kopyalanan özellik haritalarını temsil eder. Oklar farklı işlemleri gösterir. U-Net modeli, bir büzülme yolu (contracting path) ve bir genişleme/açılım yolundan (expansive path) meydana gelmektedir. Şekil 3’te gösterilen ve sol tarafta yer alan büzülme yolu, klasik bir evrişimsel ağın tipik mimarisini izlemektedir. 3 x 3’lük bir evrişim işleminin iki defa tekrarlanmasından oluşur. Daha sonra bu işlemi, aktivasyon olarak geri dönüşümlü doğrusal birim fonksiyonu (ReLU) ve alt örnekleme (downsampling) için 2 kaydırmalı (stride) adım ile 2 x 2’lik bir maksimum ortaklama (max pooling) işlemleri takip eder. Her alt örnekleme işleminde özellik kanallarının (feature channel) sayısı ikiye katlanmaktadır. Şekil 2’de sağ tarafta yer alan genişleme yolundaki her adım yukarı örneklemesinden (upsampling) sonra özellik kanallarının sayısını yarıya indiren 2 x 2’lik bir evrişim işleminden, büzülme yolundan karşılık gelen kırılmış özellik eşlemesiyle birleştirme işleminden ve 3 x 3’lük bir evrişim işleminin iki defa uygulanmasıyla oluşmaktadır. Bu evrişim işlemlerinde aktivasyon olarak ReLU fonksiyonu kullanılmaktadır. Son katmanda ise 64 bileşenli özellik vektörü, istenen sayıda sınıfa eşlenmek için 1 x 1’lik bir evrişim işlemine tâbi tutulmaktadır. Toplamda, bu ağın 23 evrişim katmanı bulunmaktadır (Ronneberger ve ark., 2015).

2.3. Hiper Parametre Optimizasyonu

Hiper parametre, üzerinde ittifak sağlanmış bir tanımlı olmamasıyla birlikte bir soruna çözüm üretmek için kullanılan veri setine ve modele göre farklılık gösteren parametrelerdir. Hiper parametre optimizasyonunun amacı, herhangi bir sinir ağı modelinde, istenilen başarı kriterinden elde edilen sonucun en iyilenmesidir. İyi bir modelin inşa edilmesinde doğru bir modelin seçilmesi ve/veya hiper parametrelerin tercih edilmesi yeterli olmamaktadır. Bu hiper parametreler arasında en iyi sonucu verecek olan kombinasyonun bulunması, bilinmesi de gerekmektedir. Şekil 3’te hiper parametre optimizasyonu basit bir şekilde açıklanmaktadır.



Şekil 3. Model Üzerinde Hiper Parametre Optimizasyonu Gerçekleştirilmesi (<https://medium.com/deep-learning-turkiye>)

2.3.1. Izgara Arama

Izgara Arama (Grid Search), hiper parametre optimizasyonu için en sık kullanılan stratejilerden biridir. Kullanılan farklı modellere göre hiper parametreler bazen sonsuz denebilecek sayıda değer alabilirler. Böyle durumlarda eğitimci, mevcut bilgilerine dayanarak hiper parametreler için bir değer aralığı belirleyebilir. Belirlenen aralıklarda belli başlı noktalar-değerler seçilerek bir hiper parametre dizisi oluşturulabilir. Izgara arama sayesinde bu dizi içerisinde yer alan tüm değerlerin kombinasyonu için tüm ağ eğitilir ve en iyi kombinasyona sahip değerler hiper parametre olarak seçilir (Bergstra ve Bengio, 2012).

2.3.2. Optimize Edilen Hiper Parametreler

Çalışmanın bu bölümünde, U-net modelinin optimizasyonunda kullanılan hiper parametreler verilmektedir. Bu hiper parametrelerin tanıtımına geçilmeden önemli bir bilginin hatırlatılmasında fayda görülmektedir. Evrişimli Sinir Ağlarının hiper parametrelerinin optimizasyonu ile U-net modelinin hiper parametre optimizasyonunda kullanılan hiper parametreler arasında fark bulunmaktadır. Bunun en önemli sebebi U-net modelinde klasik Evrişimli Sinir Ağlarının son katmanı olan Tam/Tüm Bağlantı Katmanının (Fully Connected Layer) bulunmamasıdır.

Özellikle Evrişimli Sinir Ağları tabanlı modellerde hiper parametre optimizasyonunun yapılmasının en önemli sebebi, eğitimci modeline ve dolayısıyla veri setine en uygun yani en yüksek doğruluk oranını verebilecek olan yapay sinir ağları (YSA) katmanlarının (Python'da "Dense" olarak adlandırılmaktadır) ve bu katmanlarda kullanılacak nöron sayılarının bulunmasıdır. Ancak daha önce de belirtildiği gibi U-net modelinin yapısında YSA katmanları bulunmamaktadır. Bu sebeple bu çalışmada yapılan U-net hiper parametre optimizasyonunda aşağıda verilen hiper parametreler üzerinden bir optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Bu hiper parametreler:

Parça boyutu (batch_size), yapay zekâ uygulamalarında, çalışılan veri seti içerisinde yer alan tüm verilerin aynı anda işlenmesi ve öğrenmenin bu şekilde gerçekleşmesi özellikle bellek ve zaman açısından epey maliyetlidir. Çünkü, öğrenme işlemi sırasında her bir İterasyon için "geriye yayılım" (backpropagation) ve gradyan hesaplaması yapılır. Bunlar sayesinde ağırlık değerleri güncellenir ve elde edilen hata oranı minimize edilmeye çalışılır. Bir veri seti ne denli büyükse, bu işlemler de o kadar uzun sürer. Bunun için veriler tek tek değil de küçük gruplar halinde işlenir. Bu küçük gruplara "mini-batch" denilmektedir (Gülcü ve Kuş, 2019).

Devir (epoch) sayısı, yapay zekâ algoritmalarında bütün bir öğrenme işlemi gerçekleştirirken yapılan tüm işlemler bittiğinde bu 1 devir (epoch) olarak adlandırılmaktadır (Gülcü ve Kuş, 2019).

Optimizasyon yöntemi (optimizer), doğrusal olmayan sorunların çözümü için en uygun değerlerin bulunmasını sağlamaktadır (Gülcü ve Kuş, 2019).

2.3.2. Hiper Parametre Optimizasyonu için Kullanılan Bazı Modüller

Python programlama dilinde hiper parametre optimizasyonunun sağlanması için kişi, kurum (üniversite, şirket vb.) bazlı oluşturulmuş farklı modüller bulunmaktadır. Bu modüller: hyperopt (<https://github.com/hyperopt>), skopt (<https://pypi.org>), sherpa (<https://parameter-sherpa.readthedocs.io/>), tune (<https://docs.ray.io/>), optuna (<https://optuna.org/>), keras-tuner (<https://github.com/keras-team/>) ve talos (<https://github.com/autonomio>) olarak özetlenebilir. Elbette farklı amaçlara için hazırlanmış ve daha da geliştirilmiş modüllerde mevcuttur. Ancak bu çalışmada bu modüller sadece isim olarak tanıtılmaktadır.

Bu çalışmada hiper parametre optimizasyonunun gerçekleştirilmesi için özellikle tensorflow (<https://www.tensorflow.org/>) modülü ile uyum sorununa çözüm getirdiğinden dolayı talos 1.0 kullanılmıştır. Çalışmada editör olarak, Python programlama dili için PyCharm Community Edition 2019.3.1 kullanılmıştır.

2.4. Optimizasyon Yöntemleri

Bu bölümde, çalışmada literatürde kullanılan popüler optimizasyon yöntemlerinden Stokastik Gradyan İniş (SGD), AdaDelta, RMSProp ve Adam açıklanmaktadır.

Stokastik Gradyan İniş: Gradyan inişi, bir optimizasyon yöntemidir. Gradyan ise bir fonksiyonun eğimi olarak adlandırılabilir. Yani, bir değışkende meydana gelen değışikliklere karşılık olarak bir değışkenin değışim derecesini ölçmektedir. Gradyan iniş-çıkışı dış bükey bir fonksiyondur ve eğimin büyüklüğü ile eğimin dikliği doğru orantılıdır. SGD optimizasyon yönteminde, veri setinin tamamı yerine o veri setinden rastgele bir parça seçilir ve maliyet fonksiyonu bu parçanın üzerinden hesaplanır. Standart Gradyan inişe göre çok daha az maliyetlidir. Ancak hedef fonksiyonun en azlanması için çok fazla sayıda yineleme gerektirmektedir (Bottou, 2010).

AdaDelta: Uyarlanabilir öğrenme oranına dayalı bir SGD yöntemidir. AdaDelta, eğitim boyunca geçmiş gradyanları depolamak yerine, güncelleme yapıldığında bile öğrenmeye devam edebilmek için öğrenme oranlarını hareketli gradyan güncellemelerine uyarlayan bir optimizasyon yöntemidir (Zeiler, 2012).

RMSProp: Tıpkı AdaDelta gibi çok ciddi bir şekilde azalan öğrenme oranı sorununa çözüm bulmak amacıyla geliştirilmiştir. İki temel işlem ile açıklanabilir: Gradyan karesinin hareketli ortalaması korunur ve gradyan bu ortalamanın köküne bölünür (Hinton vd., 2012).

Adam: Eğitim verileri baz alınarak ağ ağırlıklarını güncellemek amacıyla standart SGD algoritması yerine kullanılabilen ve RMSProp ile momentumu birleştiren bir optimizasyon yöntemidir. Adam, hiper parametre optimizasyonunu sezgisel olarak yorumlayabilir ve bunun için çok az sayıda ayarlama gerektirmektedir (Kingma ve Ba, 2014).

2.5. U-Net Modelinin Hazırlanması

U-Net kullanılarak oluşturulan modelde 4 evrişim ve 4 ters evrişim işlemi ardışık olarak verilere uygulanmıştır. Tablo 2’de modele ait veriler yer almaktadır.

Tablo 2. Çekirdek Tespiti için Oluşturulan U-Net Model Verileri

Küçülme Yolunda Kullanılan Filtre Boyutu	Genişleme Yolunda Kullanılan Filtre Boyutu
16	128
32	64
64	32
128	16
256	1

Şekil 3’te verilen U-Net mimarisine uygun olarak hazırlanan modelde elde edilen çıktı, 1 filtrelik 1 x 1’lik bir evrişim işleminden geçirildikten sonra sigmoid aktivasyon fonksiyonuna tâbi tutulmuştur. U-Net mimarisi ile oluşturulan bu model daha sonra Adam optimizasyonu ile eğitilmiştir.

Evrişimsel sinir ağı modelleri bilgisayarların GPU’larını çok fazla meşgul ettiği ve uzun sürdüğü için *keras* kütüphanesinin sağladığı avantajlardan biri olan Erken Durdurma (Early Stopping) fonksiyonu kullanılmıştır. Bu fonksiyonun amacı, belli bir yitim fonksiyonu ve/veya doğruluk değerinin üzerine çıkılmayacağı anlaşıldığında algoritmanın çalışmayı bitirmesidir. Yani erken bitirmesidir.

Bu çalışmada, deneysel çalışmalar iki bölümde ele alınmaktadır. İlk olarak Adam optimizasyonu ile modelin kurulması ve elde edilen sonuçlar ışığında Adam optimizasyonunun hiper parametre optimizasyonu ile sonuçların en iyilenmesidir. Deneysel çalışmaların ikinci bölümünde ise hiper parametre optimizasyonu sonucunda elde edilen en iyi hiper parametrelerin diğer optimizasyon yöntemlerine uygulanarak optimizasyon yöntemlerinin karşılaştırılmasıdır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Çalışmanın Adam Optimizasyonu ile Gerçekleştirilmesi

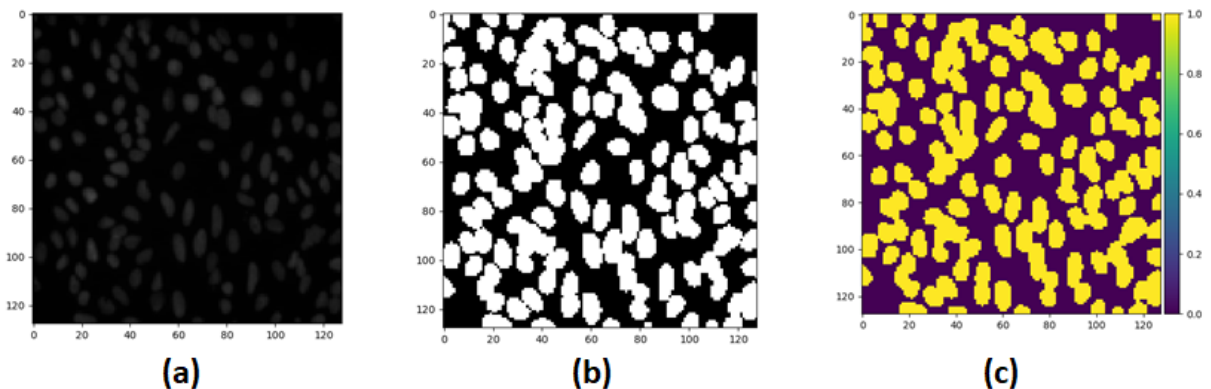
Çekirdek tespiti için oluşturulan modelin ilgili veri seti içerisindeki eğitim verilerinin tamamını çalıştırması bir tur sayısı (epoch) olarak değerlendirildiği için çalışmadaki epoch sayısı 100 ve batch size değeri 16 olarak belirlenmiştir ancak erken durdurma fonksiyonu 21. tur sayısı tamamlandığında bitirilmiştir.

Çalışmanın sonunda elde edilen yitim fonksiyonu ve doğruluk değeri Tablo 3’te verilmektedir.

Tablo 3. Eğitim Verileri için Modele ait Yitim Fonksiyonu ve Doğruluk İstatistikler

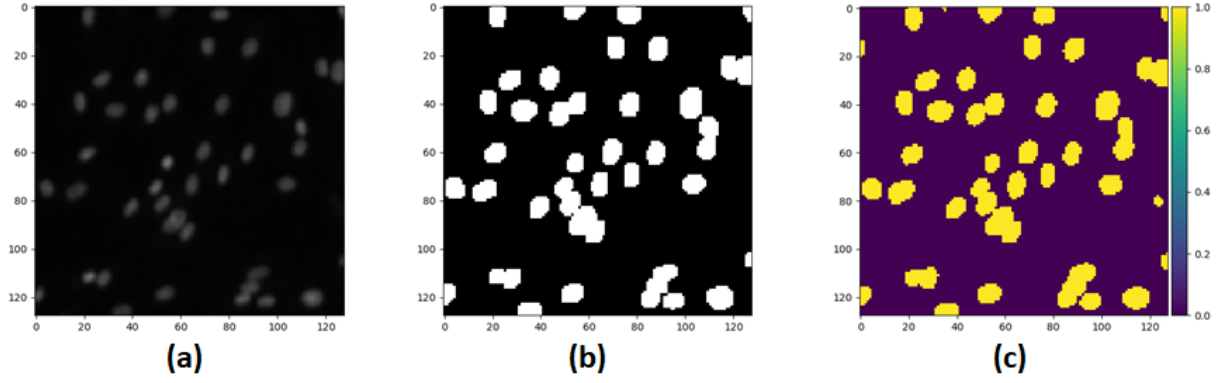
Yitim (Loss) Fonksiyonu	Doğruluk (Accuracy) Değeri
0.0828	0.9677

Çalışmada kullanılan eğitim görüntüsü, eğitim maskesi görüntüsü ve modelin uygulandığı eğitim görüntüsü sırası ile Şekil 4’te gösterilmektedir. Eğitim görüntüsüne ait maske görüntüleri birleştirilerek tek bir PNG dosyasında toplanmıştır.



Şekil 4. (a) Eğitim Verisinin Orijinal Gösterimi, (b) Eğitim Verisine ait Maske Görüntüsü, (c) Modelin Orijinal Görüntüye Uygulanması

Modelde, bir eşik değeri (threshold) oluşturulmuş olup bu değer 0.5 olarak belirlenmiştir. Bu değerinin altında kalan pikseller arka plan rengi olan mor rengine maskelenmiş, bu eşik değerini geçen pikseller ise sarı renk olarak maskelenmiştir. 670 görüntüden oluşan eğitim verisinin %10’u (67 görüntü) doğrulama verisi olarak seçilmiştir. Model, doğrulama verilerine uygulandığında elde edilen sonuçlar sırası ile Şekil 5’te gösterilmektedir.



Şekil 5. (a) Doğrulama Verisine ait Orijinal Görüntü, (b) Doğrulama Verisine ait Maske Görüntüsü, (c) Modelin Doğrulama Verisine Uygulandığında Elde Edilen Görüntü

Tablo 4’te modelin Doğrulama verisine uygulandığında elde edilen sonuçlar verilmektedir.

Tablo 4. Modelin Uygulandığı Doğrulama Verisine ait İstatistikler

Yitim (Loss) Fonksiyonu	Doğruluk (Accuracy) Değeri
0.0836	0.9675

3.1.1. Adam Optimizasyon Yönteminde Hiper Parametre Optimizasyonu

Çalışmanın bu bölümünde, U-net modelinde Adam optimizasyon yönteminde hiper parametre optimizasyonu için belirlenen hiper parametrelere ait değerlerin sonucunda elde edilen doğruluk oranları Tablo 5’te verilmektedir.

Tablo 5. Adam Optimizasyonunda Hiper Parametre Optimizasyonu için Seçilen Hiper Parametrelere ait Değerler

Batch size	Epoch
[16, 32]	[10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100]

Tablo 5’te verilen değerler ile ilgili olarak; Batch size hiper parametresi için 2 değer belirlenmiştir (16 ve 32). Epoch hiper parametresi için de 10 değer belirlenmiştir (10’dan 100’e kadar 10’ar 10’ar artışla 10 değer).

Hiper parametrelere ait belirlenen bu değerlerin algoritma çalışma esnasında optimizasyonu şu şekilde olacaktır. Örneğin; algoritma da Batch size değeri 16 iken 10 defa çalışacak (10 Epoch) ve bir doğruluk değeri verecektir. Daha sonra 10’ar artışla en son 100 defa çalışacak (100 Epoch) ve yine bir doğruluk değeri verecektir. Sonrasında ise Batch size 32 iken bu işlemler aynen tekrarlanacaktır ve bunlar sonucunda bir doğruluk değeri üretilecektir.

Ayrıca, bu doğruluk oranlarının önceki çalışmada elde edilen doğruluk oranı da verilmektedir. Tablo 6’da Adam optimizasyonu ile batch size değeri 16 alındığında Epoch sayısı değiştirilerek optimize edilen U-net modeline ait sonuçlar verilmektedir.

Tablo 6. Adam Optimizasyonu ile Batch Size Değeri 16 alındığında Yapılan Optimizasyon Sonucu Elde Edilen Yitim (Loss) ve Doğruluk (Accuracy) Sonuçları

Train Loss	Train Accuracy	Val_Loss	Val_Accuracy	Epoch
0.1099	0.9581	0.1278	0.9508	10
0.0796	0.9689	0.1050	0.9572	20
0.0535	0.9782	0.0892	0.9652	30
0.0677	0.9728	0.1006	0.9639	40
0.0661	0.9734	0.0874	0.9698	50
0.0476	0.9802	0.0999	0.9697	60
0.1230	0.9525	0.1149	0.9553	70
0.1022	0.9606	0.0973	0.9627	80
0.0978	0.9622	0.0865	0.9681	90
0.0879	0.9656	0.0796	0.9689	100

Tablo 6’da verilen; **Train Loss**: Eğitim verilerine ait yitim fonksiyonu değerine (Loss Function), **Train Accuracy**: Modelin eğitim verilerini doğru tahmin etme oranına, **Val_Loss**: Doğrulama (validation) verilerine ait yitim fonksiyonu değerine, **Val_Accuracy**: Modelin doğrulama verilerinin doğru tahmin etme oranına karşılık gelmektedir.

Tablo 6’da verilen doğrulama verilerininin doğru tahmin edilmesinde en büyük doğruluk oranını veren Epoch sayısı Tablo 7’de verilmektedir.

Tablo 7. Adam Optimizasyonu ile Batch Size Değeri 16 alındığında Yapılan Optimizasyon Sonucu Elde Edilen En Yüksek Doğruluk Oranını Veren Epoch Değeri

Val_Accuracy	Epoch
--------------	-------

0.9698	50
--------	----

Tablo 8’de ise Adam optimizasyonu ile batch size değeri 32 alındığında Epoch sayısı değiştirilerek optimize edilen U-net modeline ait sonuçlar verilmektedir.

Tablo 8. Adam Optimizasyonu ile Batch Size Değeri 32 alındığında Yapılan Optimizasyon Sonucu Elde Edilen Yitim (Loss) ve Doğruluk (Accuracy) Sonuçları

Train Loss	Train Accuracy	Val_Loss	Val_Accuracy	Epoch
0.0444	0.9816	0.0913	0.9660	10
0.0413	0.9829	0.0983	0.9656	20
0.0375	0.9844	0.1034	0.9651	30
0.0435	0.9819	0.1020	0.9701	40
0.0406	0.9830	0.1077	0.9703	50
0.0368	0.9847	0.1132	0.9700	60
0.0817	0.9677	0.0667	0.9737	70
0.0795	0.9684	0.0651	0.9734	80
0.0767	0.9693	0.0790	0.9677	90
0.0774	0.9692	0.0676	0.9739	100

Batch size değeri 16 alındığı zaman %97 ve üzeri bir orana hiç çıkılamamıştı. Ancak Batch size değeri 32 alındığında birçok yerde bunun aşılabildiği görülmektedir. Tablo 8’de verilen sonuçlar içerisinde doğrulama verilerinin doğru tahmin edilmesinde en büyük doğruluk oranını veren Epoch sayısı Tablo 9’da verilmektedir.

Tablo 9. Adam Optimizasyonu ile Batch Size Değeri 32 alındığında Yapılan Optimizasyon Sonucu Elde Edilen En Yüksek Doğruluk Oranını Veren Epoch Değeri

Val_Accuracy	Epoch
0.9739	100

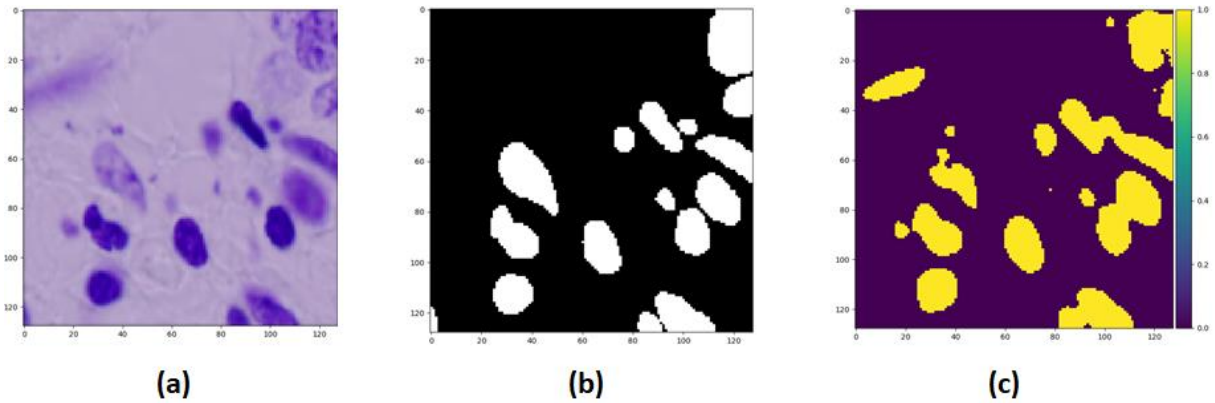
Daha önceki çalışmada Adam optimizasyonu kullanılarak elde edilen doğruluk oranı ile bu çalışmada Adam optimizasyonu kullanılarak gerçekleştirilen hiper parametre optimizasyonlarında batch size ve Epoch değerine göre elde edilen en yüksek doğruluk oranlarının karşılaştırılması Tablo 10’da verilmektedir.

Tablo 10. Adam Optimizasyon Yönteminde Elde Edilen Doğruluk Oranı ve Buna ait Hiper Parametreler ile Optimize Edilen Hiper Parametrelere ait Doğruluk Oranlarının Karşılaştırılması

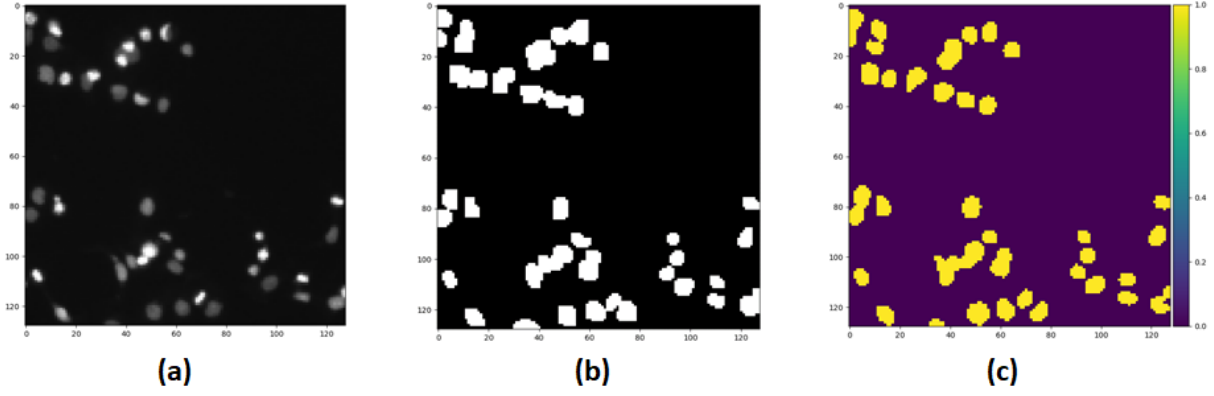
Sıralama	Batch Size	Epoch	Val_Accuracy
1	16	100	0.9675
2	16	50	0.9698
3	32	100	0.9739

Tablo 10’da ilk çalışmadan şu ana dek elde edilen sonuçlar sıralı bir şekilde verilmektedir. Bu göre ilk satırda verilen değerler önceki çalışmaya ait, 2. ve 3. Satırlarda verilen değerler ise bu çalışmada elde edilen verilerdir. Tablo 10’da da görüldüğü gibi Adam optimizasyonunda en yüksek doğruluk oranı batch size 32 değerinde iken 100 Epoch ile çalıştırıldığında elde edilmektedir. Çalışmanın sonraki bölümünde ise, optimizasyon yöntemlerinin karşılaştırılması verilmektedir.

Şekil 6’da hiper parametre optimizasyonu sonucunda elde edilen hiper parametre değerleri, Şekil 7’de ise modelin görüntü verilerine uygulandığı zaman elde edilen sonuçlar gösterilmektedir. 2018 Data Science Bowl veri setinden alınan görüntülere ait şekillerin boyutu 128 x 128 olarak ayarlanmıştır.



Şekil 6. (a) Eğitim Verisine ait Orijinal Görüntü, (b) Eğitim Verisine ait Maske Görüntüsü, (c) U-net Modeli ile Tahmin Edilen Eğitim Görüntüsü



Şekil 7. (a) Doğrulama Verisine ait Orijinal Görüntü, (b) Doğrulama Verisine ait Maske Görüntüsü, (c) U-net Modeli ile Tahmin Edilen Doğrulama Görüntüsü

3.2. Diğer Optimizasyon Yöntemlerine ait Sonuçların Karşılaştırılması

Çalışmanın bu bölümünde, Adam optimizasyonu kullanılarak, doğrulama verilerinde en yüksek doğruluk oranını veren hiper parametre değerleri (batch size = 32, Epoch = 100) diğer optimizasyon yöntemleri (SGD, RMSprop, Adadelta) ile çalıştırılmıştır. Her ne kadar bu çalışma özellikle doğrulama verilerine ait doğruluk oranlarının iyileştirilmesi için optimize edilmek amacıyla hazırlanmış olsa da çalışmanın bu bölümünde elde edilen sonuçlar Tablo 11’de verilmektedir.

Tablo 11. 4 Optimizasyon Yönteminin 100 Epoch ve 32 Batch Size Hiper Parametreleri ile Çalıştırılmasında Doğrulama Verilerine ait Sonuçlar

Optimizasyon	Val_Accuracy	Val_Loss
Adam	0.9739	0.0676
SGD	0.9461	0.1348
RMSProp	0.9137	0.2152
AdaDelta	0.9484	0.1298

Tablo 11’de verilen optimizasyon yöntemlerinin karşılaştırılmasında yine en başarılı sonucu Adam optimizasyonu vermektedir. Diğer üç optimizasyon yöntemi de aynı hiper parametreler ile çalıştırılmıştır.

Araştırma sonuçları incelendiğinde Adam optimizasyon yönteminin mevcut hiper parametreler ile çalıştırıldığında ve bunların optimizasyonu sonucunda diğer optimizasyon yöntemlerine göre en yüksek doğruluk oranını verdiği görülmektedir. Hiper parametre optimizasyonunun görüntü bölütlemesinde doğruluk oranını arttırdığı görülmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, U-Net modeli kullanılarak yüksek bir doğruluk oranı ve düşük bir hata oranı ile çekirdek tespitinin otomatikleştirilmesi amaçlanmaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için deneysel çalışmaların iki aşama olarak belirlendiği bu çalışmada, ilk olarak Adam optimizasyonu kullanıldıktan sonra hiper parametre optimizasyonu ile hem mevcut optimizasyon yönteminin en iyilenmesi hem de diğer optimizasyon yöntemlerinin aynı hiper parametreler ile çalıştırılarak bir kıyaslama yapılmaktadır.

Hiper parametre optimizasyonu sonucunda batch size = 32 ve Epoch = 100 iken 0.9739 oranı ile en yüksek doğruluk değeri elde edilmiştir. Daha sonra diğer optimizasyon yöntemleri olan ve tensorflow modülü ile erişim sağlanan SGD, RMSprop ve Adadelta optimizasyon yöntemleri ile daha önce belirlenen en iyi hiper parametre değerleri kullanılarak aynı model çalıştırılmıştır. Bu işlemin sonucunda ise yani ikinci bir optimizasyon işleminin sonucunda diğer optimizasyon yöntemleri aynı hiper parametreler ile çalıştırıldığında elde ettikleri doğruluk oranı Adam optimizasyonuna göre daha düşük kalmıştır. Bu sonuç, ilk çalışmada optimizasyon yöntemi olarak belirlenen Adam optimizasyonunun tercih edilmesindeki başarıyı ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu çalışma için en iyi optimizasyon yöntemi olan Adam optimizasyonunun da en yüksek doğruluk sonucunu üretmesini sağlayan en iyi hiper parametreler de hiper parametre optimizasyonu ile bulunmuştur. Özellikle görüntü işleme de belirli bir süreden (Epoch sayısından) sonra öğrenme işleminde doğruluk oranının artması oldukça zordur. Bu sebeple, çalışmada özellikle %97 den sonra doğruluk oranının artmasının çok uzun bir süre ve dolayısı ile birkaç Epoch’tan sonra olması gibi sebeplerden dolayı önceki çalışmaya (0.9675) nazaran elde edilen bu doğruluk oranı (0.9739) kısmen de olsa anlamlı bulunmaktadır. Ayrıca diğer optimizasyon yöntemlerinin elde ettiği doğruluk oranlarına göre Adam optimizasyonunun ve batch size ile Epoch gibi hiper parametrelerin tercih edilmesi de isabetli bulunmaktadır.

U-net modelinin diğer Evrişimli Sinir Ağları modellerinden en önemli farklılığı olan son katmanda YSA katmanlarının yer almaması ve sadece evrişim (convolution) işlemi ile ortaklama (pooling) işlemlerinin yapılması, U-net hiper parametre optimizasyonunu oldukça güçlendirmektedir. Çünkü görüntü işleme de özellikle Evrişimli Sinir Ağları modellerinde yapılan hiper parametre optimizasyonunun amacı, özellikle YSA katmanları ile bağlantıyı sağlayan Fully Connected Layer katmanında kaç adet YSA katmanı ve bu katmanlarda kaç adet nöron kullanılacağı, bunların hangi aktivasyon fonksiyonu ile en iyi sonucu vereceği gibi

sorunlara çözüm bulmaktır. Ancak U-net modelinde YSA katmanlarının olmaması ve kullanılan aktivasyon fonksiyonunun da model itibari ile zaten tanımlanmış olmasından dolayı U-net modelinde hiper parametre optimizasyonu oldukça kısıtlıdır.

Çalışmada kullanılan mevcut veri setinin hem sezgisel algoritmalar hem de U-net dışında farklı bir model ile çalıştırılması ve elde edilen sonuçların karşılaştırılmasının tıbbi görüntü alanında hastalık tespiti ve bunun otomatikleştirilmesine katkı sağlaması açısından oldukça önemli olduğu düşünülmektedir.

Kaynakça

- Alom, M. Z., Yakopcic, C., Taha, T. M., & Asari, V. K. (2018). Nuclei segmentation with recurrent residual convolutional neural networks-based U-Net (R2U-Net). In *NAECON 2018-IEEE National Aerospace and Electronics Conference* (pp. 228-233). IEEE.
- Atli, İ., & Gedik, O. S. (2019). VESUNETDeep: A Fully Convolutional Deep Learning Architecture for Automated Vessel Segmentation. In *2019 27th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- Bergstra, J., & Bengio, Y. (2012). Random search for hyper-parameter optimization. *The Journal of Machine Learning Research*, 13(1), 281-305.
- Bottou, L. (2010). Large-scale machine learning with stochastic gradient descent. In *Proceedings of COMPSTAT'2010* (pp. 177-186). Physica-Verlag HD.
- Chidester, B., Ton, T. V., Tran, M. T., Ma, J., & Do, M. N. (2019). Enhanced rotation-equivariant U-Net for nuclear segmentation. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 0-0).
- Ciresan, D., Giusti, A., Gambardella, L. M., & Schmidhuber, J. (2012). Deep neural networks segment neuronal membranes in electron microscopy images. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 2843-2851).
- Data Science Bowl 2018 Veri Seti. <https://www.kaggle.com/c/data-science-bowl-2018> (Erişim Tarihi: 05.06.2020)
- Derin Öğrenmede Kullanılan Hiper Parametreler. <https://medium.com/deep-learning-turkiye/derin-ogrenme-uygulamalarinda-en-sik-kullanilan-hiper-parametreler-ece8e9125c4> (Erişim Tarihi: 05.06.2020)
- Fuat, T. Ü. R. K., Murat, L. Ü. Y., & BARIŞCI, N. (2019). Böbrek Tümör Segmentasyonu İçin Unet ve Unet-ResNet Modellerinin Karşılaştırılması. In *2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)* (pp. 1-5). IEEE.
- Gonzalez, R. C., Woods, R. E., Telatar, Z., Tora, H., Arı, F., Kalaycıoğlu, E., & Somyürek, H. I. (2014). *Sayısal görüntü işleme: Üçüncü baskıdan çeviri*. Ankara: Palme Yayıncılık.
- Gülây, E., & Semra, İ. Ç. E. R. (2020). Evaluation of Lung Size in Patients with Pneumonia and Healthy Individuals. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 304-309.
- Gülcü, A., & Zeki, K. U. Ş. (2019). Konvülsiyonel sinir ağlarında hiper-parametre optimizasyonu yöntemlerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7(2), 503-522.
- Hinton, G., Srivastava, N., & Swersky, K. (2012). Neural networks for machine learning lecture 6a overview of mini-batch gradient descent. *Cited on*, 14(8).
- Hyperopt Hiper Optimizasyon Modülü. <https://github.com/hyperopt/hyperopt> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Keras-Tuner Hiper Optimizasyon Modülü. <https://github.com/keras-team/keras-tuner> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.
- Naylor, P., Laé, M., Reyat, F., & Walter, T. (2017). Nuclei segmentation in histopathology images using deep neural networks. In *2017 IEEE 14th international symposium on biomedical imaging (ISBI 2017)* (pp. 933-936). IEEE.
- Optuna Hiper Optimizasyon Modülü. <https://optuna.org/> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- ÖZİÇ, M. Ü., & ÖZŞEN, S. (2020). Üç Boyutlu T1 Ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülerinde Ön İşleme Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 227-240.
- Punn, N. S., & Agarwal, S. (2020). Inception U-Net Architecture for Semantic Segmentation to Identify Nuclei in Microscopy Cell Images. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications (TOMM)*, 16(1), 1-15.
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. In *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* (pp. 234-241). Springer, Cham. <https://arxiv.org/abs/1505.04597>
- Scikit-Learn Optimizasyon Yöntemi. <https://pypi.org/project/scikit-optimize/> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Sherpa Hiper Optimizasyon Modülü. <https://parameter-sherpa.readthedocs.io/en/latest/> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Şişeci, M., Metlek, S., & Cetişli, B. (2014). Alt-Bloklar Tekniği ve Kümeleme Yöntemleri İle Görüntü Bölütlemenin Hızlandırılması. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 29(4).
- Talos Hiper Optimizasyon Modülü. <https://github.com/autonomio/talos/issues/451> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Tensorflow Kütüphanesi. <https://www.tensorflow.org/> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Tune Hiper Optimizasyon Modülü. <https://docs.ray.io/en/latest/tune.html> (Erişim Tarihi: 04.06.2020)
- Turan, S., & Bilgin, G. (2019). Meme Patolojisi Görüntüleri Üzerinde Derin Öğrenme ile Semantik Çekirdek Bölütleme Semantic Nuclei Segmentation with Deep Learning on Breast Pathology Images.
- Veta, M., Van Diest, P. J., Kornegoor, R., Huisman, A., Viergever, M. A., & Pluim, J. P. (2013). Automatic nuclei segmentation in H&E stained breast cancer histopathology images. *PLoS one*, 8(7), e70221.
- Vuola, A. O., Akram, S. U., & Kannala, J. (2019). Mask-RCNN and U-net ensemble for nuclei segmentation. In *2019 IEEE 16th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI 2019)* (pp. 208-212). IEEE.
- Wang, P., Hu, X., Li, Y., Liu, Q., & Zhu, X. (2016). Automatic cell nuclei segmentation and classification of breast cancer histopathology images. *Signal Processing*, 122, 1-13.
- Zeiler, M. D. (2012). ADADELTA: An Adaptive Learning Rate Method. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1212.5701>
- Zeng, Z., Xie, W., Zhang, Y., & Lu, Y. (2019). RIC-Unet: An improved neural network based on Unet for nuclei segmentation in histology images. *Ieee Access*, 7, 21420-21428.



Development of a SIM Card based Key Management System

Büşra Özdenizci Köse^{1*}, Cem Çevikbaş², Hacı Ali Mantar³, Vedat Coşkun⁴

¹ Gebze Technical University, Faculty of Business Administration, Department of Management, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0002-8414-5252)

² Turkcell Technology, İstanbul, Turkey

³ Gebze Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0002-1066-9942)

⁴ Beykent University, Faculty of Engineering-Architecture, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-3052-9821)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818711)

ATIF/REFERENCE: Özdenizci Köse, B., Çevikbaş, C., Mantar, H. A. & Coşkun, V. (2020). Development of a SIM Card based Key Management System. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 70-77.

Abstract

Today, almost all applications running on the smartphone provide valuable and sensitive transactions on user's private data such as identity data, credit card details, payment data, location data and so on. Service providers are trying to increase the efficiency of their applications and to improve the compatibility of security mechanisms through SIM (Subscriber Identity Module) cards owned by Mobile Network Operators (MNOs). In this sense, there is an urgent need for a centralized secure key management service. Thanks to the strong security infrastructure created by card manufacturers during design and the robust security procedures applied by MNOs; SIM cards have significant potential to provide the required secure environment for service providers. Accordingly, a novel centralized SIM card based key management framework called SIM-GAYS is designed and developed to facilitate centralized cryptographic operations of diverse mobile applications provided by service providers. This paper aims to present and demonstrate the essential development results of SIM-GAYS. The functional requirements of the SIM-GAYS are tested depending on developed scenarios. The results showed that the designed and developed APDU (Application Protocol Data Unit) transmission method between SIM card and smartphone, and secure storage of the keys by the Master Key (owned by SIM-GAYS) support almost all cryptographic services provided by SIM-GAYS framework.

Keywords: Smartphone, Mobile, Smart Card, SIM Card, Key Management System.

SIM Kart Tabanlı Anahtar Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi

Öz

Günümüzde akıllı telefon üzerinde çalışan hemen hemen tüm uygulamalar, kimlik verileri, kredi kartı bilgileri, ödeme verileri, konum verileri gibi kullanıcının özel bilgileri üzerinde değerli ve hassas işlemler sağlamaktadır. Servis sağlayıcılar, Mobil Ağ Operatörlerinin (Mobile Network Operator, MNO) sahip olduğu SIM (Subscriber Identity Module) kartları aracılığıyla, uygulamalarının verimliliğini artırmaya ve güvenlik mekanizmalarının uyumluluğunu iyileştirmeye çalışmaktadır. Bu kapsamda, merkezi bir güvenli anahtar yönetimi hizmetine ihtiyaç bulunmaktadır. Kart üreticilerinin tasarım sırasında oluşturduğu güçlü güvenlik altyapısı ve MNO'ların uyguladığı sağlam güvenlik prosedürleri sayesinde; SIM kartlar, servis sağlayıcılar için gerekli güvenli ortamı sağlamak için önemli bir potansiyele sahiptir. Bu doğrultuda, servis sağlayıcılar tarafından sağlanan çeşitli mobil uygulamaların merkezileştirilmiş kriptografik işlemlerini kolaylaştırmak için SIM-GAYS adı verilen yeni bir merkezi SIM kart tabanlı anahtar yönetimi çerçevesi tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Bu çalışma, SIM-GAYS'ın temel geliştirme sonuçlarını sunmayı ve göstermeyi amaçlamaktadır. SIM-GAYS'ın işlevsel gereksinimleri, geliştirilen senaryolara göre test edilmiştir. Sonuçlar, SIM kart ile akıllı telefon arasında tasarlanan ve geliştirilen APDU (Uygulama Protokolü Veri Birimi) aktarım yönteminin ve SIM-GAYS'ın sahip olduğu Ana Anahtar ile diğer anahtarların güvenli depolanmasının, SIM-GAYS çerçevesi tarafından sağlanan kriptografik hizmetleri desteklediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Akıllı Telefon, Mobil, Akıllı Kart, SIM Kart, Anahtar Yönetim Sistemi.

* Corresponding Author: Gebze Technical University, Faculty of Business Administration, Department of Management, Kocaeli, Turkey, ORCID: 0000-0002-8414-5252, busraozdenizci@gtu.edu.tr

1. Introduction

In recent years, with the development of smartphones and smart cards, the content and benefits of mobile applications offered by service providers have also been enriched. Almost all applications running on the smartphone provide valuable and sensitive transactions, in other words, contain exchange of the user's private data such as financial data, identity data, credit card details, payment data, location data, social media data and so on. It is obvious that, such sensitive data of users on smartphone must be safeguarded and protected against unwarranted disclosure. Services providers should take necessary countermeasures in order to secure the data exchange between the service application on the smartphone and their own server (Ozdenizci et al., 2019; Ozdenizci et al., 2020). In order to perform a secure communication design and minimize the risks between the smartphone user and service provider; different security mechanisms such as key management models, OTP (One-Time Password) services and encryption methods are implemented for mobile services. The encryption keys and related algorithms must be kept securely on mobile applications installed by the service providers on the smartphone (Ok et al., 2015; Ok et al., 2016).

Thanks to the strong security infrastructure created by the card manufacturer during design and the security procedures applied by Mobile Network Operators (MNOs); SIM (Subscriber Identity Module) card, the smart card of smartphone, have a significant potential to provide a secure environment. Without MNO approval, smartphone user is not allowed to install an application or to save any data onto the SIM card. When the capacity of the SIM card is available and MNO permission is obtained, additional value-added mobile applications can be installed onto the SIM card (Borst et al., 2001; Alliance, 2016; Ok et al., 2016). In this sense, the security needs of mobile services make SIM cards an important candidate for providing desired security infrastructure.

It is evident that as processing and storage capabilities of SIM cards increase, the complexity of managing security keys on the SIM cards increase. In this sense, service providers need to increase the efficiency of their applications and improve the compatibility of security mechanisms through SIM cards owned by MNOs. Recently there is definite need for a centralized secure key management service and OTP service on SIM card which was introduced briefly in previous studies (Ozdenizci et al., 2019; Ozdenizci et al., 2020).

For this purpose, a novel framework called SIM-GAYS in other words, a centralized SIM based key management framework is proposed to centralize and facilitate cryptographic operations (such as asymmetric key generation, symmetric encryption, verification of signed data and many other) of diverse mobile applications provided by various service providers. In addition, the centralized key management system aims to provide OTP generation and validation capability on SIM cards. The proposed SIM-GAYS framework is also supported by Turkcell Technology A.S. and TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) under 1505 Program. This comprehensive key management system on SIM cards supports new value added services development as well as of mobile ecosystem advancement. In the previous studies (Ozdenizci et al., 2019; Ozdenizci et al., 2020), the system analysis and design considerations of SIM-GAYS framework have been presented clearly.

This paper aims to demonstrate and highlight the development issues of SIM based key management framework. The functional requirements of the SIM-GAYS system are realized and tested depending on developed scenarios. Accordingly, the rest of this paper is organized as follows: Section II reviews the system development method including system components of SIM-GAYS. Afterwards, Section III presents the development results of system functional requirements of SIM-GAYS. Finally, the study is concluded and further work is emphasized in Section IV.

2. Material and Method

The key management system on SIM card communicates with smartphone applications and SIM applets in order to fulfill encryption, decryption and other tasks of smartphone and SIM card applications. Currently the number and type of keys used on the SIM cards vary according to the security requirements of mobile applications. The developed framework aims to work with all existing smart card types, communicates with each key applet in the requested format and fulfills different communication requirements of each key applet. When a SIM Applet or a Smartphone application -such as a mobile ticketing application- needs to encrypt or decrypt a data -such as PIN or credit card number- or wishes to access a service provided by a key applet, it will access the SIM-GAYS module embedded on SIM card. Another important module of SIM-GAYS is OTP generator that serve for all service providers to facilitate the OTP operation of users and service providers. The SIM-GAYS framework and its general structure is illustrated in Figure 1. The model includes the following components and actors in order to realize the centralized key management operations on SIM cards: User, MNO, Service Provider, SIM-GAYS, SIM-OTP, OTP Validator, Service Provider Application and SIM Applet.

- (1) User is the actor who uses the SIM card and utilizes the mobile service of the service provider over the SIM.
- (2) MNO owns and manages the SIM card, and is responsible for OTA (Over-the-Air) communication on SIM card.
- (3) Service Provider provides mobile services to the user via smartphone.
- (4) SIM-GAYS is the framework application which is developed on the SIM card, and performs secure key management operations on the SIM card.
- (5) SIM-OTP is the application that provides OTP generation service on SIM card. OTP Validator is the server to verify OTPs produced on the SIM card; which is deployed on a server by MNO.

- (6) Service Provider Application is the mobile service (such as mobile banking, social media, e-government etc.) of the service provider on the smartphone. This application communicates with the SIM card to create keys, perform encryption or decryption operations.
- (7) SIM Applet are other applications available on the SIM card. They can also make key management requests to the SIM-GAYS application.

For developing the system functions of SIM-GAYS framework; the most appropriate tools are selected. Java Card Development Kit is used which includes the required libraries for developing software in the Java Card language. In terms of Integrated Development Environment (IDE), Izy NFC and Netbeans tools are used for Java Card software development. In terms of SIM Card software installation tool, JLoad application is used to install the developed Java Card programs to the SIM card. Finally, SIM card readers (Gemplus Smart Card Readers) is used to load the developed applets and GemXpresso JCard Manager software by Gemplus is used to test SIM-GAYS in the computer environment. In addition, the developed SIM-GAYS software and OTP algorithm on the SIM card to be developed comply with the international GSM standards: GSM 11.14-SIM Application Toolkit (SAT) for the Subscriber Identity Module (SIM-ME) (3GPP, 1999a) and GSM 3.48-SIM Toolkit Security (3GPP, 1999b).

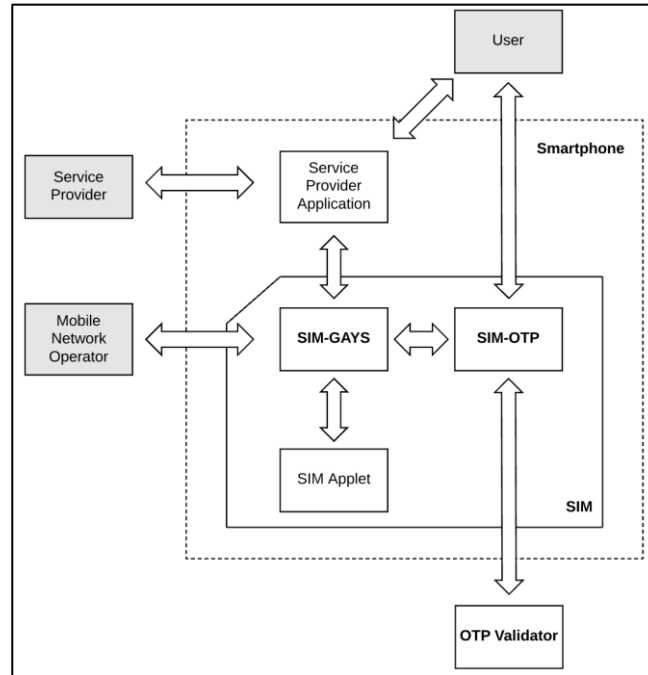


Fig. 1. Context Diagram of SIM-GAYS

3. Results

In order to realize SIM-GAYS framework on SIM cards, first the multiple APDU (Application Protocol Data Unit) message transmission between SIM card and smartphone is developed and tested successfully. Afterwards, the generated keys (i.e., asymmetric private key and symmetric key) are encrypted with Master Key of SIM-GAYS, and tested successfully.

3.1. Multiple APDU Transmission on SIM-GAYS

Messages from mobile device to SIM card (i.e., SIM-GAYS module) communications is generally too large to fit in a single APDU message. In this case, more than one message must be sent from the mobile device for a specific operation. Even if these messages are sent one after the other to the SIM card, the previous messages must be stored on the SIM-GAYS in this process.

For this purpose, a byte array totalParams shown in the code fragment (Figure 2) is created. The incoming messages are stored in totalParams array and processed later. At the same time, in the APDU message, P1 and P2 values are used as values that indicates the key length and the data length. However, since the number sizes that can be used in P1 and P2 data are not sufficient, the result obtained with the quartile of the data is sent from the mobile device in an APDU message. As a result, the SIM card reaches the accurate length by converting the received byte data into short data and then multiplying it by four.

SIM-GAYS (i.e., SIM card) needs to also transmit multiple APDU messages to the mobile device when necessary. Therefore, after the SIM card reaches a result for a specific operation, it must send the result of corresponding operation piece by piece to the mobile device, in accordance with the requests performed by the mobile device. The code fragment developed is shown in Figure 3.

3.2. Asymmetric Key Operations

Asymmetric key operations of SIM-GAYS framework include asymmetric key generation, encryption and decryption. A service provider application can request one of these operations in accordance with their specific operations. After generation of asymmetric key, the key is divided into modules and exponent values; by this way the asymmetric key can be transmitted to the mobile device as

bytes. The private key -in the fragmented key data- is encrypted together with the PIN and transmitted to the mobile device. The public key is transmitted without encryption.

```

// Receive data from mobile device

byte[] buffer = apdu.getBuffer();
wrappedKeyLength = (short) (buffer[ISO7816.OFFSET_P1] * 4);
dataLength = (short) (buffer[ISO7816.OFFSET_P2] * 4);
len = apdu.setIncomingAndReceive();
for (i = 0; i < (short) (len); i++) {
    temp256_1_[i] = buffer[(short) (i + 5)];
}

// Receive current message queue
// Receive total message size
current_m = temp256_1_[0];
total_m = temp256_1_[1];

// Perform messages and save to totalParams
if(current_m <= total_m && current_m<= (short) 3){

    if((short) (len) >= 3)
        Util.arrayCopy(temp256_1_, (short) 2, totalParams, (short) (250*(current_m-1)), (short) (len)-2);
    } else if (current_m==(short) 3){
        if((short) (len) >= 3)
            Util.arrayCopy(temp256_1_, (short) 2, totalParams, (short) (250*2), (short) (len)-2);
        }

if (current_m == total_m) {

    // Perform operations
}

// When operation ends, send results to mobile device
} else if (current_m > total_m) {

    if(Util.arrayCompare(FourBytePin1, (short) 0, FourBytePin2, (short) 0, (short) 4)==0)
        sendResultApdu(apdu, totalParams, (short) (current_m - total_m + 1), (short) (dataLength-privateKeyLength-24));

    else
        sendResultApdu(apdu, RSA_GENERATION_EXCEPTION, (short) 1, (short) (3));
}
    
```

Fig. 2. Multiple APDU Transmission Management by Mobile Device

```

//Invoke method
sendResultApdu(apdu, totalParams,
(short) (current_m - total_m + 1),
(short) (dataLength - privateKeyLength - 24));

public void sendResultApdu(APDU apdu, byte[] data, short seq, short dataLen)
{
    byte[] buffer = apdu.getBuffer();
    if (dataLen == 0) {
        total_length = (short) data.length;
        compare = (short) data.length;
    } else {
        total_length = (short) dataLen;
        compare = (short) dataLen;
    }

    //short block_size = (short) 253;
    divide = (short) (total_length / (short) 253);
    if (divide == 0)
        iterations = (short) (1);
    else
        iterations = (short) (divide + 1);

    if ((short) (seq * 253) > (short) (compare)) {
        ...
    } else {
        ...
    }
}
    
```

Fig. 3. Multiple APDU Transmission Management by SIM Card

After generating an asymmetric key on the SIM card, the key needs to be requested from the SIM card. Due to the memory limitations of SIM card, the asymmetric key cannot be stored continuously. The generated asymmetric key can be lost if a new asymmetric key is generated. Therefore, the produced asymmetric key must be requested and taken from the SIM card. The arrival of the encrypted key data to the SIM card as a result of the request from the SIM card is tested and demonstrated in Figure 4.

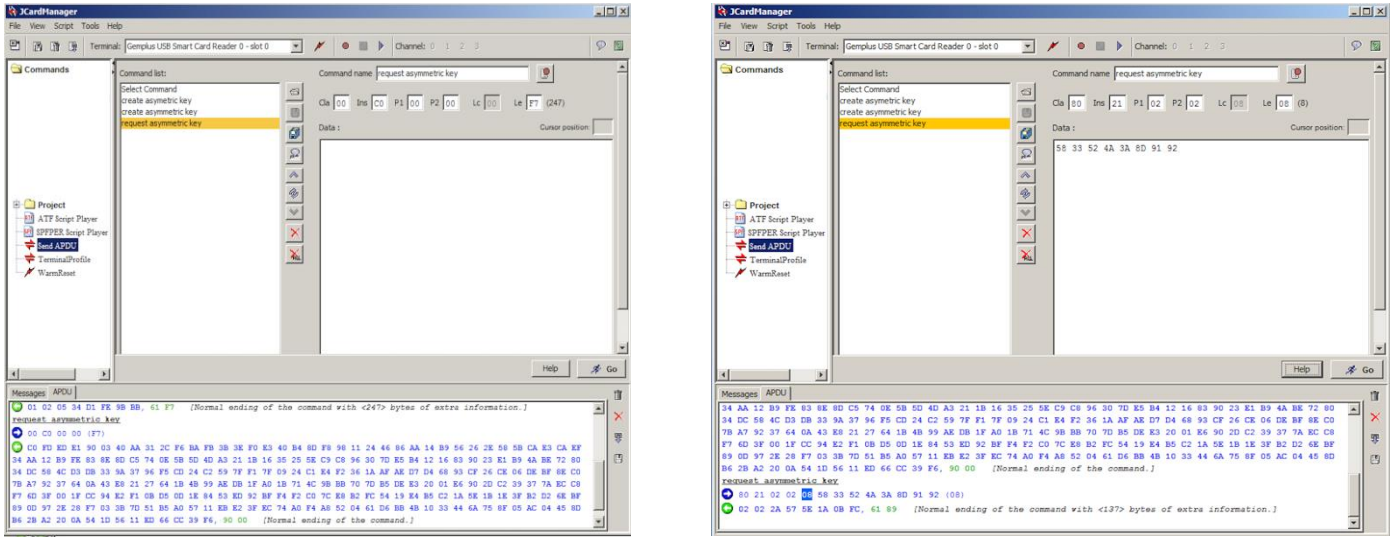


Fig. 4. Request Asymmetric Key Operations by GemXpresso JCard Manager

In case of asymmetric data encryption, first the asymmetric key is created using the mode and exponent values sent from the mobile device, and then used in the encryption process. The encryption process is carried out as a hybrid process. In other words, a 3DES (Triple Data Encryption Algorithm) key (24 bytes) is created; and the 3DES key is encrypted with the asymmetric key; and the data is encrypted with the 3DES key. In case of asymmetric data decryption, first the encrypted asymmetric secret key sent from the mobile device is decrypted; PIN check is performed respectively; and it is re-created using the mode and exponent values. Finally, encrypted data is decrypted using the asymmetric key. Figure 5 (a) and Figure 5 (b) show scenarios on asymmetric encryption of data and asymmetric decryption of encrypted data.

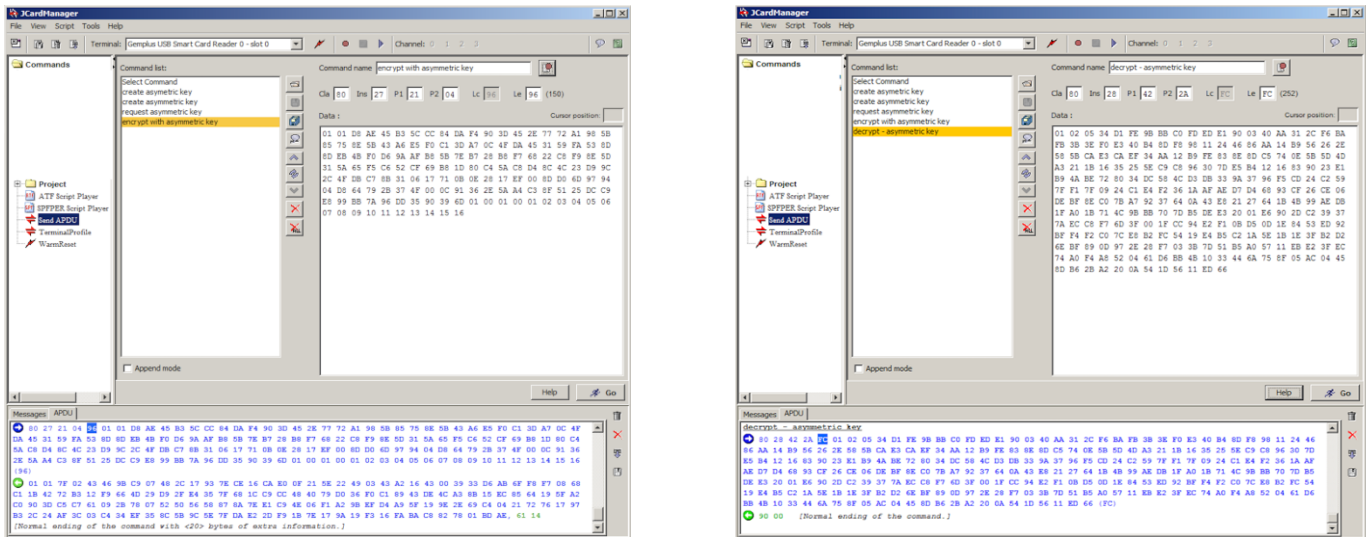


Fig. 5. Asymmetric Key Operations by GemXpresso JCard Manager

3.3. Symmetric Key Operations

Symmetric key operations of SIM-GAYS framework include symmetric key generation and decryption. A service provider application can request one of these operations in accordance with their specific operations. SIM-GAYS application performs encryption and decryption operations by using 3DES method. An example code sent to the SIM card related to symmetric encryption and the response given by the SIM card are shown in Figure 6 (a). The encrypted symmetric key and 16 bytes of data between 01-16 were transmitted to the SIM card for encryption. The SIM card firstly decrypted the encrypted symmetric key and reached the original symmetric key and then encrypted 16 bytes of data. Also, an example code sent to the SIM card related to symmetric decryption and the response given by the SIM card are shown in Figure 6 (b).

3.4. Key Encryption and Decryption for Storage

Generated asymmetric private keys and symmetric keys, are encrypted with a Master Key generated by SIM-GAYS will be used for encryption of other keys. In this way, the mobile device is able to securely store the key sent without reducing the security level. When an encryption or decryption process with the relevant key is required, the mobile device sends the encrypted key to SIM-GAYS. Thus, SIM-GAYS will decrypt the key with its Master Key and perform the requested encryption or decryption process. The code fragment of key encryption and decryption is given in Figure 7.

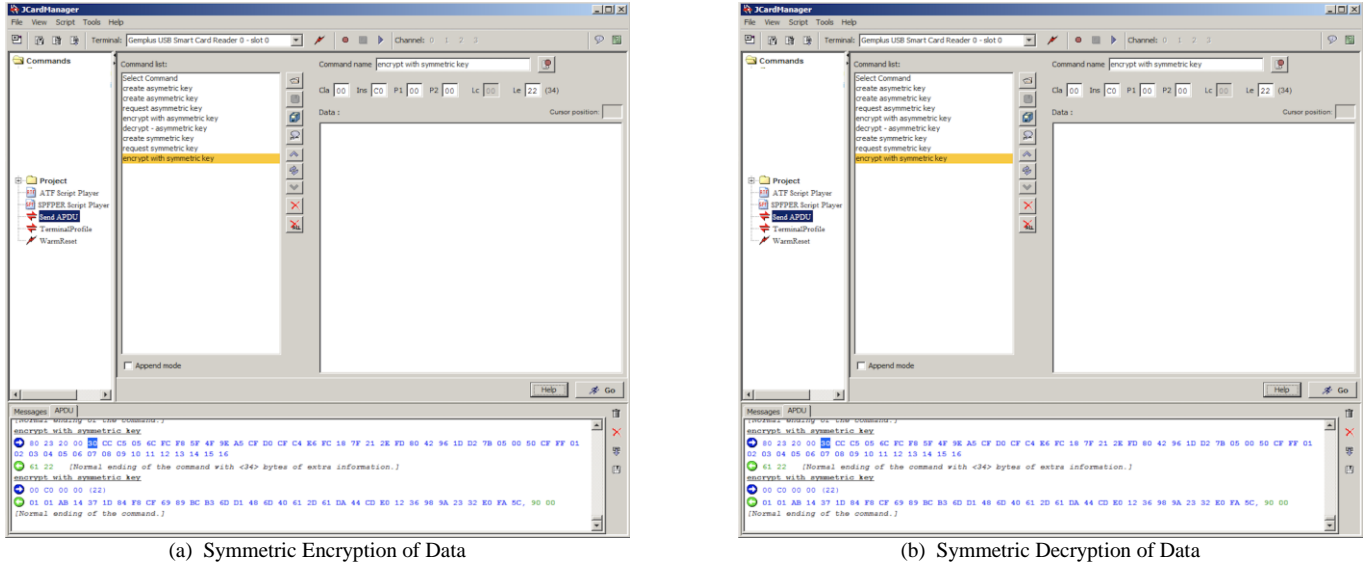


Fig. 6. Symmetric Key Operations by GemXpresso JCard Manager

```
//Create Master Key
private byte[] masterKey = new byte[24];
DESKey deskey = (DESKey)
KeyBuilder.buildKey(KeyBuilder.TYPE_DES,KeyBuilder.LENGTH_DES, false);
rd = RandomData.getInstance(RandomData.ALG_PSEUDO_RANDOM);
rd.generateData(masterKey, (short) 0, (short) 24);

public short wrap_new(byte[] data, short length){
// Use DES key to encrypt Master Key
deskey.setKey(masterKey, (short) 0);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_ENCRYPT);
// Perform encryption operations of data sent to method
temp2=cipherCBC.doFinal(data, (short) 0, (short) length, temp_768_1_, (short) 0);
deskey.setKey(masterKey, (short) 8);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_DECRYPT);
temp2=cipherCBC.doFinal(temp_768_1_, (short) 0,(short) temp2, temp_768_1_, (short) 0);
deskey.setKey(masterKey, (short) 16);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_ENCRYPT);
temp2=cipherCBC.doFinal(temp_768_1_, (short) 0,(short) temp2, temp_768_1_, (short) 0);
return temp2;
}

// Decrypt the keys
public short unwrap_new(byte[] data, short len) {
deskey.setKey(masterKey, (short) 16);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_DECRYPT);
temp2 = cipherCBC.doFinal(data, (short) 0, (short) len, temp_768_1_, (short) 0);
deskey.setKey(masterKey, (short) 8);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_ENCRYPT);
temp2 = cipherCBC.doFinal(data, (short) 0, (short) temp2, temp_768_1_, (short) 0);
deskey.setKey(masterKey, (short) 0);
cipherCBC.init(deskey, Cipher.MODE_DECRYPT);
temp2 = cipherCBC.doFinal(data, (short) 0, (short) temp2, temp_768_1_, (short) 0);
return temp2;
}
```

Fig. 7. Key Encryption and Decryption on SIM-GAYS

3.5. Signing Operations

Service provider application can request signing a data from SIM-GAYS application using the asymmetric private key. In addition, service provider application can request the verification of the data -previously signed by SIM-GAYS- from SIM-GAYS application. In this case, public key is created from the mode and exponent value; and then signature is verified by public key. The

encrypted asymmetric private key sent from the mobile device is first decrypted and then PIN value is checked; and re-created using the mode and exponent values. Finally, the data sent is signed with the private key. For the verification of signed data; similarly, the asymmetric key is first created using the mode and exponent values sent from the mobile device, and then the signature verification process is performed. The example data sent to the SIM-GAYS for signing and verification operations are presented in Figure 8.

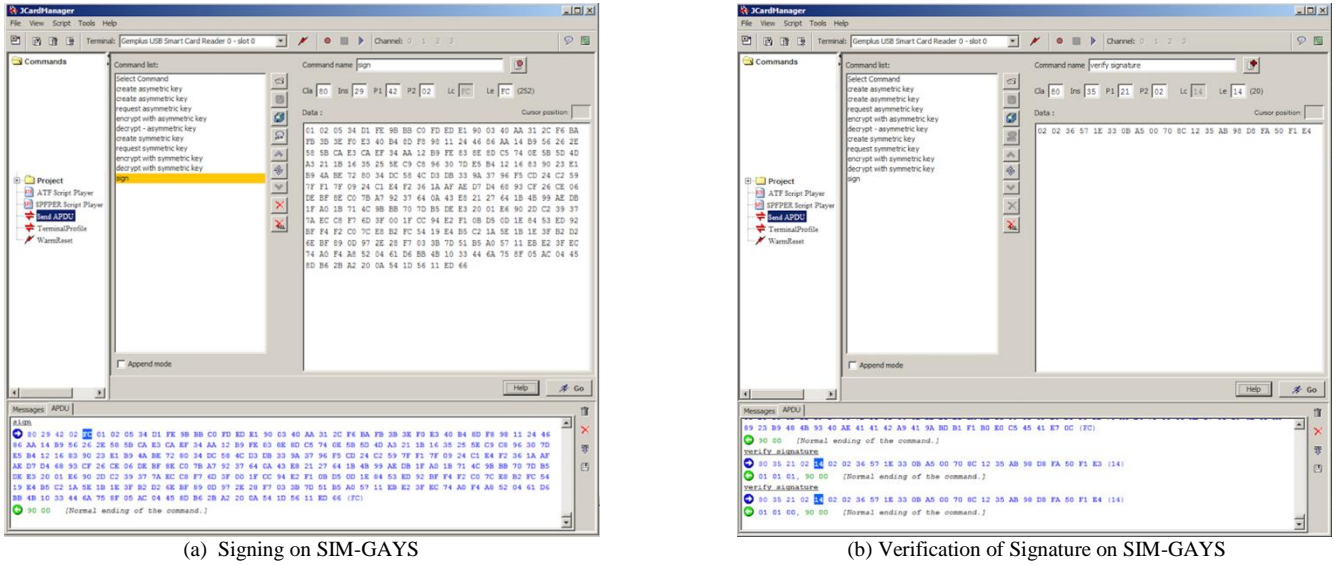


Fig. 8. Signing operations by GemXpresso JCard Manager

3.6. OTP Operations

SIM-GAYS system also provides SIM-OTP services. Service provider application can request OTP generation using the SIM-OTP application. Accordingly, Service Provider requests OTP from user; and the user transmits the request to generate OTP to SIM-OTP. SIM-OTP application receives the request of the user; and then produces OTP for the user. The OTP data is also verified with the help of SIM-OTP application. SIM-OTP sends OTP to the Service Provider's server by encrypting it with 3DES (with a shared symmetric key with the Service Provider). Service Provider receives the encrypted data and accesses OTP by decrypting the encrypted data with 3DES. The designed and developed SIM-OTP application is also operated on GemXplore 3G V2 tool as shown in Figure 9. The test results showed that the OTP data is successfully verified by the developed OTP Validator (i.e., OTA server application).

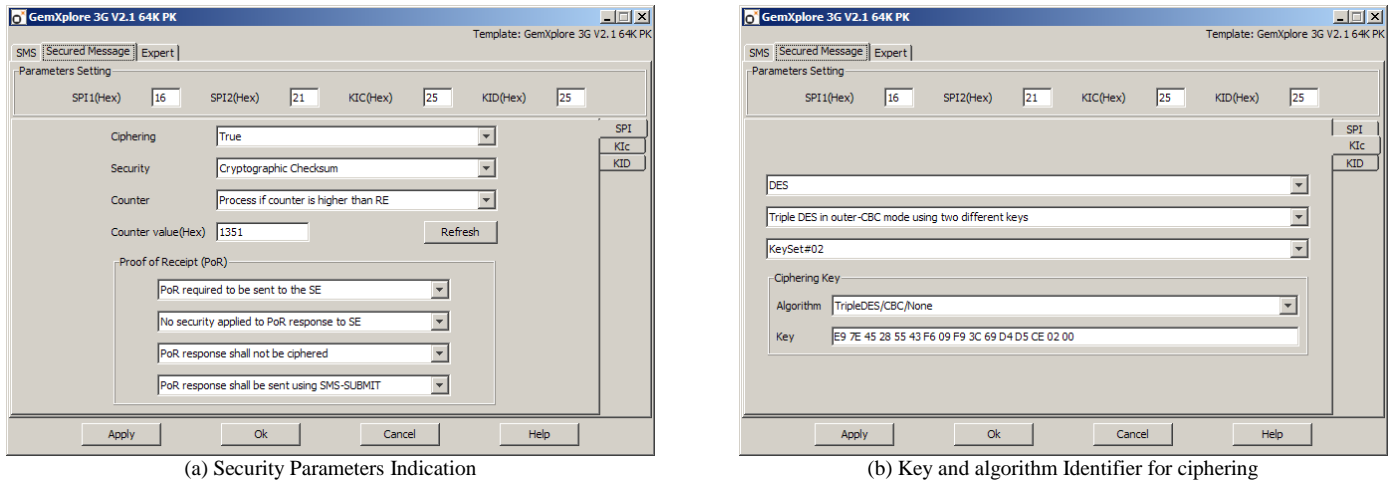


Fig. 9. OTP operations of SIM-OTP module by GemXplore 3G V2

4. Conclusions

This paper presents the development and operation details of proposed SIM card based key management system as SIM-GAYS on SIM cards. The functional requirements regarding asymmetric key operations, symmetric key operation, signing operations and OTP operations on SIM-GAYS framework were developed and operated on GemXpresso JCard Manager. The results showed that the designed and developed APDU (Application Protocol Data Unit) transmission method between SIM Card and smartphone, and the Master Key based secure storage of keys support almost all cryptographic services provided by SIM-GAYS framework. The further work will focus on the validation and integration of the system with real-world service applications.

5. Acknowledge

This work is funded by Turkcell Technology A.S. and TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) under 1505 Program, Project no 5180027.

References

- 3GPP (1999a). GSM 11.14-SIM Application Toolkit (SAT) for the Subscriber Identity Module.
- 3GPP (1999b). GSM 3.48-Security Mechanisms for SIM Application Toolkit.
- Alliance, S. C. (2016). Smart card standards and specifications. Retrieved from <http://www.smartcardalliance.org/smart-cards-intro-standards/>.
- Borst, J., Preneel, B., & Rijmen, V. (2001). Cryptography on smart cards. *Computer Networks*, 36(4), 423-435.
- Ok, K., Coskun, V., Cevikbas, C., & Ozdenizci, B. (2015, November). Design of a key exchange protocol between SIM card and service provider. In 2015 23rd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR) (pp. 281-284). IEEE.
- Ok, K., Coskun, V., Yarman, S. B., Cevikbas, C., & Ozdenizci, B. (2016). SIMSec: A key exchange protocol between SIM card and service provider. *Wireless Personal Communications*, 89(4), 1371-1390.
- Ozdenizci Kose, B., Cevikbas, C., Mantar, H.A., Buk, O., Coskun, V. (2020, September). Design of a Secure Key Management System for SIM Cards: SIM-GAYS. In Proceedings of 5th International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK'20). IEEE.
- Ozdenizci Kose, B., Morkoyun, S.E., Alsadi, M., Mantar, H.A., Coskun, V. (2019, October). A SIM Card Based Key Management System. In Proceedings of International Conference on Advances in Business Management and Information Technology (ICABMIT'19).



Trapez Yutucu Plakalı Bir Havalı Güneş Kolektörünün Deneysel Tasarımı ve Sayısal Analizi

Erdem Alıç^{1*}, Mehmet Daş²

^{1*}Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Andırın Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2852-0353)

²Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (0000-0002-4143-9226)

E-mail: ealic@ksu.edu.tr, mehmet.das@gop.edu.tr

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819006)

ATIF/REFERENCE: Alıç, E. & Daş, M. (2020). Trapez Yutucu Plakalı Bir Havalı Güneş Kolektörünün Deneysel Tasarımı ve Sayısal Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 78-88.

Öz

Yenilenebilir enerji, özellikle güneş enerjisi eski çağlardan bu yana gıda ve ürün kurutmada önemli rol oynamaktadır. Güneş enerjisi ile kurutmada da her geçen gün verim artırıcı yeni çözümler üretilmektedir. Bunlardan biri de havalı güneş kolektörleri (HGK) için en iyi çalışma şartların geliştirilmesidir. Bu makalede, özellikle gıda ürünü kurutması için geliştirilen hava ısıtmalı güneş kolektörlerinin hesaplamalı akışkan dinamiği (HAD) analizi sunulmaktadır. HAD analizi ANSYS FLUENT R18.1 ile yapılmıştır. Bu analizde ANSYS FLUENT R18.1'in radyasyon hesaplama arayüzü iletişim kutusu kullanılmıştır. Bu arayüzün özelliği, bir güneş ışını izleme algoritması kullanmasıdır. Bu algoritma ile HGK üzerine düşen ve topladığı ışınımı değeri hesaplanmıştır. HAD analizi Elâzığ iklim koşullarında gerçekleştirilen bir HGK için yapılmıştır. HGK'nın modeli 800 * 1400 * 150 mm düz bir plaka olmasına rağmen, güneş emici plaka kısmı trapezdir. Trapez sac güneş emiciliği yüksek (0,95) malzemelerden seçilmiştir ve trapez sacın alt kısmı iyice yalıtılmıştır. HGK'da 800*1400*4 mm ölçülerinde şeffaf düz cam kullanılmıştır. Kolektör tek geçişli, zorlanmış taşınım ve azimut açısına (42° Güney-Doğu) göre sabitlenmiştir. Analizlerde iş akışkanı olarak hava kullanılmıştır. HGK değişen hava debilerinde günün belirli saatlerinde (9.00-10.00-11.00 ...-16.00) test edilmiş ve modellenmiştir. Sayısal modelin çözüm ağ yapısı istatistikleri verilmiştir. Analiz zamandan bağımsızdır. Sadece belirli bir saat için analiz gerçekleştirilmiştir. Her saat dilimi için ayrı analiz yapılmıştır. Deney sonuçları sayısal analizlerle karşılaştırılmıştır. Bunun sonucunda sabit HGK için günün bazı saatlerinde Elâzığ iklim şartlarının güneşlenme faktörleri belirlenmiştir. HGK içerisinde gerçekleşen hava akış hareketleri ve kolektör üzerindeki sıcaklık dağılımı gösterilmiştir. Sonuç olarak sayısal analiz ile güneş kolektörünün 3 boyutlu (3B) modellenmesi gerçekleştirilmiş ve HGK çıkış sıcaklığı için % 1'den az hata ile çözümlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Havalı güneş kolektörü, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Çıkış sıcaklığı, Yenilenebilir enerji

Experimental Design and Numerical Analysis of a Trapezoidal Absorber Plate Air Solar Collector

Abstract

Renewable energy, especially solar energy is an important role in drying any product ever since ancient times. With each passing day, new efficiency-increasing solutions are produced in solar drying. One of them is the development of the most suitable operating conditions for air solar collectors (SAC). This paper attempts to present a computational fluid dynamics (CFD) simulation of solar collectors developed especially, for food product drying. The CFD analysis study was conducted for a solar air collector (SAC) performed under ELAZIG weather conditions. The radiation dialog box interface of ANSYS FLUENT R18.1 was used for this study. The feature of this interface is that it uses a solar ray-tracing algorithm. With this algorithm, the value of radiation falling on HGK and collected by HGK was calculated. Although the solar collector model is a flat plate, its solar absorbing part is trapezoidal. Its plate dimension 800 * 1400 * 4 mm. Its transparent glass plate dimension 800*1400*150 mm. The trapezoidal sheet was chosen from materials with high solar absorption (0.95) and its bottom surface was insulated. The collector used air as its working fluid. The collector is single pass, forced convection and fixed according to the azimuth angle (42 ° South-East). The mesh statistics of the numerical model was given. The analysis was steady state. The analysis was performed for a specific time only. A separate analysis was made for each time

* Sorumlu Yazar: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Andırın Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2852-0353, ealic@ksu.edu.tr

zone. Collector was experimental tested and modeled at varying mass flows and at different hours (9:00-10:00-11:00...-16:00) on the day. The airflow movements in the collector and the temperature distribution on the collector were shown. In numerical analysis, the 3D model of the solar collector was drawn and modeled with less than 1% error for outlet temperature.

Keywords: Air solar collector, Computational Fluid Dynamics, Outlet temperature, Renewable energy

1. Giriş

Sosyo-ekonomik gelişmelerle birlikte enerji ihtiyacı her geçen gün artış göstermektedir(Kaya & Koç, 2015). Fosil enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin birçok dezavantaj içermesinden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu konuda yapılmış çalışmalarda yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı artışı dikkat çekmektedir(Kaya et al., 2018). Yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş enerjisinde diğer tüm yenilenebilir enerji kaynağının temelini oluşturması bakımından önemlidir. Güneşten direkt veya indirekt olarak yararlanılabilir. Güneş enerjisinin bazı uygulamaları olarak sera ısıtması, sıcak su ısıtması, kapalı hacimlerin ısıtılması, buhar üretilmesi ve elektrik üretilmesi sayılabilir(Altuntop, N., Erdemir, 2013). Son 20 yıldan beri, yenilenebilir enerji kaynakları, dünyanın toplam birincil enerji arzına daha yüksek büyüme oranı ile katkıda bulunmuştur. Gelecek on yıl içerisinde güneş, dünyanın en hızlı büyüyen yenilenebilir enerji biçimi olacak ve net güneş enerjisi üretimi yılda ortalama % 8,3 artacaktır (Singer & Peterson, 2011).

Güneş enerjisi ile çalışan makinelerde yapılacak geliştirmeler enerji ihtiyacının karşılanmasında önemli rol alabilir. Sayısal analiz yaparak güneş enerjisi ile çalışan sistemler modellenilebilir ve geliştirilebilir. Sayısal analiz bu geliştirmeler için gerekli süreyi ve deneme sayısını en aza indirebilir. Bu durumda teknolojik gelişmeleri hızlandırabilir.

Gıda kurutmada birçok yöntem (konvektif kurutma, kızıl ötesi kurutma, mikrodalga kurutma ve vakum kurutma) kullanılmaktadır(Motevali et al., 2011). Bunlardan biride güneş enerjisi ile konvektif kurutmadır. Güneş enerjisi ile kurutmada verimi artırmak ve hesapsal zekâ yöntemlerinde ilerleme sağlamak için birçok konuda çalışma yapılmıştır.(ALİÇ & DAŞ, 2019; Das & Akpınar, 2018; Daş & Akpınar, 2020; Khaled et al., 2020) Güneş enerjisi ile kurutmada direkt olarak yapılabileceği gibi indirekt olarak yapılabilir. İndirekt uygulama kurutma havasının, harici bir odada (kolektör) güneş enerjisi ile sıcaklığının artırılması ve kurutulacak ürünün üzerine gönderilmesi ile çalışır(Daş, 2019). Bu metot ile çalışan üniteye havalı güneş kolektörü (HGK) denmektedir. HGK içeren kurutma sistemleri ile ilgili yapılan çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

Abuşka ve Akgül çalışmalarında trapez yutucu plakalı havalı güneş kolektörünün ısı veriminin deneysel olarak incelemişlerdir. Trapez yutucu plakalı kolektörün ortalama ısı veriminin düz yutucu plakalı kolektörün ısı veriminden % 23'den daha fazla olabileceğini ifade etmişlerdir(Abuşka, Mesut; Akgül, 2014).

Karant ve ark. çalışmalarında FLUENT-6.3 ile HGK modeli çözmüşlerdir. HGK modellerinde emici plakada çeşitli kanal modeli çalışmışlardır. Farklı hava debilerinde çalışmışlardır. HGK yüzeyine sabit ısı akısı (910 W/m²) tanımlamışlardır. Çalışmalarında HGK'da ısı transferini incelemişlerdir. Sonuç olarak kanal modellerinin birbirine göre avantaj ve dezavantajlarından bahsetmişlerdir. (Vasudeva Karant et al., 2013).

Gupta ve Varshney çalışmalarında ANSYS FLUENT-14 ile HGK modeli çözmüşlerdir. HGK modellerinde düz plaka ve plaka içerisine açılmış kanal açılmış iki model yer almaktadır. Analizlerinde Reynold (Re) 3800-18000 arasında çalışmışlardır. HGK yüzeyine sabit ısı akısı tanımlamışlardır. Çalışmalarında sürtünme katsayısı ve ısı transferini incelemişlerdir. Maksimum ısı transferi iyileştirmeyi Re 12000 için kanallı HGK'da elde etmişlerdir(Gupta & Varshney, 2017).

Singh ve Singh çalışmalarında eğri geometriye sahip bir HGK'nın HAD analizini gerçekleştirmişlerdir. Güneş enerjisi yutucu plakası düz, dairesel kesitli ve üçgensel kesitli modeller çalışmışlardır. Analizlerinde üç farklı kütleli debi 0.0172, 0.029 and 0.0472 kg/sm², kullanmışlardır. Sınır şartı olarak HGK yüzeyine uniform sabit ısı akısı (800-1100 kW/m² arası) tanımlamışlardır. Çalışmalarında sürtünme katsayısı ve ısı transferini incelemişlerdir. Kavisli plakalı V-oluklu tek geçişli HGK maksimum ısı verim % 91,93 ve kavisli plakalı düz tek geçişli HGK'ya göre hava çıkış sıcaklığında % 32,05 artış hesaplamışlardır(Singh & Singh, 2018).

Raj ve vd. çalışmalarında güneş enerjisi ile ısıtma uygulamaları için kullanılan makro kapsüllü gizli ısı depolama sisteminin HAD modellemesini yapmışlardır. Analizlerinden ANSYS FLUENT kullanmışlardır. Modellerinde HGK içerisine malzemesi farklı silindirik bir ısı deposu yerleştirmişlerdir. Radyasyon modellerini analizin bir parçası olarak incelememişlerdir. Sınır şartı olarak sabit ısı akısı uygulamışlardır. Isı deposunun ve kolektörün sıcaklık dağılımını göstermişlerdir(Raj et al., 2019).

Sancar ve vd. sayısal çalışmalarında hibrit bir güneş kolektörü modeli oluşturmuşlardır. Bu kolektör bir çeşit jet çarpma plakalı HGK ve PV/T paneller yer almaktadır. Sayısal analizlerinde sadece tasarladıkları HGK'nın hava akış ve sıcaklık kontürlerini vermişlerdir. Yaptıkları sayısal analizlerde modellerinin geleneksel modellere göre daha verimli olacağını ifade etmişlerdir. İleriki çalışmalarında sistemi bütünlük olarak hesap edeceklerinden bahsetmişlerdir(Sancar, İbrahim; Bulut, Hüsamettin; Karadağ & Hilali, 2019).

Mutabilwa ve Nwaigwe deneysel ve sayısal çalışmalarında muzun kurutulması için tasarlanan çift geçişli bir HGK ve kurutma kabini tasarlayıp modellemişlerdir. Çalışmalarında ANSYS FLUENT-18.2 kullanmışlardır. Analizlerinde Re 3500-27000 arasında çalışmışlardır ve radyasyon hesaplama arayüzünde yer alan ayrık transfer radyasyon modelini kullanmışlardır (DTRM). Türbülans modeli olarak RNG k-ε' yi kullanmışlardır. Analizlerinde kolektöre hava giriş sıcaklığı sabittir. Sonuç olarak farklı şartlarda elde ettikleri çıkış sıcaklıklarını % 2-10 arasında değişen hata ile modellemişlerdir(Mutabilwa & Nwaigwe, 2020).

Yukarıda yer alan çalışmaların tamamı HGK'yı 3B olarak incelemiştir. Literatürde HGK modellemek için yapılmış 2B çalışmalarda yer almaktadır(Yadav & Bhagoria, 2013, 2014).

Bu çalışmada güneş emici plakası trapez olan HGK 3B olarak incelenmiştir. Deneysel veriler için her analiz zamandan bağımsız olarak çözülmüştür. Literatürde HGK'nın güneş enerjisi kazancı genellikle sabit ısı akısı ile tanımlanmıştır. Bu çalışmada literatürden farklı olarak ANSYS FLUENT-18.1'in güneş radyasyon hesaplama arayüzü kullanılmıştır. Bu algoritma içerisinde yer alan Rosseland çözücüsü seçilerek analiz gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın bu yönü ile literatürden ayrılmaktadır. Bununla birlikte çalışmanın Elazığ-Türkiye iklim koşullarında gerçekleştirilmesi değerini artırmaktadır. Sonraki çalışmalar için referans özelliği taşıyabilecek Elazığ iklim koşullarında sabit kolektör için güneşlenme faktörleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu deneysel ve sayısal çalışmada, tabanı trapez güneş emici sac olan bir HGK için Elazığ ili iklim şartlarında deneysel ve sayısal araştırma gerçekleştirilmiştir. HAD modeli için SOLID WORKS 2018'de 3B model oluşturulmuştur. HAD analizi için ANSYS FLUENT 18.1 kullanılmıştır. Elazığ iklim şartlarında ağustos ayı verileri için bu programda yer alan güneş radyasyon hesabı algoritması arayüzü kullanılmıştır. Deneysel kurulum, sayısal çözüm geometrisi, çözüm ağ modeli, analiz denklemleri, sınır koşulları ve türbülans modeli aşağıda detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

2.1 Deneysel Kurulum

Çalışmanın bu kısmında içerisine trapez güneş emici sac yerleştirilen HGK'nın deneysel kurulumu ve teknik özelliklerine yer verilmiştir. HGK'nın ölçüleri 800 * 1400 * 150 mm olan bir dikdörtgenler prizması gibi olmasına rağmen güneş emici plaka kısmı trapezdir. Trapez sac güneş emiciliği yüksek (0,95) malzemelerden seçilmiştir ve trapez sacın alt kısmı ve yan duvarları iyice taş yünü ile iyice yalıtılmıştır. HGK'da 800*1400*4 mm ölçülerinde şeffaf düz cam kullanılmıştır. Kolektör emici kısmı alüminyum trapez sac'tan yapılmıştır ve koyu mat renge boyanmıştır.



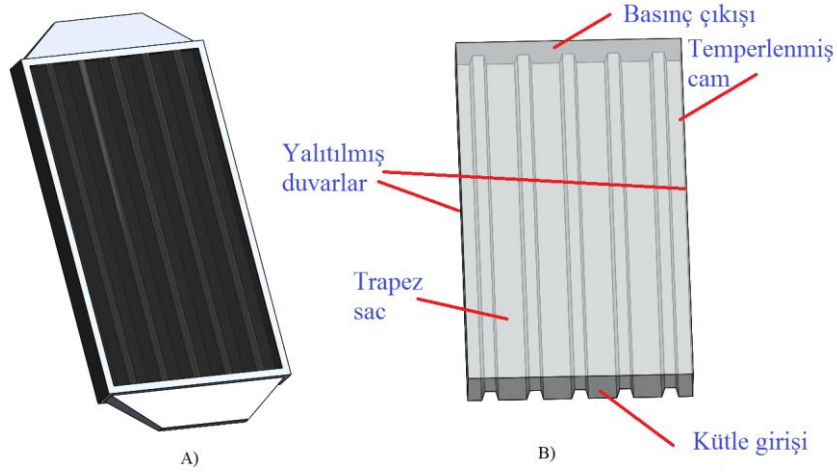
Şekil 1. Deneysel kurulum

Havanın kütle akış oranını ölçmek için boruya bir orifis ölçer takılmıştır. HGK'ya ortam havasını üfleme için için 3 HP – 220 Volt Blower tipi fan kullanılmıştır. Güneş radyasyonunun yoğunluğu dijital piranometre ile ölçülmüştür. Plakanın çeşitli bölümlerindeki sıcaklığı ölçmek için termokupllar ve hava sıcaklığı için dijital termometreler kullanılmıştır. Deneyler Ağustos 2020'de enlem ve boylam sırasıyla 38:41° K ve 39:14° D olan Elazığ ilinde açık havada gerçekleştirilmiştir. Veriler 9.00-16.0 saatleri arasında toplandı. X_n ile gösterilen deney ölçümünü etkileyen her bir faktördeki belirsizlikler yardımıyla, belirsizlik hesaplaması aşağıdaki denklem kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Holman, 2001).

$$B = [(x_1)^2 + (x_2)^2 \dots (x_n)^2]^{0.5} \quad (1)$$

Hava hızı ölçümlerinden kaynaklı kütle akış hızında oluşan belirsizlik değeri ve sıcaklık ölçümlerinden kaynaklı faydalı ısı kazancı hesaplamalarında oluşan belirsizlik değeri sırasıyla $\pm 0,14$ ve $\pm 0,583$ dir.

2.2. Sayısal Çözüm Geometrisi ve Çözüm Ağ Modeli



Şekil 2. A) HGK 3B modeli B) HGK sınır şartları

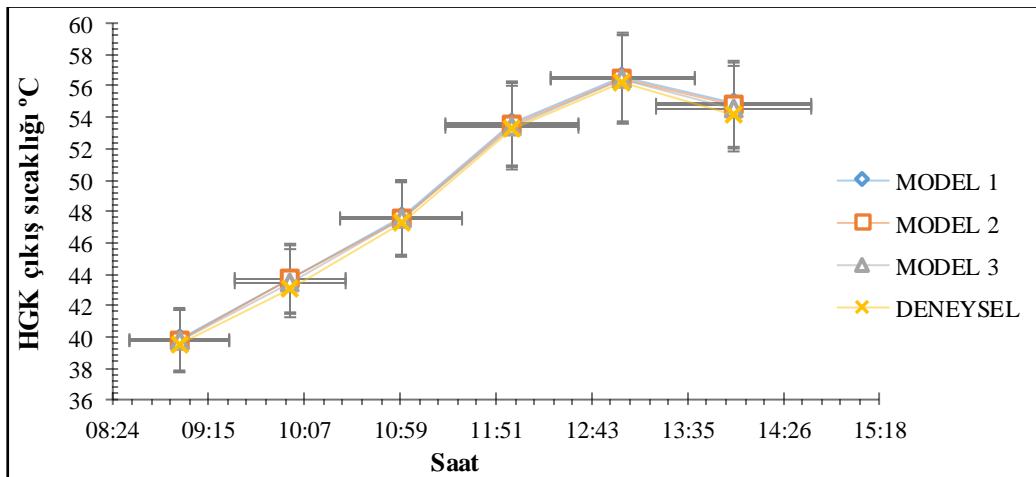
Bu çalışmada kullanılan havalı kolektörün 3B modeli Şekil 2'de yer almaktadır. Sayısal analiz çözüm alanı (domain) iki yan duvar, temperlenmiş cam, giriş ve çıkış olarak etiketlenmiştir. Sayısal çözüm için ağ modeli çoklu-bölge (multizone) ile oluşturulmuştur. Ağ hassasiyeti çalışmada kullanılan üç hücre boyutu 14 mm, 10 mm ve 6 mm'dir. Hücrelerin boyutu, çözüm alanı (domain) boyunca tekdüze değildir. Çözüm ağı (Mesh), duvara yakın modellemeyi geliştirmek için duvarın yakınında daha da geliştirilmiştir. Çözüm ağı yapısı ile ilgili boyutlar hakkında detaylı bilgi Tablo 1'de sunulmaktadır.

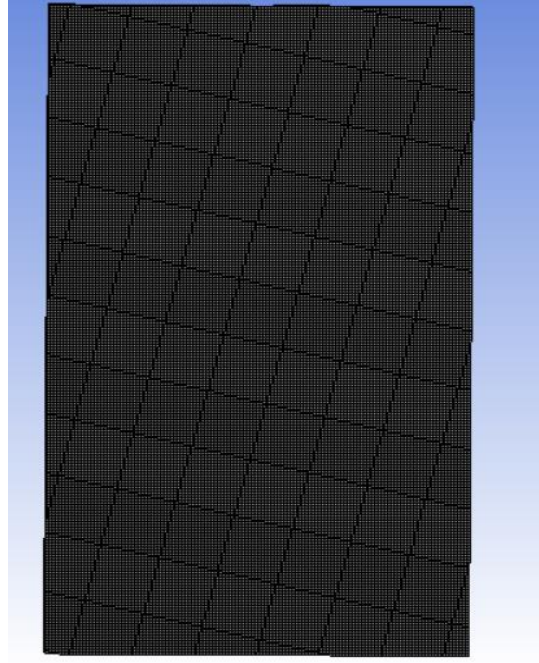
Tablo 1. Çözüm ağı yapısı istatistiği

Modeli	Eleman sayısı	Maks. Ağ boyutu [mm]	Min. Ağ boyutu [mm]	Büyütme oranı	Maks. Çarpıklık	Sınır katman sayısı
1	188900	14	0.1	1.2	0.46	8
2	374080	10	0.1	1.2	0.46	8
3	1340820	6	0.1	1.2	0.46	8

Tablo 1' de yer alan üç farklı ağ konfigürasyonu HAD analizi ile dört farklı saat dilimi için analiz edilmiştir.

Elde edilen sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'ye göre elde edilen her üç ağ modeli sonuçlar benzer eğim göstermektedir. Deneysel sonuçlar ile en iyi örtüşen ağ modeli, Model 3 olarak belirlenmiştir. Bu modele ait ağ yapısı Şekil 4'te verilmektedir. Şekil 4'te ağ yapısının temperlenmiş cam bölgesine düşen kesiti yer almaktadır.





Şekil 4. HGK çözüm ağ modeli

2.3. Matematik Model ve Türbülans Çözücü

HGK ısı transferi ve hava akışı, sıvı akışı ve enerji denklemleriyle ifade edilir. Bu denklemler aşağıdaki gibi tanımlanabilir. Bu analiz, zorlanmış konveksiyon içerir. Akış hacmi, sonlu hacimler metodu kullanarak hava akışı hareketini ve ısı transfer özelliklerini incelemek için çok küçük elemanlara ayrılmıştır. Türbülans çözücü olarak realize k-ε modeli seçilmiştir. Hız ve basınç ifadelerini çözmek için SIMPLE (basınca bağlı denklemler için yarı kapalı yöntem) metod seçilmiştir. Sayısal analizlerde kullanılan süreklilik, Navier Stokes ve enerji denklemleri aşağıda sırası ile verilmiştir(Guide, 2011)

Süreklilik denklemi:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \quad (2)$$

Navier Stokes denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \vec{v}) + (\vec{v} \cdot \nabla) \rho \vec{v} = -\nabla p + \mu \nabla^2 \vec{v} + \frac{\mu}{3} \nabla(\nabla \cdot \vec{v}) + \rho \vec{g} + S \quad (3)$$

Enerji denklemi:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\rho E + p) \vec{v} = \nabla \cdot k_{eff} \nabla T + S_h \quad (4)$$

S momentum kaynağı terimidir. Enerji denklemi için önemli bir parametre olan Sh, radyasyon kaynağı terimleri olarak tanımlanmaktadır.

Radyasyon hesaplama arayüzünde hesaplama aracı olarak seçilen Rosseland'ın ifadeleri aşağıda yer almaktadır(Guide, 2011) .

$$q_r = -\Gamma \nabla G \quad (5)$$

Γ Hesaplama için Eş. 6 kullanılmaktadır.

$$\Gamma = \frac{1}{(3(a+\sigma_s) - c\sigma_s)} \quad (6)$$

G hesaplamak için Eş. 7 kullanılmaktadır.

$$G = 4\sigma n^2 T^4 \quad (7)$$

$$q_r = -16\sigma\Gamma n^2 T^3 \nabla T \quad (8)$$

Işınım ısı akısı, Fourier iletim yasası ile aynı forma sahip olduğundan, aşağıdaki gibi yazmak mümkündür (Guide, 2011).

$$q = q_r + q_c \quad (9)$$

$$q = -(k + k_r) \nabla T \quad (10)$$

$$k_r = 16\sigma\Gamma n^2 T^3 \quad (11)$$

Burada “ k_r ” ışınım ve “ k ” ise ısı iletkenliği ifade etmektedir. Burada Eş. 9 toplam ısı akısını ifade etmektedir.

Türbülans çözücü Realize k- ϵ denklemleri aşağıda verilmiştir (Guide, 2011)

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho k u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + G_k + G_b - \rho \epsilon - Y_M + S_k \quad (12)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho \epsilon u_j) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\epsilon} \right) \frac{\partial \epsilon}{\partial x_j} \right] + \rho C_1 S_\epsilon - \rho C_2 \frac{\epsilon^2}{k + \sqrt{\nu \epsilon}} + C_{1\epsilon} \frac{\epsilon}{k} C_{3\epsilon} G_b + S_\epsilon \quad (13)$$

$$C_1 = \max \left[0.43, \frac{\eta}{\eta + 5} \right], \rightarrow \eta = S \frac{k}{\epsilon}, \rightarrow S = \sqrt{2 S_{ij} S_{ij}} \quad (14)$$

$$(C_{1\epsilon} = 1.44), (C_2 = 1.9), (S_k = 1.0), (S_\epsilon = 1.2)$$

Patankar ve Spalding (1972) tarafından geliştirilen basınca bağlı denklemler SIMPLE sayısal algoritması kullanılmıştır. Kütle, momentum ve enerji denklemleri, ilgili değişkenler (hız, sıcaklık, basınç ve duvar ısı akışı) için yakınsamaya ulaşılan kadar sayısal yöntemler kullanılarak karşılık gelen sınır koşulları için yinelemeli olarak çözüldü (Patankar & Spalding, 1972).

2.4. Başlangıç ve Sınır Şartları

Sayısal analiz gerçekleştirirken, çözülen modelin hangi sayısal aralıklarda çözüleceğini ifade eden terime kabaca sınır şartı denmektedir. Bu aralıklar başlangıç ve sınır şartı olarak ifade edilmektedir. Deneysel şartları çözüme kolaylaştırmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada kullanılan başlangıç ve sınır şartları aşağıda maddeler halinde verilmiştir. Bu analizde bir kütle girişi ve çıkışı tanımlanmıştır. Modeller yan duvarlar ile tamamen kapalıdır.

- Hava akışı 3B dir.
- Giriş sıcaklığı T_g =sabit
- HGK’ girişinde hava dağılımı her yerde aynıdır.
- Temperlenmiş cama ışınım sınır şartı (radiation calculation => Rosseland modülü) tanımlanmıştır.
- Yan duvarlar tamamen izole edilmiştir.
- Türbülans viskozite oranı 10 olarak alınmıştır.
- Türbülans yok oluşu %5 olarak alınmıştır.
- Çıkışta gösterge basıncı sıfır ($P=0$ Pa) olarak alınmıştır.
- Kanal içindeki akışın sıkıştırılmaz ve ses altı olduğu varsayılır. Bu nedenle, havanın yoğunluğu ideal bir gaz olarak değerlendirilmiştir.
- Analiz belirli saat dilimleri için kararlı (steady-state) olarak gerçekleştirilmiştir.

Yakınsama kriterleri enerji denklemi için 10^{-6} ve hız, süreklilik, türbülans yayılımı ve türbülans kinetik enerji denklemlerinin her biri için 10^{-3} olarak seçilmiştir. Literatürde birçok çalışmada da yakınsama kriteri aynı alınmıştır (Menasria et al., 2017; Potgieter et al., 2020).

2.5. Sürtünme Faktörü Hesabı

Sayısal analiz gerçekleştirildikten sonra, HGK’nın giriş çıkış basınç farklarından sürtünme faktörü hesabı gerçekleştirilebilir. Basınç düşüşü (ΔP) bilinen bir kolektörün Darcy sürtünme faktörü hesabı literatürde aşağıdaki gibi ifade edilmiştir (Asaadi & Abdi, 2020; Sawhney et al., 2017). Eş. 15’te bu ifade yer almaktadır.

$$f = \frac{2\Delta PD}{4\rho LV^2} \quad (15)$$

Eş.16' da modifiye Blasius 'un Reynold'a bağlı sürtünme faktörü ifadesi yer almaktadır(Promvonge & Thianpong, 2008).

$$f = 0.316Re^{-0.25} \quad (16)$$

Eş.17' de Gupta vd' nin Reynold'a bağlı sürtünme faktörü ifadesi yer almaktadır(Yadav & Bhagoria, 2013).

$$f = 0.0791 Re^{-0.25} \quad (17)$$

Eş. 18'de Petukhov'un Reynold'a bağlı sürtünme faktörü ifadesi yer almaktadır(Kumar et al., 2018).

$$f = (0.79 \ln(Re) - 1,64)^{-2} \quad (18)$$

2.6. Termal Verim Hesabı

HGK'da faydalı enerji iş akışkanının giriş (T_o)ve çıkış (T_c)sıcaklığına bağlı olarak Eş. 19'daki gibi ifade edilmektedir.

$$Q_f = \dot{m}c_p(T_o - T_c) \quad (19)$$

Burada \dot{m} HGK'da geçen iş akışkanının kütleli debisi (kg/s), C_p havanın özgül ısıdır (J/kgK), T_o ve T_c sırasıyla HGK'ya giriş ve çıkış sıcaklıklarıdır ($^{\circ}C$). HGK' dan geçen iş akışkanının kütleli debisi ise Eş. 20'deki gibi hesaplanır.

$$\dot{m} = \rho VA_c \quad (20)$$

Burada ρ havanın yoğunluğu (kg/m^3), V hava akış hızı (m/s), A_c ise HGK'nın çıkış kesit alanı (m^2)'dir. Termodinamiğin I. kanunundan yola çıkarak HGK'nın termal verimi Eş. 20' deki gibi hesaplanabilir.

$$\eta = \frac{\dot{m}c_p(T_o - T_c)}{IA_y} \quad (21)$$

Eş.21'de η ısı verimi, I kolektör yüzeyine gelen güneş ışınımı (W/m^2), A_y ise HGK'nın geçiren kısmının yüzey alanıdır (m^2).

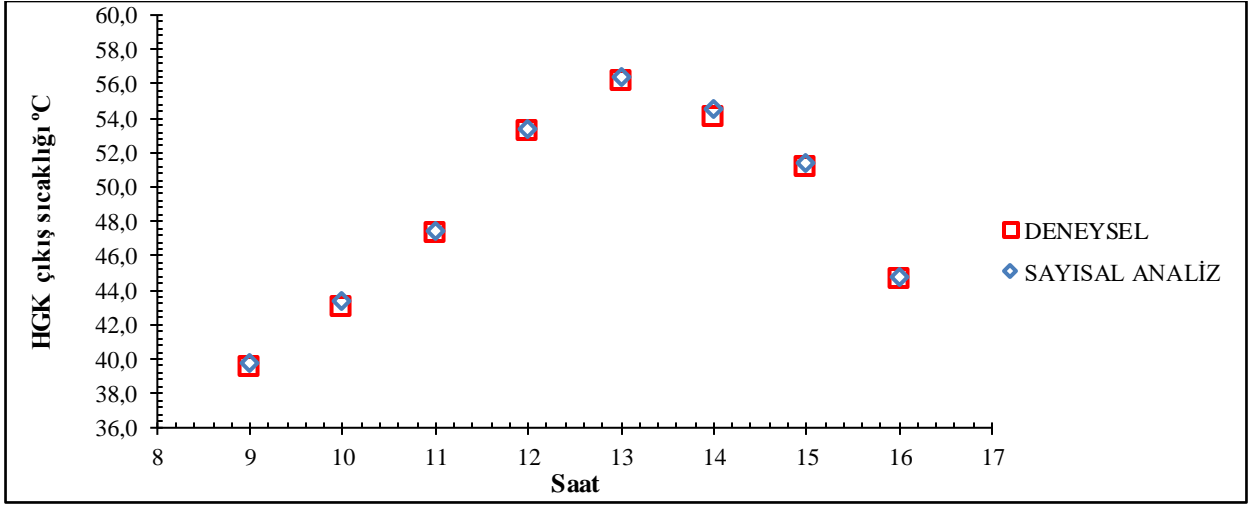
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Sayısal Analiz

Bu bölümde trapez sac emici plakaya sahip bir HGK'nın HAD analizinin sonuçları verilmiştir. Burada günün farklı zamanları için, sabah 9 ile akşam 4 arasında, her saat başı için gerçekleştiren analiz sonuçları yer almaktadır. Bu sayısal çalışmada elde edilen deneysel sonuçlar deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır. Analiz %1'den daha az hata ile modellenmiştir. Şekil 5'te bu analiz sonucu elde edilen veriler, deneysel sonuçlarla karşılaştırılmıştır. Grafikte yer alan eğriler zamana karşı deneysel ve analiz sonucu elde edilmiş HGK çıkış sıcaklıklarını göstermek için çizilmiştir. Şekil 5'te farklı zamanlar için deneysel ve analiz sonucu elde edilmiş çıkış sıcaklığı arasındaki farkın neredeyse $0,5^{\circ}C$ 'den az olduğu görülmektedir. Tablo 2'de bu çalışmanın bazı sayısal sonuçları yer almaktadır. Güneşlenme faktörü HAD analizi programının güneş radyasyon hesabını direkt olarak etkileyen temel ifadedir. Burada yer alan güneşlenme faktörü birçok sayısal analiz sonucu belirlendiğinin ifade edilmesinde yarar görülmektedir.

Tablo 2. Bazı sayısal sonuçlar

Saat	Güneşlenme Faktörü	Deneysel dış hava sıcaklığı $^{\circ}C$	Deneysel HGK çıkış hava sıcaklığı $^{\circ}C$	HAD analizi HGK çıkış hava sıcaklığı $^{\circ}C$
9.00	0,11	30,9	39,5	39,7
10.00	0,22	30,9	43,1	43,4
11.00	0,32	31,7	47,3	47,5
12.00	0,49	32,8	53,2	53,3
13.00	0,55	34,2	56,2	56,4
14.00	0,46	35,2	54,1	54,5
15.00	0,37	35,1	51,2	51,5
16.00	0,31	35,0	44,7	44,9

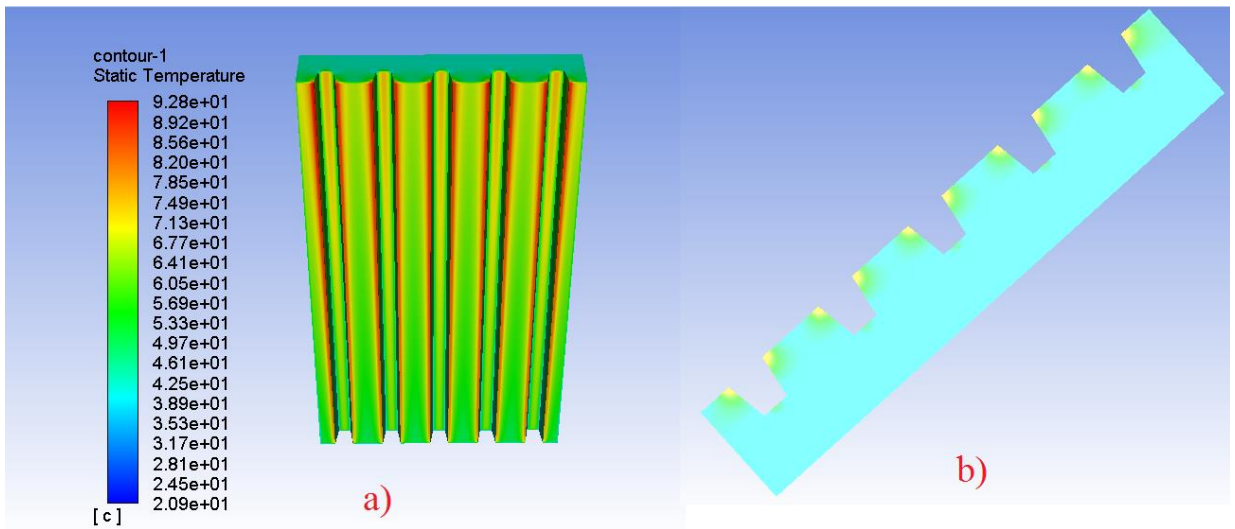


Şekil 5. HGK çıkış sıcaklığı ve sayısal analiz sonuçları karşılaştırma

Analizi gerçekleştirilen modelin basınç farkına (ΔP) bağlı sürtünme faktörü, DARCY eşitliği (Eş.15) ile edilmiştir. Literatürde yer alan Eş. 16, Eş. 17 ve Eş. 18 ile karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma sabit fan devrinde gerçekleştiği için kolektör girişinde hava hızı sabit $V=0,3$ m/s dir. HGK'nın bu hız için $Re=3446$ değeri hesaplanmıştır. Diğer eşitlikler Re bağlı sürtünme faktörü hesaplamaktadır. Yapılan hesaplamalar sonucunda analiz sonuçlarının literatürden elde edilen sonuçlar ile uyum içerisinde olduğu gösterilmiştir. Tablo 3'te bu sonuçları almaktadır.

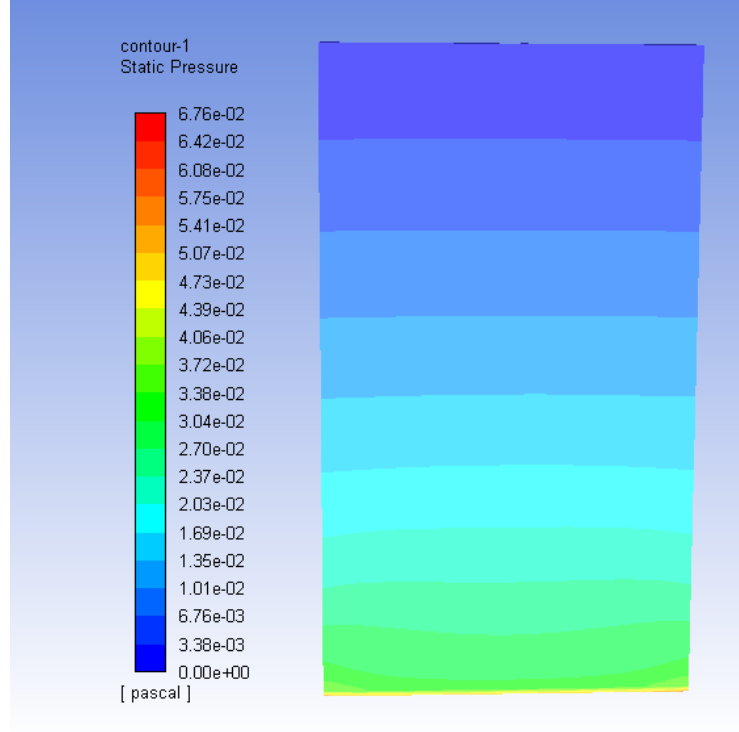
Tablo 3. 3B Sürtünme faktörü değerleri

Hesap Metodu	f
Gupta vd.	0,010323872
ANSYS (Bu analiz)	0,020912
Petukov	0,043501279
Modifiye Blasius	0,041295489



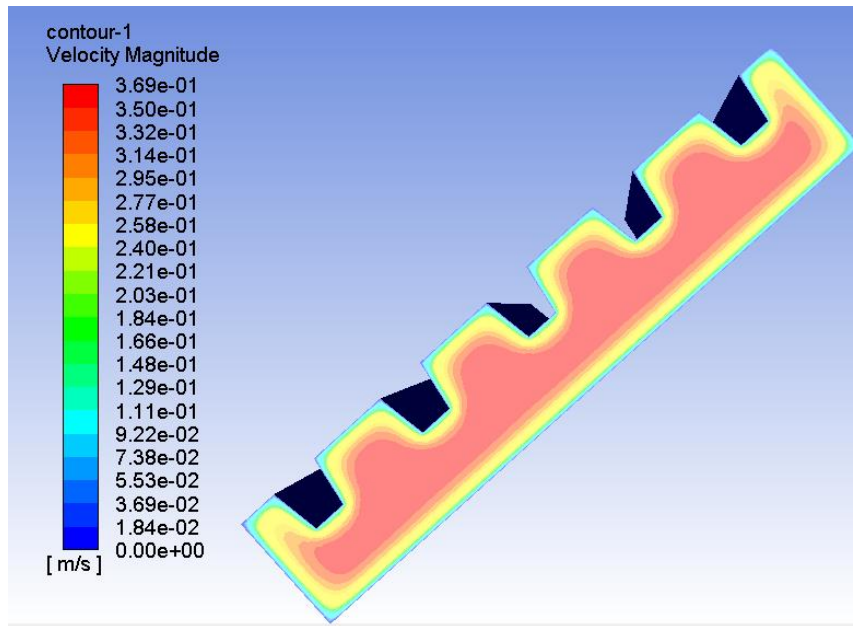
Şekil 6. Saat 11.00 sıcaklık dağılım kontürü a) Yutucu Plaka sıcaklık dağılımı b) Çıkış bölgesi sıcaklık dağılımı

Şekil 6-a' da HGK'nın emici plaka yüzeyinin sıcaklık dağılımı görülmektedir. HGK'ya hava girişi olduğu y ekseninden gerçekleşmektedir. HGK'ya hava girişinin olduğu alt kısımda yüzey sıcaklıklarının daha düşük olduğu görülmektedir. Emici plakanın şekli trapez olduğu için büküm noktalarında daha yüksek sıcaklıklara ulaştığı görülmektedir. Özellikle Şekil 6-b' de HGK hava çıkış yüzeyinde bu durum daha net görülmektedir. Akış büküm yerlerinde hem alt duvar hemde yan duvar ile temas halinde olduğu için akışkan sıcaklığı diğer bölgelere göre daha çok artmış olduğu görülmektedir.



Şekil 7. Saat 11.00 basınç dağılım kontürü

Şekil 7'de analizden bir basınç dağılımı kontürü (geçirgen cam yüzey görünüşü) görülmektedir. Havanın giriş bölgesinde basınç yüksek, çıkışa doğru basınç düştüğü görülmektedir. Burada çıkış sınır şartı 0 Pa kabul edilmiştir.



Şekil 8. Saat 11.00 Çıkış bölgesi hız dağılım kontürü $V=0,3$ m/s

Şekil 9'de analizden bir hız dağılımı kontörü (Giriş yüzeyi) görülmektedir. Hava hızının duvara yakın bölgelerde sıfıra eşit iç bölgelerde daha yüksek olduğunu görmekteyiz. Burada ortalama hızın $V \approx 0,3$ m/s ile HGK'ya girmekte olduğu görülmektedir.

3.2. Termal Verim

Eşitlik 20 yardımı ile hesaplanan HGK'nın termal verimi %26 - %82 değerleri arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Gün içerisinde ortalama termal verimin %60 civarı olduğu hesaplanmıştır. HGK'nın termal verimi ortalama 0.3 m/s hava hızında güneş radyasyon değerlerine göre değişim göstermiştir. Tablo 2 ye göre Saat 09:00 daki güneşlenme faktörü değerinde (0.11) termal verim %58.8 iken saat 12:00 daki güneşlenme faktöründe (0.49) termal verim %82 değerine ulaşmıştır. Genel olarak radyasyon değerindeki artış, kolektör termal verim değerlerinde de artışa sebep olmuştur.

4. Sonuç

Bu çalışmada hava ısıtmalı güneş kolektörünün deneysel ve sayısal analizleri yapılmıştır. Ortalama 50 °C çıkış sıcaklığına sahip kolektörün sıcaklık, basınç ve hava hızı dağılımları incelenmiştir. Elâzığ iklim şartlarında HAD analizi programının güneş radyasyon hesaplama arayüzü kullanılarak 3B HGK analizi gerçekleştirilmiştir. HGK hava çıkış sıcaklığı için deneysel ve sayısal sonuçlar arasında %1'den az hata ile çözüm gerçekleştirilmiştir. HAD analizlerinde güneş radyasyon hesaplama arayüzü kullanılarak HGK çıkış sıcaklığının modellenmesi ile alakalı başarılı sonuçlar elde edilebileceği gösterilmiştir. Elâzığ ili için $Re=3446$ civarında sayısal analizlerde alınabilecek güneşlenme faktörü belirlenmiştir. Aynı zamanda HGK'nın basınç düşüşü sayısal olarak hesaplanmıştır. Buna bağlı sürtünme faktörü hesaplanmıştır. Deneysel veriler kullanılarak sayısal analiz yöntemi ile hesaplanan sürtünme faktörünün literatürde kullanılan BLASIUS eşitliği (Eşitlik 15) ile elde edilen sürtünme faktörü değerleri ile benzer olduğu gösterilmiştir. Sayısal analizi gerçekleştirilen 3B HGK sıcaklık dağılım kontürü, hız ve basınç dağılım kontürleri gösterilmiştir. Bu çalışma sonucu sayısal yöntemler kullanılarak elde edilen güneşlenme faktörü değerleri kullanılarak, farklı yutucu plakaya sahip, farklı ölçülerdeki HGK'lerinin ısı performansını hesaplanabilir.

Teşekkür

Bu çalışma Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma ve Proje Koordinatörlüğü FUBAP MF: 16.54 numaralı proje tarafından desteklenmiştir. MF 16.54 numaralı proje yürütücüsü Prof. Dr. Ebru KAVAK AKPINAR'a bu çalışmaya katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Abuşka, Mesut; Akgül, M. B. (2014). Trapez Yutucu Plakalı Güneş Enerjili Hava Kolektörünün Isıl Veriminin Deneysel Olarak İncelenmesi Dergisi, Politeknik. *Politeknik Dergisi*, 17(4), 177–181.
- ALİÇ, E., & DAŞ, M. (2019). Güneş Enerjisi Destekli Kurutma Sisteminde Ürün Nem Oranının Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Analizi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 78–87. <https://doi.org/10.17780/ksujes.597839>
- Altıntop, N., Erdemir, D. (2013). Dünyada ve Türkiye'de Güneş Enerjisi İle İlgili Gelişmeler. *Mühendis ve Makina*, cilt 54(sayı 639), 69–77.
- Asaadi, S., & Abdi, H. (2020). Numerical investigation of laminar flow and heat transfer in a channel using combined nanofluids and novel longitudinal vortex generators. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10973-020-09795-5>
- Daş, M. (2019). Güneş Takip Mekanizmalı Bir Kurutma Sisteminin Performans Ve Optimum Çalışma Şartlarının Belirlenmesi. *Doctoral Thesis, February*, 1–112.
- Das, M., & Akpınar, E. K. (2018). Investigation of pear drying performance by different methods and regression of convective heat transfer coefficient with support vector machine. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(2). <https://doi.org/10.3390/app8020215>
- Daş, M., & Akpınar, E. K. (2020). Determination of thermal and drying performances of the solar air dryer with solar tracking system: Apple drying test. *Case Studies in Thermal Engineering*, 21(August), 100731. <https://doi.org/10.1016/j.csite.2020.100731>
- Guide, A. F. U. (2011). Release 14.0, ANSYS. Inc., USA, November.
- Gupta, A. D., & Varshney, L. (2017). Performance prediction for solar air heater having rectangular sectioned tapered rib roughness using CFD. *Thermal Science and Engineering Progress*, 4, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2017.09.005>
- Holman, J. P. (2001). *Experimental methods for engineers*.
- Kaya, K., & Koç, E. (2015). Energy Resources – State of Renewable Energy. *Mühendis ve Makina*, 56(668), 36–47.
- Kaya, K., Şenel, M. C., & Koç, E. (2018). Dünyada Ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. *E-Journal of New World Sciences Academy*, 13(3), 219–234. <https://doi.org/10.12739/NWSA.2018.13.3.2A0152>
- Khaled, A. Y., Kabutey, A., Selvi, K. Ç., Mizera, Ç., Hrabe, P., & Herák, D. (2020). Application of Computational Intelligence in
- e-ISSN: 2148-2683

- Describing the Drying Kinetics of Persimmon Fruit (*Diospyros kaki*) During Vacuum and Hot Air Drying Process. *Processes*, 8(5), 544. <https://doi.org/10.3390/pr8050544>
- Kumar, N., Sonawane, S. S., & Sonawane, S. H. (2018). Experimental study of thermal conductivity, heat transfer and friction factor of Al₂O₃ based nanofluid. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 90(November 2017), 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2017.10.001>
- Menasria, F., Zedairia, M., & Moummi, A. (2017). Numerical study of thermohydraulic performance of solar air heater duct equipped with novel continuous rectangular baffles with high aspect ratio. *Energy*, 133, 593–608. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.05.002>
- Motevali, A., Minaei, S., & Khoshtagaza, M. H. (2011). Evaluation of energy consumption in different drying methods. *Energy Conversion and Management*, 52(2), 1192–1199. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2010.09.014>
- Mutabilwa, P. X., & Nwaigwe, K. N. (2020). Experimental evaluation of drying of banana using a double-pass solar collector (DPSC) and theoretical analysis using a CFD model. *Cogent Engineering*, 7(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2020.1789363>
- Patankar, S. V., & Spalding, D. B. (1972). *A calculation procedure for the transient and steady-state behaviour of shell-and-tube heat exchangers*. Imperial College of Science and Technology, Department of Mechanical Engineering.
- Potgieter, M. S. W., Bester, C. R., & Bhamjee, M. (2020). Experimental and CFD investigation of a hybrid solar air heater. *Solar Energy*, 195(August 2019), 413–428. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2019.11.058>
- Promvong, P., & Thianpong, C. (2008). Thermal performance assessment of turbulent channel flows over different shaped ribs. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 35(10), 1327–1334. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2008.07.016>
- Raj, A. K., Srinivas, M., & Jayaraj, S. (2019). CFD modeling of macro-encapsulated latent heat storage system used for solar heating applications. *International Journal of Thermal Sciences*, 139(April 2018), 88–104. <https://doi.org/10.1016/j.ijthermalsci.2019.02.010>
- Sancar, İbrahim; Bulut, Hüsamettin; Karadağ, R., & Hilali, İ. (2019). Hibrit Tip Havalı Güneş Kollektörünün CFD Analizi. 2. *Uluslararası GAP Matematik-Mühendislik-Fen Ve Sağlık Bilimleri Kongresi 21-23 Haziran 2019, Tam Metin*(1), 1–14.
- Sawhney, J. S., Maithani, R., & Chamoli, S. (2017). Experimental investigation of heat transfer and friction factor characteristics of solar air heater using wavy delta winglets. *Applied Thermal Engineering*, 117, 740–751. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.01.113>
- Singer, L. E., & Peterson, D. (2011). International energy outlook 2010. In *International Energy Outlook and Projections* (Vol. 0484, Issue May).
- Singh, A. P., & Singh, O. P. (2018). Performance enhancement of a curved solar air heater using CFD. *Solar Energy*, 174(February), 556–569. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2018.09.053>
- Vasudeva Karanth, K., Manjunath, M. S., & Yagnesh Sharma, N. (2013). Three dimensional CFD analysis of solar air heater for enhancement of thermal performance using surface corrugation. *International Journal of Earth Sciences and Engineering*, 6(4), 851–855.
- Yadav, A. S., & Bhagoria, J. L. (2013). A CFD (computational fluid dynamics) based heat transfer and fluid flow analysis of a solar air heater provided with circular transverse wire rib roughness on the absorber plate. *Energy*, 55, 1127–1142. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2013.03.066>
- Yadav, A. S., & Bhagoria, J. L. (2014). Heat transfer and fluid flow analysis of an artificially roughened solar air heater: A CFD based investigation. *Frontiers in Energy*, 8(2), 201–211. <https://doi.org/10.1007/s11708-014-0297-7>



Processing and Characterization of Sepiolite Clay Containing Composites for Organic Brake Pad Application

Bora Oral^{1,2}, Şerife Akkoyun^{3*}

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey

² Metisafe® Cleanroom and Biosafety Systems, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0003-1652-0337)

³ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-6676-6389)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.818408)

ATIF/REFERENCE: Oral, B. & Akkoyun, Ş. (2020). Processing and Characterization of Sepiolite Clay Containing Composites for Organic Brake Pad Application. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 89-94.

Abstract

Brake friction materials are crucial in transportation means. Organic brake pads are widely used in railway or automotive especially due to their low manufacturing cost compared to semi-metallic or ceramic pads. Owing to the complex requirements of brake lining systems, organic composite brake pads are a mixture of various components and are basically composed of binders, friction modifiers, fibers, lubricants, abrasives and various fillers. The choice of functional fillers and the optimization of the formulation is essential for improving the performances of these materials. Studies on the use of clay minerals such as kaolin or montmorillonite show that these fillers are effective. Therefore, in this study, a clay mineral, sepiolite was chosen. The composite samples prepared in this work are composed of Novolac resin as binder, cashew nut shell oil, ceramic fibers, glass fibers and other fillers. This study aims to explore the effect of sepiolite clay on the processing and on properties such as the density, the porosity or the hardness of the samples. Therefore, composite samples containing different amounts of sepiolite clay (5 wt. %, 10 wt. %, 15 wt. % and 20 wt. %) were prepared. For this purpose, the different components were mixed in a high speed mixer and pressed in a hot press at 160°C. Then, a post curing step at 180°C was applied. The density of the samples was determined and decreases from 2.22 g/cm³ to 2.10 g/cm³ with increasing sepiolite clay content. The porosity decreases from 4.47 % to 2.05% with increasing clay content until 15% and rises again to 2.81% with 20% of sepiolite content. Shore D hardness follows an inverse tendency to the density and rises from 85.3 to 90.8.

Keywords: brake pads, composites, sepiolite.

Organik Fren Balatası Uygulamalarına Yönelik Sepiyolit Kili İçeren Kompozit Üretimi ve Karakterizasyonu

Öz

Ulaşım araçlarında fren sürtünme malzemeleri büyük önem arz etmektedir. Yarı metalik ve seramik fren balatalarına kıyasla özellikle düşük üretim maliyetlerine sahip olduklarından dolayı, organik fren balataları demiryollarında ve otomotiv sektöründe yaygın olarak kullanılmaktadır. Fren balataları, karşılamaları gereken çok sayıda ve karmaşık gereksinimlerden/özelliklerden dolayı çok sayıda bileşenden oluşmaktadır. Bu karmaşık sistemler temel olarak bağlayıcılar, sürtünme düzenleyiciler, fiberler, yağlayıcılar, aşındırıcılar ve çeşitli dolgu malzemelerinin karışımından meydana gelmektedir. Fonksiyonel katkı malzemelerinin seçimi ve formülasyonun optimize edilmesi bu malzemelerin performansının iyileştirilmesinde başlıca rolü oynar. Yapılan çalışmalar, kaolin, montmorillonit gibi kil minerallerinin kullanımının balataların özelliklerinin iyileştirilmesinde etkili olduğunu göstermektedir. Bu nedenle bu çalışma kapsamında bir kil minerali olan sepiyolit seçilmiştir. Bu çalışmada novolak reçine (bağlayıcı olarak), kaju kabuğu yağı, seramik fiber, cam fiber ve diğer dolgu malzemelerinden oluşan numuneler hazırlanmıştır. Bu çalışmanın amacı sepiyolit kilinin kompozit numunelerin yoğunluğu, porozitesi ve sertliği gibi özellikleri üzerine olan etkisini araştırmaktır. Bu doğrultuda farklı miktarlarda sepiyolit kili içeren kompozit numuneler hazırlanmıştır (5 wt. %, 10 wt. %, 15 wt. % ve 20 wt. %). Kompozit numunelerin hazırlanma aşamasında bileşenler (Novolak reçine, kaju kabuğu yağı, seramik fiber, cam fiber ve diğer dolgu malzemeleri) yüksek hızlı karıştırıcı ile karıştırılmış ve ardından 160°C de preslenmiştir. Numunelere daha sonra 180°C de post kütleme işlemi uygulanmıştır. Numunelerin yoğunluğu ölçülmüş ve sepiyolit miktarı arttıkça 2,22 g/cm³'den 2,10 g/cm³'e düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca sonuçlar göstermektedir ki porozite %15 sepiyolit oranına kadar %4,47'den %2,05'ye düşmüştür. Bunun yanı sıra %20 sepiyolit oranında porozite tekrar %2,81'e yükselmiştir. Numunelerin Shore D sertliği ise yoğunluğun aksine sepiyolit oranı arttıkça 85,3'den 90,8'e yükseliş göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: fren balataları, kompozitler, sepiyolit.

* Corresponding Author: Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey, ORCID: 0000-0002-6676-6389, sakkoyun@ybu.edu.tr

1. Introduction

Composite brake pads are important for human safety in passenger transportation. Organic composite brake pads are composed of a novolac phenolic resin filled with a wide range of inorganic fillers. Those materials are classified as friction materials a safety factor must be considered during their development. Therefore, most of the performance criterion of friction product related to safety (Ali & Joshi, 2015). Friction materials generally may contain more than 30 components that can be classified into four classes, namely fibrous reinforcement (Gopal, Dharani, & Blum, 1994), binders (Shin, Cho, Lee, & Jang, 2010), filler and friction modifier (Lee, Hwang, Lee, Cho, & Jang, 2010), (Han, Tian, & Yin, 2008). Each component is crucial and has an important influence on the properties of the final material. Frictional properties but also strength, stiffness or thermal stability are improved using fibrous reinforcements. Due to their low cost, mineral fillers are used and their principal role is to increase the friction lining volume which reduces the general cost. Barytes and clays are often used as fillers in friction materials (Morshed & Haseeb, 2004).

The choice of functional fillers and the optimization of the formulation is essential for improving the performances of this materials. Studies on the use of clay minerals such as kaolin or montmorillonite show that these fillers are effective. Therefore, sepiolite (SP) is a good filler candidate for composite brake pads. This natural clay mineral with a fibrous structure is composed of magnesium hydrosilicate and it belongs to the sepiolite - palygorskite group. Sepiolite is also called as attapulgite (Vicente Rodriguez, Lopez Gonzalez, & Banares Munoz, 1994). Sepiolite exists in nature in two types: the hydrothermal type α -sepiolite and the sedimentary type β -sepiolite. The latter has a fibrous structure similar to asbestos (Alvarez, 1984), (Hou, Ouyang, Zheng, Zhang, & Yang, 2017). Its use as an alternative to asbestos in brake composite was investigated by Hou et al. in 2017 (Hou, Ouyang, Zheng, Zhang, & Yang, 2017). The use of attapulgite ultra short fibers as an alternative for asbetos was also investigated by Washabaugh in 1986 (Washabaugh, 1986) ; (Ayar, 1994). Moreover, Boz and Kurt (Boz & Kurt, 2006) investigated the effect of sepiolite on bronze based friction materials.

Therefore, in this study the sepiolite clay containing composites for organic brake pad application were prepared. The composite samples are composed of Novolac resin as binder, cashew nut shell oil, ceramic fibers, glass fibers and other fillers. The aim of this study is to investigate the effect of sepiolite clay on the processing and on properties such as the density, the porosity or the hardness of the samples. Therefore, composite samples containing different amou%nts of sepiolite clay (5 wt. %, 10 wt. %, 15 wt. % and 20 wt. %) were prepared. Sepiolite clay was associated to a composite formulation developed by Metisafe. Properties such as density, porosity and Shore D hardness were characterized.

2. Materials and Method

2.1. Materials

Novolac type phenolic resin and hexamethylenetetramine (HMTA) were supplied from Çukurova Kimya. Glass fiber, were used as reinforcement and were purchased from Şişecam. Ceramic fiber, friction dust, graphite, petroleum coke, metal powder, barium sulfate were supplied from Zem Kimya. Sepiolite clay was supplied from Dolsan Mining, Eskisehir, Turkey.

2.2. Methods

2.2.1. Compositions of sepiolite clay containing composites

Composite samples containing different amounts of sepiolite clay were prepared. The formulations used to prepare the different samples are gathered in Table 1. In order to vary sepiolite clay and to maintain a constant volume at the same time, adjustments were made by decreasing filler content whith increasing sepiolite clay content.

2.2.2. Preparation and processing of sepiolite clay containing composites

The steps of the preparation and processing of sepiolite clay containing composites are schematically presented in Figure 1. Firstly, ceramic fiber and glass fiber were stirred at 1200 rpm into the high speed mixer for 1 min. Then, the other components were added and mixed for 5 extra minutes. Afterwards, the mixture was pressed with a hot press under a pressure of 50 bars. The temperature of the pre-heated mold was 90 °C and it was increased to 160 °C. Then, the samples were cured applying a pressure of 50 bars for 10 minutes. Lastly, the samples were post-cured at 180 °C for 1 hour.

Table 1. Formulations used to prepare the different composites.

Raw materials	SP0	SP5	SP10	SP15	SP20
<i>Binders</i>	15	15	15	15	15
<i>Reinforcements</i>	4.5	4.5	4.5	4.5	4.5
<i>Lubricants</i>	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
<i>Friction modifiers</i>	10	10	10	10	10
<i>Metal powder</i>	25	25	25	25	25
<i>Fillers</i>	38	33	28	23	18
<i>Sepiolite clay</i>	0	5	10	15	20

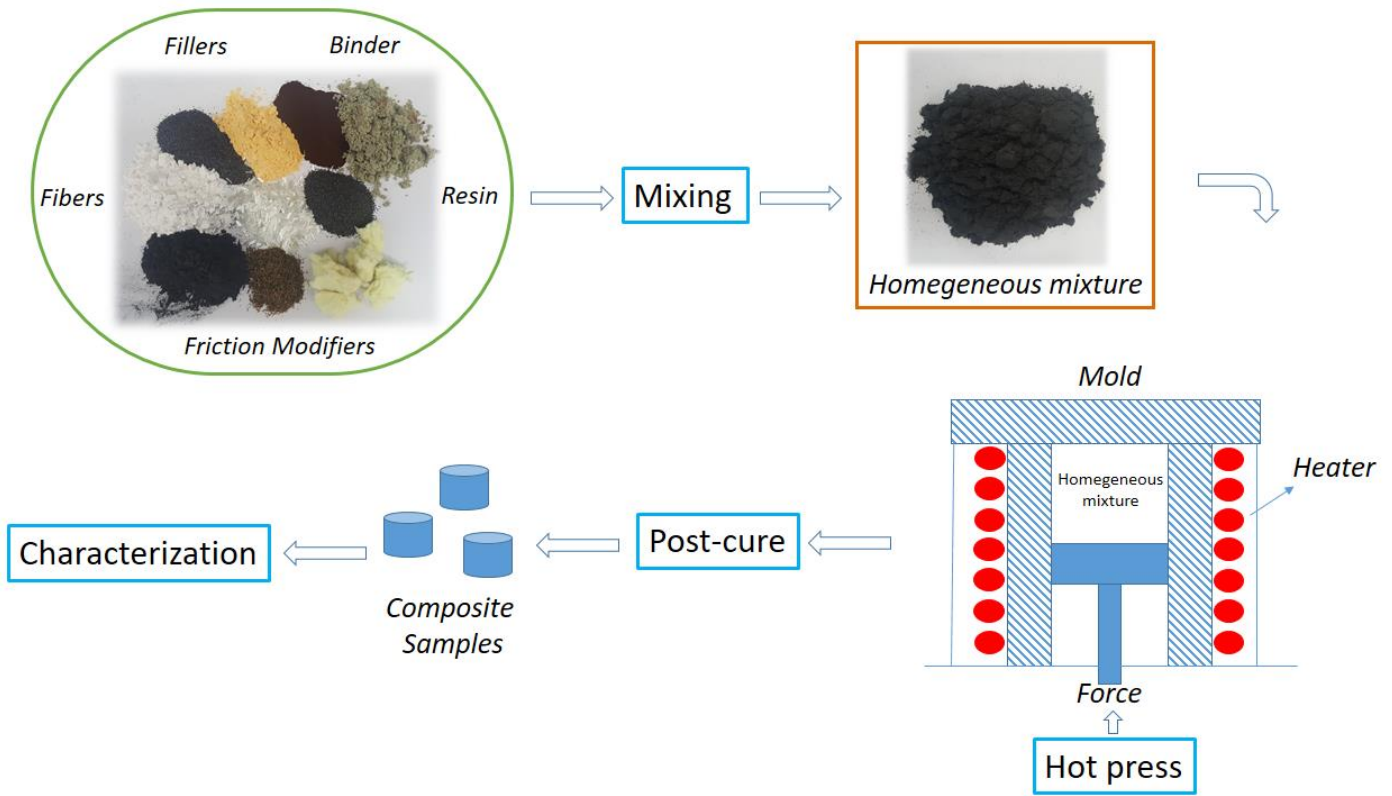


Figure 1. Schematic representation of the preparation of mixtures and processing of sepiolite clay containing composites.

Figure 2 presents a picture of the composite samples with different amounts of SP after post-curing. Due to the clear ‘brownish’ color of SP, the samples have a clearer color as SP content increases.



Figure 2. Photography of composite samples with different contents of SP after post-curing. The SP contents are indicated below each sample.

2.2.3. Characterization

The X-ray diffraction pattern of sepiolite clay was recorded with a Rigaku Miniflex 600 diffractometer (Cu tube, 1,54Å) with a scanning rate of 0.02°/s.

The morphology of sepiolite clay was observed by Scanning Electron Microscopy (SEM) using a Hitachi FlexSEM 1000 II microscope at a voltage of 5kV.

The density of the samples was determined from the mass and the volume of the samples.

The porosity was characterized based on the Archimedes principle. For this purpose, the procedure described in ASTM C373-88 standard was applied. According to this standard, the porosity P is expressed as follows:

$$P = \left[\frac{(M - D)}{M - S} \right] \times 100$$

where, P is the apparent porosity, D is dry mass, M is the saturated mass and S is the mass suspended in water.

After heating, the dry mass (D) of samples was measured using a precision balance. Then, in order to determine the other parameters, the samples were stored in distilled water for 3 days. After impregnation, the saturated mass (M) and mass suspended in water (S) were measured.

Shore D hardness of the samples was also measured using an analogue Shore D hardness tester at room temperature. Three replicates were used.

3. Results and Discussions

3.1. Properties of sepiolite clay

The morphology of sepiolite clay was characterized by SEM. The micrograph presented in Figure 3 clearly shows that it has a fibrous morphology. Sepiolite fibers of various length are observed. This observation is in correlation with the literature (Önal, Yılmaz, & Sarıkaya, 2008), (Yalçın & Bozkaya, 2004).

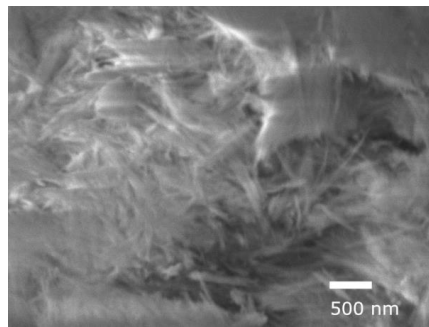


Figure 3. SEM micrograph of sepiolite clay.

The XRD pattern of sepiolite clay is also given in Figure 4. It can be observed that the two main characteristic peaks of sepiolite at $2\theta \approx 7^\circ$ and $2\theta \approx 31^\circ$ are present. This pattern is clearly in correlation with the literature (Moore & Reynolds, 1989), (Önal, Yılmaz, & Sarıkaya, 2008).

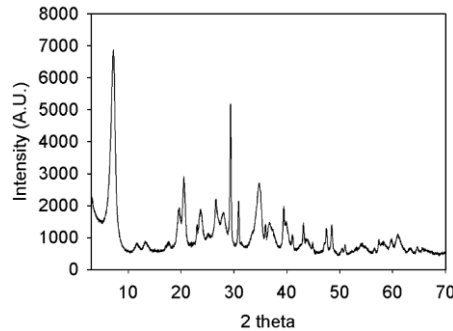


Figure 4. XRD pattern of sepiolite clay.

3.2. Effect of sepiolite clay content on the density of composite samples

As shown on Figure 4, the density of composite samples decreases almost linearly when sepiolite clay content increases. A maximum decrease of 5% is observed for sample containing 20% of sepiolite clay. This result can be expected because as mentioned in Section 2, the filler amount was decreased when the sepiolite clay content was increased in order to ensure that the total volume remains constant. As the density of fillers such as barium sulfate is higher than sepiolite clay, the density of the samples decreases with increasing SP content.

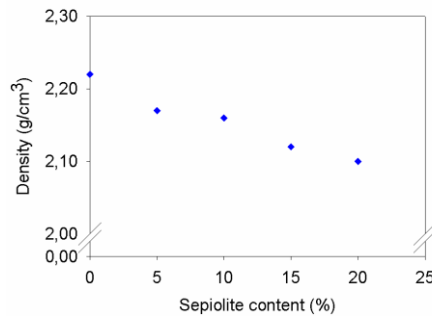


Figure 5. Evolution of the density of composite samples with varying sepiolite content.

3.3. Effect of sepiolite clay content on the porosity of composite samples

The porosity of the samples was characterized using the Archimed principle. The results are presented in Figure 5. According to this figure, the porosity of the samples decreases from 4.47% to 2.05% with increasing SP content until 15% of SP. Then, it rise to 2.81% for 20% of SP. This results are interesting and follow an opposite trend compared to the effect of potassium titanate fibers (Kim, Cho, Kim, & Jang, 2008).

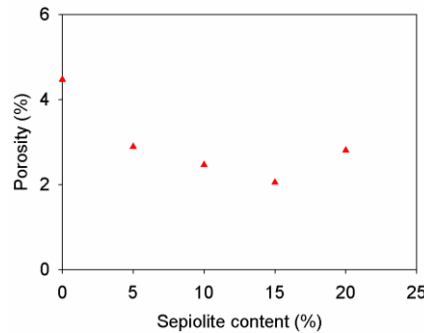


Figure 6. Evolution of the porosity of composite samples with varying sepiolite content.

3.4. Effect of sepiolite clay content on Shore D hardness of composite samples

The Shore D hardness results are gathered in Figure 6. The hardness increases with increasing SP content. This evolution may be attributed to the fibrous morphology of SP. Wannik et al. (Wannik, Ayob, Syahrullail, Masjuki, & Ahmad, 2012) observed the same tendency with samples containing boron friction modifier. Besides Yanar et al. (Yanar, Purcek, & Ayar, 2020) showed that the addition of steel fiber decreases the hardness.

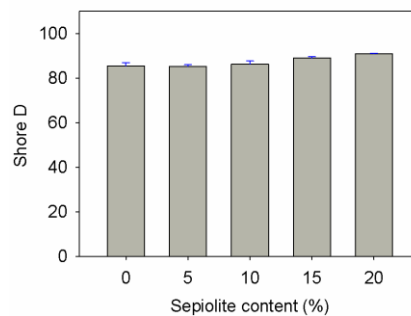


Figure 7. Evolution of the Shore D hardness of composite samples with varying sepiolite content.

4. Conclusion

In this study, effect of sepiolite clay mineral on processing and properties of novolac resin based organic composites for brake pad application was investigated. The main observation are that the hardness increases with increasing sepiolite clay amount. The highest Shore D hardness value was obtained with sample SP20. The density of composite samples decreased with increase in sepiolite clay content. The porosity decreases with increasing sepiolite content until 15% and rises again.

5. Acknowledgements

Metisafe® Cleanroom and Biosafety Systems is acknowledged for its support concerning the fabrication and processing of the samples.

References

- Ali, S., & Joshi, E. (2015). Effect of amount of straight phenolic resin on NVH Properties of a friction material composite. *International Journal of Innovative Science, Engineering & Technology*, 2(2), 489-492.
- Alvarez, A. (1984). Sepiolite: Properties and uses. In A. Singer, & E. Galan, *Developments in Sedimentology - Palygorskite - Sepiolite: Occurrences, Genesis and Uses* (pp. 253-287). Amsterdam - Oxford - New York - Tokyo: Elsevier.
- Ayar, H. (1994). *Disk fren balatalarında bileşimin performansa etkilerinin deneysel incelenmesi*. Master Thesis, Selçuk University.
- Boz, M., & Kurt, A. (2006). The influence of sepiolite content on friction-wear behaviour of bronze based friction materials. *Journal of Polytechnic*, 9(4), 303-310.
- Gopal, P., Dharani, L., & Blum, F. D. (1994). Fade and wear characteristics of a glass-fiber reinforced phenolic friction material. *Wear*, 174, 119-127.
- Han, Y., Tian, X., & Yin, Y. (2008). Effects of ceramic fiber on the friction performance of automotive brake lining materials. *Tribology Transactions*, 51, 779-783.
- Hou, K., Ouyang, J., Zheng, C., Zhang, J., & Yang, H. (2017). Surface-modified sepiolite fibers for reinforcing resin brake composites. *Materials Express*, 7(2), 104-112.
- Kim, Y. C., Cho, M. H., Kim, S. J., & Jang, H. (2008). The effect of phenolic resin, potassium titanate, and CNSL on the tribological properties of brake friction materials. *Wear*, 264, 204-210.
- Lee, E. J., Hwang, H. J., Lee, W. G., Cho, K. H., & Jang, H. (2010). Morphology and toughness of abrasive particles and their effects on the friction and wear of friction materials: A case study with Zircon and Quartz. *Tribology Letters*, 37, 637-644.
- Moore, D. M., & Reynolds, R. C. (1989). X-Ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. New York: Oxford University Press.
- Morshed, M. M., & Haseeb, A. M. (2004). Physical and chemical characteristics of commercially available brake shoe lining materials: a comparative study. *Journal of Materials Processing Technology*, 155-156, 1422-1427.
- Önal, M., Yılmaz, H., & Sarıkaya, Y. (2008). Some physicochemical properties of the white sepiolite known as pipestone from Eskişehir, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 56(5), 511-519.
- Shin, M. W., Cho, K. H., Lee, W. K., & Jang, H. (2010). Tribological characteristics of binder resins for brake friction materials at elevated temperatures. *Tribology Letters*, 38, 161-168.
- Vicente Rodriguez, M. A., Lopez Gonzalez, D., & Banares Munoz, M. A. (1994). Acid activation of a Spanish sepiolite: Physicochemical characterization, free silica content and surface area of products obtained. *Clay Minerals*, 29, 361-367.
- Wannik, W. B., Ayob, A. F., Syahrullail, S., Masjuki, H. H., & Ahmad, M. F. (2012). The effect of boron friction modifier on the performance of brake pads. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 7(1), 31-35.
- Washabaugh, F. J. (1986). EMCOR 66 Ultra-short fibers for asbestos-free friction materials. *SAE Transactions 1986-V95-86*, (pp. 3928-3935).
- Yalçın, H., & Bozkaya, Ö. (2004). Ultramafic-rock-hosted vein sepiolite occurrences in the Ankara Ophiolitic mélange, central Anatolia, Turkey. *Clays and Clay Minerals*, 52(2), 227-239.
- Yanar, H., Purcek, G., & Ayar, H. H. (2020). Effect of steel fiber addition on the mechanical and tribological behavior of the composite brake pad materials. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 724, p. 012018. Cluj Napoca: IOP Publishing.



Histopatoloji Görüntülerde Derin Öğrenme Yöntemleri ile Çekirdek Segmentasyonu

Ertuğrul Mentşe*, Emrah Hançer²

¹ Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6290-9576)

² Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3213-5191)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819409)

ATIF/REFERENCE: Mentşe, E. & Hançer, E. (2020). Histopatoloji Görüntülerde Derin Öğrenme Yöntemleri ile Çekirdek Segmentasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 95-102.

Öz

Histopatoloji organlar, dokular ve hücreler üzerinde oluşan değişikliklerin mikroskop üzerinde incelenmesidir. İncelenmesi gereken dokular, mikro kesiciler tarafından incelenmeye uygun kalınlıkta kesilmektedir. Kesilen dokulara bazı boyama teknikleri uygulanmaktadır. Hematoksilin-Eozin(H&E) yöntemi, en yaygın kullanılan boyama tekniğidir. Hematoksilin, hücre çekirdeklerini mavi tonlarına, eozin ise sitoplazmaları pembe tonlarına boyamaktadır. Boyanan kesitler, uzman tarafından değerlendirilmektedir. Histopatoloji görüntüleri kanser hastalığının tespiti ve kanser durumunun derecelendirilmesi için oldukça önemli rol oynamaktadır. Bu görüntülerdeki çekirdeklerin daha kolay ve başarılı analiz edilmesi için literatürde birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar son zamanlarda derin öğrenmenin semantik segmentasyon alanına odaklanmış ve ilgili yöntemlerle umut verici sonuçlar elde edilmiştir. Her ne kadar çekirdek segmentasyon alanında derin öğrenme yöntemleriyle çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiş olsa da ilgili derin öğrenme mimarilerinin birbiriyle karşılaştırmalı analizini gerçekleştiren kapsamlı bir çalışma literatürde bulunmamaktadır. Bu çalışmada popüler derin öğrenme yöntemlerinden olan U-Net, SegNet, FCN ve DeepLabV3+ olmak üzere dört farklı mimari, çekirdek segmentasyonuna uygulanıp ve gerekli analizler yapılarak en fazla faydayı sağlayan mimariyi ortaya çıkartmak amaçlanmıştır. Çalışmada uygulanan genel çekirdek segmentasyonu metodolojisi üç aşamadan oluşmaktadır: 1) Görüntü verileri eğitilmeden önce CLAHE algoritması ile ön işlemden geçirilip daha kaliteli görüntüler elde edilmeye çalışılmıştır; 2) CLAHE algoritması ile ön işlemden geçirilen görüntü verileri kullanılarak ilgili derin öğrenme mimarisi ile eğitilmiştir; 3) Eğitilen model test görüntüleri üzerinde global doğruluk ve ortalama IOU gibi kriterler kullanılarak geçerleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar için içerisinde birden fazla organın histopatoloji görüntülerini bulunduran MoNuSeg veri seti kullanılmıştır. Gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda, DeepLabV3+ mimarisi diğer mimarilere oranla çok daha kısa sürede işlemini tamamlamış ve diğer mimarilerden gözle görülür ölçüde daha iyi performans elde etmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çekirdek segmentasyon, DeepLabV3+, U-Net, SegNet, FCN, histopatoloji görüntüler.

Nucleus Segmentation with Deep Learning Approaches on Histopathology Images

Abstract

Histopathology is the examination of changes on organs, tissues and cells on a microscope. Tissues to be examined are cut by micro-cutters in a suitable thickness for examination. Some painting techniques are applied to the cut tissues. The Hematoxylin-Eosin (H&E) method is the most commonly used staining technique. Hematoxylin stains cell nuclei in shades of blue, and eosin stains cytoplasm in shades of pink. Stained sections are evaluated by the expert. Histopathology images play an important role in detecting cancer disease and grading cancer status. There exist many studies in the literature to analyze nucleus in these images more easily and successfully. These studies have recently focused on the semantic segmentation area of deep learning and promising results have been obtained using the corresponding methods. Although various works have been conducted with deep learning methods in the field of nucleus segmentation, there is no comprehensive work in the literature that makes comparative analysis of related deep learning architectures. This study aims to apply four different well-known deep learning architectures, which are U-Net, SegNet, FCN, and

* Sorumlu Yazar: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Burdur, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6290-9576, ertugrul.mnts@gmail.com

DeepLabV3+, to nuclei segmentation and determine the most suitable one for this process. The general nucleus segmentation methodology applied in the study consists of three stages; 1) Before training the image data, it is pre-processed with the CLAHE algorithm to obtain better quality images; 2) The pre-processed image data using the CLAHE algorithm is trained with the relevant deep learning architecture; 3) The trained model is verified on test images using criteria such as global accuracy and average IoU. For experimental analysis, MoNuSeg data set containing histopathology images of more than one organ is used. According to the results, DeepLabV3+ architecture completes its operation in a much shorter time than other architectures and achieves a noticeably better performance than the rest of the architectures.

Keywords: Nucleus segmentation, DeepLabV3+, U-Net, SegNet, FCN, histopathology images.

1. Giriş

Görüntü temel olarak çeşitli tonlardaki piksellerin biraraya geldiği bir yapıdır ve teknolojik sistemler tarafından kullanılabilmesi için çeşitli işlemlerden geçirilmesi gerekmektedir. Bu işlemlerden en çok kullanılanlardan birisi de segmentasyon işlemidir. Segmentasyon, bir görüntüdeki her bir pikselin mevcut sınıf etiketlerinden birine sınıflandırma işlemidir. Temel olarak iki çeşit segmentasyon vardır (Garcia-Garcia vd., 2017): 1) Birey (Instance) Segmentasyon: Bir nesneye ait herbir bireyin farklı bir sınıf etiketine atanması işlemidir. Örneğin, bir görüntüde yer alan üç köpeğe üç farklı etiket atanır; 2) Semantik Segmentasyon: Belirli bir nesneye ait bireylere ait piksel aynı sınıf etiketine atanır. Örneğin, bir görüntüde yer alan üç köpeğe aynı sınıf etiketi atanır. Bu çalışmada semantik segmentasyon üzerine yoğunlaşılacaktır.

Semantik segmentasyonun uygulama alanlarından birisi de hematoksilen ve eozin (H&E) boyalı histopatoloji görüntüleridir. Histopatoloji görüntülerinde bazı zorluklarla karşılaşmaktadır. Bunlardan birincisi görüntülerin farklı cihazlarda taranması ve farklı boya markalarının kullanılmasından kaynaklanan renk dağılım farklılıklarıdır. Bir diğeri ise çekirdeklerin tespiti ve segmentasyon işlemidir. Çekirdeklerin tespiti ve segmentasyonu, hastalıkların tanımlanması ve derecelendirilmesi için kullanılacak hücresel morfoloji özelliklerini ve dokuları çıkartmak için önemli rol oynamaktadır. Çekirdekler, kanser derecelendirilmesinde ve hücre sayımında önemli bir parametredir. Ancak çekirdeklerin boyutlarının çeşitlilik göstermesi, iç içe geçmesi, farklı renklerde tanımlanması ve iyi boyanmamış olması tespit ve segmentasyon işlemini oldukça zorlaştırmaktadır. Çekirdek tespit ve segmentasyon işleminde watershed (Zhang vd., 2010), morphology (Park vd., 1998), thresholding (Tobias ve Seara, 2002), k-means (Ray ve Turi, 1999) ve active contour models (ACMs) (Derraz vd., 2004) gibi bilinen klasik yöntemler uygulanmıştır. Ancak ilgili klasik yöntemler ile istenen başarıya tam anlamıyla ulaşılamamıştır.

İlgili klasik yöntemlerin yetersiz kalması sebebiyle son zamanlarda semantik segmentasyon alanında da başarıyla uygulanmaya başlanan derin öğrenme yöntemleri çekirdek tespit ve segmentasyon işleminde araştırmacılar tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Ronneberger ve arkadaşları (Ronneberger vd., 2015), yaptıkları çalışmada biyolojik mikroskopi görüntülerini bölümlere ayırmak için derin öğrenme mimarilerinden olan U-Net'i önerdi. Moeskops ve arkadaşları (Moeskops vd., 2016), yaptıkları çalışmada MR beyin görüntülerinde altı dokuyu, MR göğüs görüntülerinde pektoral kası ve kardiyak BTA'da koroner arterleri içeren çoklu görüntü segmentasyonu için tek bir CNN mimarisinin kullanılmasını önermiştir. Jia ve arkadaşları (Jia vd., 2017), yaptıkları çalışmada histopatoloji görüntülerinde, görüntüden görüntüye segmentasyonu için FCN tabanlı bir yaklaşım önermiştir. Zhou ve arkadaşları (Zhou vd., 2018), çoklu organ tespiti için önerilen bir segmentasyon tekniğinin performans analizini yapmıştır. Roth ve arkadaşları (Roth vd., 2018), yaptıkları çalışmada 3 boyutlu FCN mimarilerini her çoklu organ görüntüsünde arterleri, portal venleri, karaciğeri, dalağı, mideyi, safra kesesini ve pankreası tanımlamak için karın bilgisayarlı tomografisini otomatik olarak segmentlere ayırmakta kullanmıştır. Wang ve arkadaşları (Wang vd., 2018), yaptıkları çalışmada eğitim için iki organ ek açıklaması kullanarak fetal MR(Manyetik Rezonans) görüntülerinde birden fazla organın 2D segmentasyonunu önermektedir. Her ne kadar derin öğrenme yöntemleriyle çekirdek segmentasyonu alanında literatürde çeşitli çalışmalar yapılmış olsa da ilgili yöntemlerin kapsamlı karşılaştırmalı analizini gerçekleştiren bir çalışma henüz bulunmamaktadır.

Bu çalışmanın amacı, mevcut bilinen derin öğrenme mimarilerini kullanarak bir çekirdek segmentasyon metodolojisi oluşturmak ve ilgili mimarilerin çeşitli kriterler üzerinden karşılaştırmalı analizini gerçekleştirmektir. Bu amacı gerçekleştirmek için geliştirilen metodoloji üç aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada görüntülerin CLAHE algoritması (Reza, 2004) ile ön işlemden geçirilerek istenmeyen görüntülerden arındırılması hedeflenmiştir. İkinci aşamada ön işlemden geçirilen görüntülerin semantik segmentasyon alanında başarıyla uygulanan U-NET (Ronneberger vd., 2015), SegNet (Badrinarayanan vd., 2017), FCN (Shelhamer vd., 2017) ve DeepLabV3+ (Chen, Papandreou, vd., 2018) mimarileri ile eğitilmesi hedeflenmiştir. Son aşamada eğitilen modellerin test görüntü verileri üzerinde bazı değerlendirme kriterleri ile analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Kumar ve arkadaşları (Kumar vd., 2017), 2017'de birçok hastaneden topladıkları ve yedi farklı doku türünden oluşan bir veri seti yayımladı. Bu veri seti, 40 kez büyütülmüş H&E boyalı doku görüntülerinde 21.000'in üzerinde elle açıklanmış çekirdek içermektedir. 18 farklı hastaneden, hastanın ve hastalığın durumuna göre özellikleri eklenerek toplanan bu veri seti, açıklamalı çekirdek veri setlerinin en büyük örneklerinden biridir. Veri seti iki parçaya ayrılmıştır:

- 1) *Eğitim Seti:* Birçok eğitim setinde ise hastalardan birden fazla alt görüntü çıkarılmış ve bu da çeşitliliği azalmıştır. Diğer eğitim setlerinden farklı olarak bu eğitim setinde her hastanın sadece tek bir 1000 x 1000 piksellik görüntüsü ve toplamda 30 görüntü bulunmaktadır. Bu da çeşitliliğin artmasına sağlamıştır. Çekirdeklerin açıklamaları XML dosyaları ile belirtilerek üst

üste binen çekirdeklerin kolayca fark edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede çekirdek olan ve çekirdek olmayan bölgelerin ayrılması kolaylaştırılmıştır.

- 2) *Test Seti*: Her bir görüntünün 1000 x 1000 piksel olduğu bu sette toplam 14 görüntü bulunmaktadır. 7 farklı doku türünden oluşan bu set, her biri elle açıklanan 7.223 çekirdekten oluşmaktadır. Eğitim setinden farklı olarak, akciğer ve beyin doku örnekleri bulundurmaktadır.

İlgili veri setine ait bilgiler organlar üzerinden Tablo 1’de sunulmuş olup, bu veri seti ile ilgili yapılan çalışma ve analizlere (Kumar vd., 2020)’ten erişilebilir.

Tablo 1. Veri setindeki eğitim ve test verilerinin dağılımı

Veri kümeleri	Çekirdek	Doku Türleri									
	Toplam	Toplam	Meme	Karaciğer	Böbrek	Prostat	Mesane	Kolon	Mide	Akciğer	Beyin
<i>Eğitim Kümesi</i>	21.623	30	6	6	6	6	2	2	2	-	-
<i>Test Kümesi</i>	7.223	14	2	-	3	2	2	1	-	2	2
Toplam	28.846	44	8	6	9	8	4	3	2	2	2

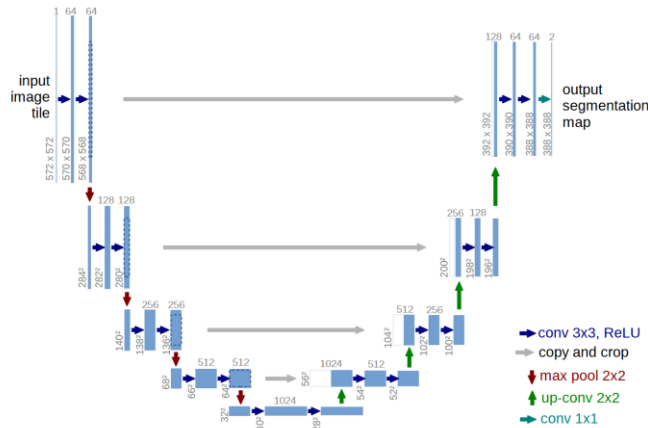
2.2. Semantik Segmentasyon Yöntemleri

Semantik segmentasyon, bir görüntüdeki her pikseli bir sınıf etiketine eşleştirme sürecini ifade eder. Bu sınıf etiketleri, araba, çiçek, mobilya vb. herhangi bir nesneye veya olguya ait olabilir. Semantik segmentasyonu piksel düzeyinde görüntü sınıflandırması olarak da ifade edebiliriz. Örneğin, çok sayıda ağacın bulunduğu bir görüntüde, segmentasyon tüm ağaçları ağaç nesnesi olarak etiketleyecektir. Böylece bir bölgedeki ağaç veya yeşillik alan yoğunluğunu tespit etmek mümkün olacaktır. Başlıca uygulama alanlarından bazıları otonom araçlar, insan-bilgisayar etkileşimi, roboti uygulamalar ve medikal resim analizidir. Örneğin, kendi kendine giden arabalarda ve robotikte semantik segmentasyon çok önemlidir çünkü modellerin çalıştığı ortamdaki bağlamı anlaması önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan başlıca semantik segmentasyon yöntemleri alt bölümlerde ele alınmıştır.

2.2.1. U-Net

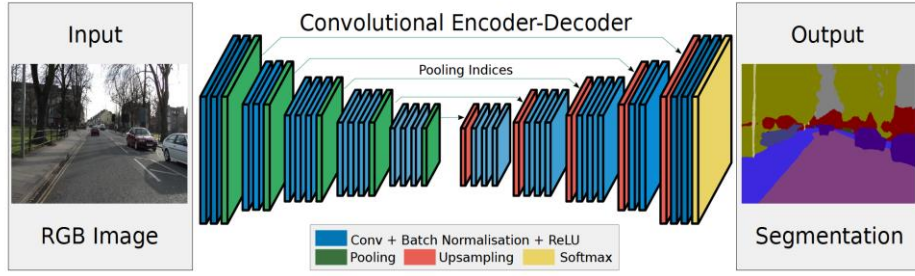
U-Net günümüzde biyomedikal görüntü segmentasyonunda en popüler ve başarılı derin öğrenme modellerinden biridir. Evrişimli sinir ağlarından türetilmiştir. Kodlama ve kod çözme bölümlerinden oluşur. Kodlama kısmı, VGG (Simonyan ve Zisserman, 2015) tarzı evrişimli sinir ağından oluşur. Her bir katmanın 0.1 sızıntı faktörü olan düzeltilmiş doğrusal birimleri (ReLU) kullanıp ve ortaya çıkan görüntünün çözünürlüğünü ikiye katlayıp maksimum havuzlama işleminin tekrarlayarak uygulanmasından oluşur. Maksimum havuzlama adımında dönüştürmelerle özellik kanalı ikiye katlanır. Kod çözme kısmındaysa, özellik kanalını yukarı evrişimin tekrarlanarak uygulanmasından oluşur. Bu adımda özellik kanalının sayısı yarıya iner. 0.1 oranında sızıntı yapan ReLU’larla, karşılık gelen çözünürlük ve iki evrişimli birleştirilir (Livne vd., 2019). İlgin mimari Şekil 1’de sunulmuştur.



Şekil 1. U-net Mimari Yapısı (Ronneberger vd., 2015)

2.2.2. SegNet

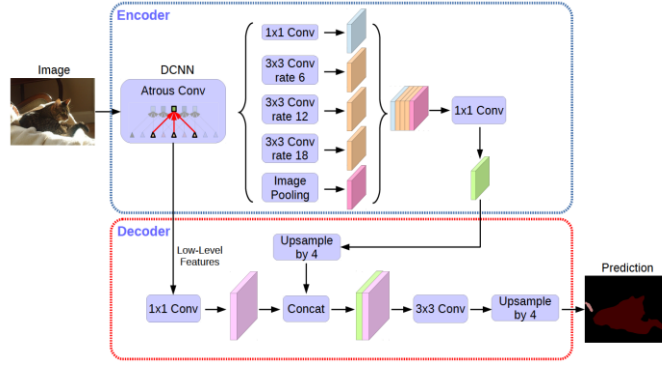
SegNet, piksel açısından semantik segmentasyon için performansı yüksek olan modellerden biridir. SegNetin kodlayıcı kısmı topolojik olarak VGG16’nın evrişimli katmanlarıyla aynıdır (Simonyan ve Zisserman, 2015). SegNet, her kodlayıcıya karşılık kod çözücüye sahip bir kod çözücü ağıdır. Son kod çözücü, her piksel için birbirinden bağımsız olarak sınıflandırma üretir. Bunun için soft-max sınıflandırıcısını kullanır (Badrinarayanan vd., 2017). İlgin mimari Şekil 2’de sunulmuştur.



Şekil 2. SegNet Mimari Yapısı (Badrinarayanan vd., 2017)

2.2.3. DeepLabV3+

İlk hali 2015 yılında Google aracılığıyla Chen ve arkadaşları (Chen et al., 2015) tarafından yayınlanan mimari sürekli geliştirilmektedir. DeepLab, evrişimden önce özellikleri yeniden örnekleme yarayan Boşluklu uzamsal piramit havuzlaması (Atrous spatial pyramid pooling) aracılığıyla nesnelere birden çok ölçekte segmentlere ayırır. Bu, farklı ölçekleri hesaba katmaya yardımcı olur ve doğruluğu artırır. Ardından, özellik haritalarını kademeleri olarak azaltan ve daha yüksek anlamsal bilgileri yakalayan bir kodlayıcı modülü ile uzamsal bilgileri kurtaran bir kod çözücü eklenmiştir. Bununla genişletilen DeepLabV3, son hali olan DeepLabV3+ halini almıştır (Chen, Zhu, vd., 2018). DeepLabV3+ mimarisinin genel şeması Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3. DeepLabV3+ Mimari Yapısı (Chen, Zhu, vd., 2018)

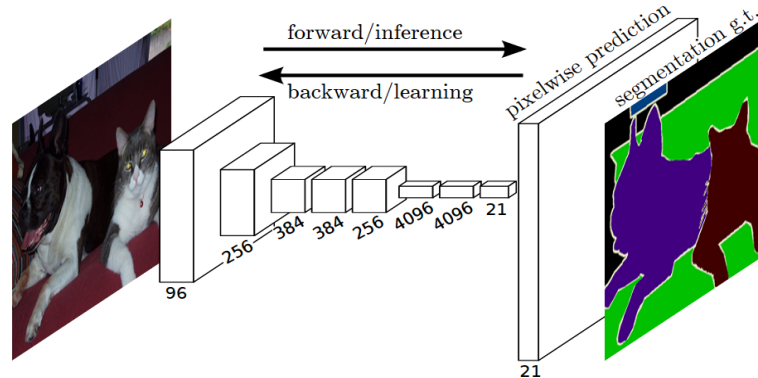
2.2.4. FCN

Bir evrişimli ağdaki her veri, $h*w*d$ boyutunda üç boyutlu diziden oluşmaktadır. Bahsedilen h ve w , uzaysal boyutlar olan yükseklik ve genişliktir, d ise özellik veya kanal boyutudur. İlk katmanda, piksel boyutları h ve w olan, renk kanalı d olan görüntü vardır. 3 farklı biçimde kullanılabilir.

FCN-32: Dönüştürülmüş bir evrişim katmanı aracılığıyla doğrudan conv7 kısmına geçerek segmentasyon haritasını üretir.

FCN-16: pool4 ile conv7'den 2x yukarı örneklenmiş tahmini toplar. Ardından dönüştürülmüş bir evrişim katmanı ile segmentasyon haritası üretir.

FCN-8: pool4 ile 2x yukarı örneklenmiş conv7'yi toplayıp, yukarı örnekleme yapar. Bu örneklemeyle pool3'ü toplar. Ortaya çıkan özellik haritalarına dönüştürülmüş evrişim katmanı uygulandıktan sonra segmentasyon haritasını elde eder. Diğerlerine göre performansı daha yüksektir (Shelhamer vd., 2017). İlginç mimari Şekil 4'de sunulmuştur.



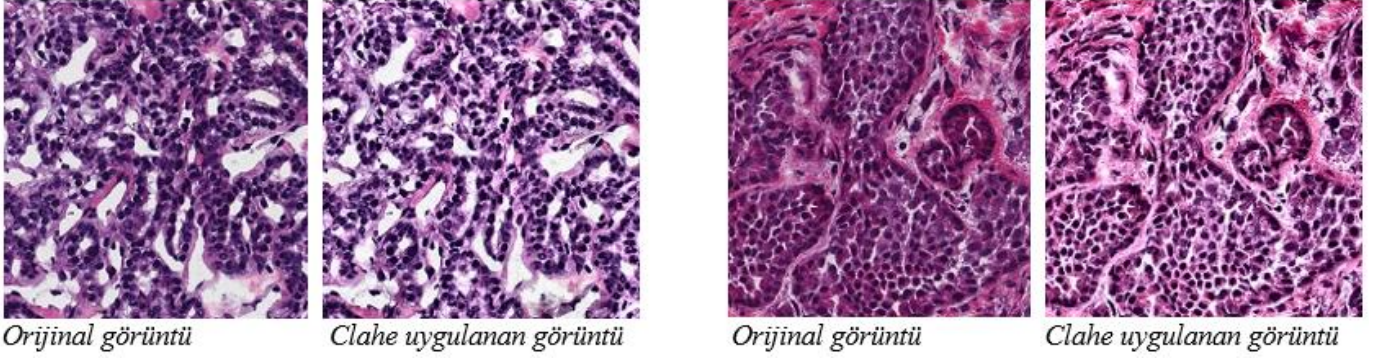
Şekil 4. FCN Mimari Yapısı (Shelhamer vd., 2017)

2.3. Çekirdek Segmentasyon Metodolojisi

Çekirdek segmentasyonu için uygulanan metodoloji ön işleme, eğitim ve değerlendirme olmak üzere üç ön aşamadan oluşmaktadır. İlgili aşamalar sırasıyla alt bölümlerde ele alınmıştır.

2.3.1. Ön İşleme

Ön işleme teknikleri, veri setinde bulunan görüntüler arasındaki istenmeyen farklılıkları ortadan kaldırmak veya veriyi farklı tekniklerle çoğaltmak için uygulanır. Renk ve yoğunluk normalleştirme, bu teknikler arasında oldukça popülerdir. Bu teknikle veri setindeki istenmeyen renk farklılıkları azaltılmaktadır. Bu teknikler arasında, kanal bazında ortalama çıkarma, varyans normalizasyonu (birim varyans) ve piksel değeri aralığı standardizasyonu gibi çeşitli teknikler bulunmaktadır. Bunlarla beraber kontrast artırma-histogram eşitleme teknikleri de kullanılmaktadır. Bu çalışmada da yaygın olarak kullanılan CLAHE (Reza, 2004) tercih edilmiştir.



Şekil 5. CLAHE uygulaması örnekleri

Histogram eşitleme (HE), görüntünün kontrastını artırmak için kullanılan yaygın bir yöntemdir. HE, yüksek hıza sahip olsa da genellikle aşırı artırma ve yerel bilgi kaybına sebep olmaktadır. Uyarlanabilir histogram eşitleme (AHE) ise görüntünün farklı bölümlerine karşılık gelen birkaç histogramı hesaplayarak yerel kontrastı geliştirebilmektedir. Bununla beraber, uzun hesaplama süresi ve görüntü büyümesi gibi dezavantajları vardır. CLAHE, AHE'nin limitleri sınırlandırılmış modelidir. CLAHE, önceden verilen değerde histogramı kırpması sayesinde büyümeyi önler. Kırpılan değeri aşan kısmı atmayıp, histogram üzerinde eşit olarak dağıtmak avantaj sağlar. Şekil 5'te gösterilen örnekte, CLAHE uygulandıktan sonra kontrast artırılmış ve eğitilmeden önce anlaşılması kolaylaştırılmıştır.

2.3.2. Derin Öğrenme

Bu aşamada, CLAHE algoritması ile ön işlemde geçirilen görüntü setlerinden eğitim seti semantik segmentasyonda kullanılan ilgili derin öğrenme mimarileri ile eğitilmiştir. Eğitim aşamasında eğitim ağı seçenekleri için momentumlu stokastik gradyan inişi (sgdm) kullanılmıştır. Seçeneklerde, ilk öğrenme oranı (initialLearningRate) '0,05' olarak, en fazla tur (maxEpochs) '100' olarak, öğrenme oranı planlaması (LearnRateSchedule) 'piecewise' olarak, karıştırma (Shuffle) 'every-epoch' olarak, gradyan eşiği (GradientThreshold) '0,05' olarak, grafik çizici (Plots) 'training-progress' olarak, ayrıntı sıklığı (VerboseFrequency) '20' olarak, MiniBatchSize değeri '1' olarak tercih edilmiştir. Bunların dışındaki seçeneklerin varsayılan değerleri tercih edilmiştir. Unet mimarisinde kodlayıcı derinliği (EncoderDepth) değeri '3' olarak tercih edilmiştir. SegNet mimarisinde kodlayıcı derinliği (EncoderDepth) değeri '4' tercih edilmiştir. DeepLabV3+ mimarisinde ağ olarak 'RESNET18' tercih edilmiştir. FCN mimarisinde model tipi olarak '8s' kullanılmıştır. Sınıflandırma 'çekirdekler' ve 'arkaplan' olarak iki sınıf şeklinde yapılmıştır.

2.3.3. Değerlendirme

Bu aşamada eğitilen ilgili mimarinin test görüntü seti üzerinde geçirme işlemi yapılmaktadır. Performans değerlendirmesi için çalışmada beş farklı değerlendirme kriteri kullanılmıştır:

- 1) Genel doğruluk oranı, sınıftan bağımsız olarak, sınıflandırılan piksellerin toplam piksel sayısına oranını vermektedir.
- 2) Ortalama doğruluk oranı, temel gerçeğe (ground truth) göre doğru sınıflandırılan piksellerin o sınıftaki toplam piksel sayısına oranını göstermektedir. Temel gerçek, veri kaynağı, etiket tanımları, işaretli ek etiket açıklamaları hakkında bilgi içeren bir nesnedir. Doğruluk oranı, piksellerin sınıflara ne kadar iyi tanımlandığını görmek için kullanılmaktadır. Ortalama doğruluk, genel doğruluk oranına benzemektedir fakat yanıltıcı da olabilmektedir. Bu yüzden IoU (Intersection over union) ile birlikte kullanılması tavsiye edilmektedir. Doğruluk oranı formülü Eş. 1'de sunulmuştur.

$$\text{Doğruluk Oranı} = \frac{\text{Doğru Pozitif Sayısı}}{\text{Doğru Pozitif Sayısı} + \text{Yanlış Negatif Sayısı}} \quad (1)$$

- 3) Intersection over union (IoU), Jaccard benzerlik katsayısı olarak da bilinen, en yaygın ölçüm birimlerinden biridir. Doğru sınıflandırılan piksellerin o sınıftaki toplam temel gerçek ve tahmin edilen piksel sayısına oranıdır. Ortalama IoU ise tüm sınıfların ortalama IoU değeridir. Ortalama IoU oranı formülü Eş. 2'de sunulmuştur.

$$IoU = \frac{\text{Doğru Pozitif Sayısı}}{(\text{Doğru Pozitif Sayısı} + \text{Yanlış Pozitif Sayısı} + \text{Yanlış Negatif Sayısı})} \quad (2)$$

- 4) *Ağırlıklı IoU oranı*, her sınıfın Ortalama IoU değerinin, o sınıftaki piksel sayısına göre ağırlıklandırılmasıyla oluşmaktadır.
- 5) *BF (Boundary F1) skoru*, her bir sınıfın tahmin edilen sınırının temel gerçek sınırına ne kadar yakın olduğunu gösterir. Ortalama BF skoruyorsa, sınıfın tüm görüntüler üzerindeki ortalama BF skorudur. BF Skoru formülü Eş. 3'te sunulmuştur.

$$BF \text{ Skoru} = \frac{\text{Doğru Pozitif Sayısı}}{\text{Doğru Pozitif Sayısı} + \frac{1}{2}(\text{Yanlış Pozitif Sayısı} + \text{Yanlış Negatif Sayısı})} \quad (3)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Deneysel çalışmalar Intel Core i7-9750H 2.6 GHz 6 çekirdek işlemci, 16 GB bellek, 240 GB SSD depolama, Nvidia GeForce GTX 1650 grafik kartından oluşan bilgisayarda ve MATLAB platformu üzerinde gerçekleştirilmiştir. Herbir derin öğrenme mimari için ilgili metodoloji toplam 10 defa koşulmuş ve ilgili sonuçlar ortalamaları alınarak genel doğruluk, ortalama doğruluk, ağırlıklı IoU, BF skor ve çalışma süresi cinsinden Tablo 2'de sunulmuştur. İlgili derin öğrenme mimarilerine ait elde edilen görsel sonuçlar ise Şekil 6'da sunulmuştur. Şekil 6'da 14 adet test görüntüsünün içerisinde 7 adet görüntü kullanılmıştır. Bu görüntüler 1000x1000 piksel boyutta oldukları için küçük boyutlara ölçeklendirildiklerinde detaylar gözden kaçmasını engellemek amacıyla görüntüler 400x400 piksel boyutunda (x,y) koordinatlarına göre (0,0) noktalarından kırılmıştır. Bunun ardından görüntüler 3cm olana dek ölçeklendirilmiş ve Şekil 6'da sunulmuştur.

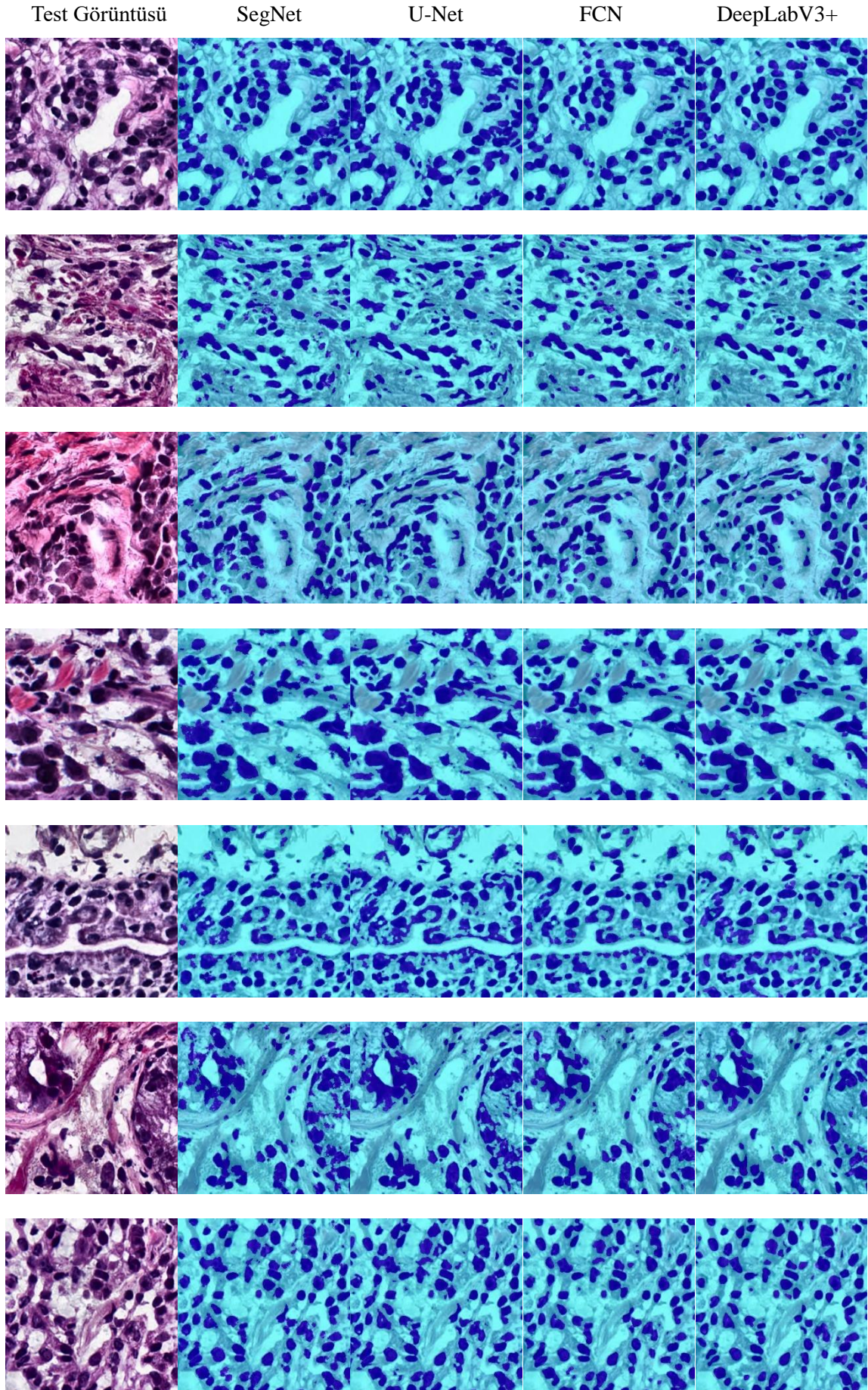
Tablo 2'ye göre, SegNet diğer mimarilerden daha düşük bir performans sergilemiş ve ortalama IoU olarak %70'lerin altında kalmıştır. U-Net ise, SegNet mimarisine göre biraz daha iyi bir performans sergilese de çalışma süresi olarak çok diğer mimarilerden çok geride kalmıştır. FCN mimarisi U-Net ve SegNet mimarilerine göre daha iyi değerler elde etmiş ve çalışma süresi bakımından da kabul edilebilir seviyede işlemini tamamlamıştır. Ancak DeepLabV3+ hem değerlendirme kriterleri hem de çalışma süresi bakımından diğer mimarilerden çok iyi performans göstermiştir. İlgili mimariler arasında genel bir sıralama yapılacak olursa DeepLabV3+, FCN, U-Net ve SegNet şeklinde olduğu görülecektir. Ayrıca Şekil 6'daki görsel sonuçlar değerlendirildiğinde de DeepLabV3+ mimarisi SegNet ve U-Net mimarilerinden daha iyi çekirdek segmentasyonu yaptığı görülmektedir. Bazı çekirdeklerin tespit edilmesinde SegNet ve U-Net mimarileri daha iyi performans gösterse de DeepLabV3+ bulduğu hücreleri arkaplandan ayırmakta ve doldurmakta daha başarılıdır.

Tablo 2. Derin öğrenme mimari sonuçları

Mimariler	Eğitim Süresi (dk.)	Genel Doğruluk	Ortalama Doğruluk	Ortalama IoU	Ağırlıklı IoU	BF Skoru
U-Net	275	0,8735	0,8758	0,7129	0,7940	0,8822
FCN	140	0,8956	0,8635	0,7406	0,8223	0,9063
SegNet	116	0,8644	0,8599	0,6955	0,7811	0,8652
DeepLabV3+	40	0,9155	0,8742	0,7764	0,8509	0,9358

4. Sonuç

Bu çalışmada histopatoloji görüntülerde çekirdek segmentasyonu işlemini gerçekleştiren bir metodoloji önerilmiştir. İlgili metodoloji için dört farklı derin öğrenme mimarisi kullanılmış ve bu mimarilerin birbirleri ile karşılaştırmalı analizi yapılmıştır. İlgili sonuçlar neticesinde %93.58 BF skoru ve %77.64 ortalama IoU değerleriyle dört mimari arasında en başarılı olan DeepLabV3+ olmuştur. Bununla birlikte aynı parametrelerle yapılan eğitimde DeepLabV3+ mimarisi ile diğer mimariler arasındaki eğitim süresinde de çok büyük fark ortaya çıkmıştır. Her ne kadar literatürdeki çalışmalarda biyomedikal görüntülerde U-Net mimarisinin iyi sonuçlar elde ettiği öne sürülmüş olsa da bu çalışmada görüleceği üzere DeepLabV3+ mimarisi U-Net mimarisine alternatif olarak kullanılabilmesi mümkündür. Bundan sonraki çalışmalarımızda DeepLabV3+ mimarisi üzerine bazı geliştirmeler yapmaya çalışarak çekirdek segmentasyon performansını artırılması düşünülmektedir.



Şekil 6. Test görüntülerinin mimarilere göre çıktı örnekleri

Kaynakça

- Badrinarayanan, V., Kendall, A., & Cipolla, R. (2017). SegNet: A Deep Convolutional Encoder-Decoder Architecture for Image Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(12), 2481–2495. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2644615>
- Chen, L. C., Papandreou, G., Kokkinos, I., Murphy, K., & Yuille, A. L. (2015). DeepLab: Semantic Image Segmentation with Deep Convolutional Nets, Atrous Convolution, and Fully Connected CRFs. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 40(4), 834–848. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2017.2699184>
- Chen, L. C., Zhu, Y., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2018). Encoder-decoder with atrous separable convolution for semantic image segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11211 LNCS, 833–851. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01234-2_49
- Derraz, F., Beladgham, M., & Khelif, M. (2004). Application of active contour models in medical image segmentation. *International Conference on Information Technology: Coding Computing, ITCC*, 2, 675–681. <https://doi.org/10.1109/ITCC.2004.1286732>
- Garcia-Garcia, A., Orts-Escolano, S., Oprea, S., Villena-Martinez, V., & Garcia-Rodriguez, J. (2017). A Review on Deep Learning Techniques Applied to Semantic Segmentation. 1–23. <http://arxiv.org/abs/1704.06857>
- Jia, Z., Huang, X., Chang, E. I. C., & Xu, Y. (2017). Constrained Deep Weak Supervision for Histopathology Image Segmentation. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(11), 2376–2388. <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2724070>
- Kumar, N., Verma, R., Anand, D., Zhou, Y., Onder, O. F., Tsougenis, E., Chen, H., Heng, P. A., Li, J., Hu, Z., Wang, Y., Koohbanani, N. A., Jahanifar, M., Tajeddin, N. Z., Gooya, A., Rajpoot, N., Ren, X., Zhou, S., Wang, Q., ... Sethi, A. (2020). A Multi-Organ Nucleus Segmentation Challenge. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 39(5), 1380–1391. <https://doi.org/10.1109/TMI.2019.2947628>
- Kumar, N., Verma, R., Sharma, S., Bhargava, S., Vahadane, A., & Sethi, A. (2017). A Dataset and a Technique for Generalized Nuclear Segmentation for Computational Pathology. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 36(7), 1550–1560. <https://doi.org/10.1109/TMI.2017.2677499>
- Livne, M., Rieger, J., Aydin, O. U., Taha, A. A., Akay, E. M., Kossen, T., Sobesky, J., Kelleher, J. D., Hildebrand, K., Frey, D., & Madai, V. I. (2019). A U-net deep learning framework for high performance vessel segmentation in patients with cerebrovascular disease. *Frontiers in Neuroscience*, 13(FEB), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00097>
- Moeskops, P., Wolterink, J. M., van der Velden, B. H. M., Gilhuijs, K. G. A., Leiner, T., Viergever, M. A., & Išgum, I. (2016). Deep learning for multi-task medical image segmentation in multiple modalities. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9901 LNCS(October), 478–486. https://doi.org/10.1007/978-3-319-46723-8_55
- Park, S. H., Yun, I. D., & Lee, S. U. (1998). Color image segmentation based on 3-D clustering: Morphological approach. *Pattern Recognition*, 31(8), 1061–1076. [https://doi.org/10.1016/S0031-3203\(97\)00116-7](https://doi.org/10.1016/S0031-3203(97)00116-7)
- Ray, S., & Turi, R. H. (1999). Determination of number of clusters in k-means clustering and application in colour image segmentation. *Proceedings of the 4th International Conference on Advances in Pattern Recognition and Digital Techniques*, 137–143.
- Reza, A. M. (2004). Realization of the contrast limited adaptive histogram equalization (CLAHE) for real-time image enhancement. *Journal of VLSI Signal Processing Systems for Signal, Image, and Video Technology*, 38(1), 35–44. <https://doi.org/10.1023/B:VLSI.0000028532.53893.82>
- Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9351, 234–241. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24574-4_28
- Roth, H. R., Shen, C., Oda, H., Oda, M., Hayashi, Y., Misawa, K., & Mori, K. (2018). *Deep learning and its application to medical image segmentation*. 1–6. <https://doi.org/10.11409/mit.36.63>
- Shelhamer, E., Long, J., & Darrell, T. (2017). Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(4), 640–651. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2572683>
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2015). Very deep convolutional networks for large-scale image recognition. *3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015 - Conference Track Proceedings*, 1–14.
- Tobias, O. J., & Seara, R. (2002). Image segmentation by histogram thresholding using fuzzy sets. *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(12), 1457–1465. <https://doi.org/10.1109/TIP.2002.806231>
- Wang, G., Li, W., Zuluaga, M. A., Pratt, R., Patel, P. A., Aertsen, M., Doel, T., David, A. L., Deprest, J., Ourselin, S., & Vercauteren, T. (2018). Interactive Medical Image Segmentation Using Deep Learning with Image-Specific Fine Tuning. *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 37(7), 1562–1573. <https://doi.org/10.1109/TMI.2018.2791721>
- Zhang, X., Shan, Y., Wei, W., & Zhu, Z. (2010). An image segmentation method based on improved watershed algorithm. *Proceedings - 2010 International Conference on Computational and Information Sciences, ICCIS 2010*, 1(4), 258–261. <https://doi.org/10.1109/ICCIS.2010.69>
- Zhou, X., Yamada, K., Takayama, R., Zhou, X., Hara, T., Fujita, H., Wang, S., & Kojima, T. (2018). *Performance evaluation of 2D and 3D deep learning approaches for automatic segmentation of multiple organs on CT images*. 10575, 83. <https://doi.org/10.1117/12.2295178>



Ses Telleri Görüntülerinde Otomatik Piksel Tabanlı Sınıflandırma için Performans Ölçütlerinin İncelenmesi

Ayşenur Yılmaz^{1*}, Yaşar Said Derdiman², Turgay Koç³

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2858-2412)

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7266-0417)

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4846-7772)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819463)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, A., Derdiman, Y. S. & Koç, T. (2020). Ses Telleri Görüntülerinde Otomatik Piksel Tabanlı Sınıflandırma için Performans Ölçütlerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 103-110.

Öz

Son yıllarda yapılan konuşma sistemi ile ilgili sorunların tespit edilmesinde ve konuşma analizinde gelişen teknolojinin getirdiği imkanlar sayesinde ses tellerinin yüksek hızlı görüntüleri yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu yüksek hızlı görüntüler konuşmacının ses tellerinin vibrasyonu ile ilgili detaylı bilgiler içerir. Fakat verinin büyüklüğü göz önüne alındığında bu görüntülerin manuel olarak işlenmesi mümkün görünmemektedir. Bu nedenle son yıllarda geliştirilen otomatik görüntü işleme algoritmaları ile ses telleri görüntülerinden glottis tespiti ve bölütlenmesi popüler hale gelmiştir. Bu çalışmada literatürdeki çalışmalardan farklı olarak ses telleri görüntülerinin piksel tabanlı otomatik sınıflandırılabilirliği için kullanılabilir olan doğruluk, keskinlik (hassasiyet), geri çağırma, F1 skoru ve eşit hata oranı performans ölçütleri incelenmiştir. Bununla birlikte literatürdeki piksel tabanlı sınıflandırma modeli olan derin yapay sinir ağı temel sistem olarak alınarak yeni önerilen Gauss Karışım Modeli tabanlı sistem ile kıyaslanmıştır. Boyutları 256x256 olan manuel olarak bölütlenmiş 3000 adet yüksek hızlı endoskopik kamera görüntüsü rasgele olarak eğitim, geliştirme ve değerlendirme veri setlerini oluşturmak için kullanılmıştır. Veri seti ile eğitilen modellerin, geliştirme ve değerlendirme setleri ile yapılan çalışmalar sonucunda ikili sınıflandırmada yaygın olarak kullanılan doğruluk, keskinlik, geri çağırma ve F1 skoru ölçütlerinin modelden modele yaklaşık sadece %1 oranında değiştiği ve bu sonuçların sistem performansını yansıtmada konusunda, aynı durumda % 22 değişim gösterebilen eşit hata oranı kadar etkili olmadığını göstermiştir. Bu çalışmanın sonucunda sistemlerin doğruluk değerleri aynı kalsa bile eşit hata oranı farkları değişebilmekte, bu nedenle aşırı uydurulmuş sistemlerin daha doğru kestirilebildiği gösterilmektedir. Temel sistem ile önerilen modeller karşılaştırıldığında, önerilen sistem 4096 karışımli Gauss Karışım Modeli, kullanılan bütün performans ölçütleri için en iyi sonucu vermiş olup, değerlendirme setindeki eşit hata oranı için %22'lik bir performans iyileştirmesi göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Veri işleme ve tanıma, Konuşma işleme, Makine öğrenmesi.

Analysis of Performance Metrics for Automatic Pixel-Based Classification in Vocal Cord Images

Abstract

In recently years, thanks to the opportunities brought by the developing technology, high-speed images of the vocal cords have been started to widely use in detection of problems with the speech system and analysis of speech. These high-speed images contain detailed information about the vibration of the speaker's vocal cords. However, considering the size of the image data, it does not seem possible to manually process these images. For this reason, glottis detection and segmentation from vocal cord images has become popular with the development of automatic image processing algorithms in recent years. Unlike the other literature studies, in this study, the accuracy, precision (sensitivity), recall, F1-score and equal error rate performance criteria are examined used to automatically classify vocal cord images based on pixels. In addition to this, deep artificial neural network, that pixel classification based model in the literature, has been compared with the newly proposed model Gaussian Mixture Model. 3000 high speed endoscopic camera images manually segmented with dimensions 256x256 pixels were used to generate training, development and evaluation data sets of randomly. As a result of the studies conducted with the validation and evaluation sets of models trained with the data set, the accuracy, precision, recall and F1 score

* Sorumlu Yazar: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye ORCID: 0000-0003-2858-2412, aysenryilmaz357@gmail.com

criteria, which are commonly used in binary classification, changed only by 1% from model to model. And this result has shown that other performance metrics are not as effective as equal error rate that reflecting the system 22% change in the same situation. As a result of this study, even if the accuracy values of the systems remain the same, equal error rate differences may change, therefore it has been shown that overfitted systems can be predicted more accurately. Comparing the models proposed with the based system, the proposed system gave the best result for all performance criteria using the 4096 component Gaussian Mixture Model, and it is showed a performance improvement of 22% for the equal error rate in the evaluation set.

Keywords: Data processing and recognition, Speech processing, Machine learning.

1. Giriş

İnsanın en temel iletişim aracı olan konuşma üretim sisteminin analizi ve konuşmadaki bozuklukların incelenmesinde ses tellerindeki vibrasyonun değişiminin önemli bir yeri vardır. Ses tellerinin vibrasyonundaki bozukluklar, fonksiyonel disfoni, parezi (ses telleri kısmi felci), vokal polip ve nodüller, gırtlak kanseri ve larenjit (ses telleri iltihabı) gibi hastalıklardan kaynaklanabilir.[1-3] Ses üretim mekanizmasını ve ses bozukluklarının klinik teşhisini anlamayı amaçlayan çalışmalarda öncelik, ses telleri (vokal kord) titreşiminin özelliklerini iyi tanımak ve bu özelliklerin doğru biçimde yorumlanabilmesidir. Ayrıca bu görüntüler konuşma analizi içinde kaynak olarak kullanılmaktadır. Ses tellerinin vibrasyonunu incelemek için yapılan çalışmalarda son yıllarda yüksek hızlı endoskopik kameralarla alınan görüntüler kullanılmaktadır.[4-6] Bu görüntüler bir hastanın ses tellerinin titreşiminin bir periyodunun yakalanmasını ve ses telleri titreşimlerinin ölçümünü sağlar.[7] Ses telleri normal konuşma esnasında 70-400 Hz frekans aralığında titreşirler. Klinik ses analizinde kullanılan HSV sistemleri bir periyot içerisinde ses tellerinin frekansına göre her bir periyotta en az 10 kare görüntüleme yapabilir ve özellikle düşük frekansta olan erkek ses tellerinin bir periyodunu detaylı yakalayabilmek için yeterli hıza sahiptir.[8,9]

Genellikle HSV görüntüleri incelenirken ilk aşamada ilgi bölgesi (İB) belirlenir, ardından İB içerisinde bölütleme işlemi gerçekleştirilir. [7] İB belirlenmesinde literatürde ilk başvurulan yöntem manuel yapılması, el ile seçilmesidir. [10-12] Diğer bir yöntem ise başlangıç bölgesinin manuel olarak seçilip, sonraki analizler için bölgenin otomatik adapte edilmesidir. Bu yöntemlerde İB otomatik izlenmesi için hareket kestirimi, kök noktaları, toplam yoğunluk değişimi gibi algoritmalar kullanılmaktadır. [13-14] İB'nin otomatik olarak belirlenmesi için yapılan çalışmalarda ise toplam yoğunluk değişimi, hareket kestirimi gibi yöntemlerinin yanında son zamanda derin yapay sinir ağları tabanlı yöntemler kullanılmaya başlanmıştır. [15-18] Ses tellerinin vibrasyonu sırasında ses tellerinin olduğu bölgedeki yoğunluk değerlerinin zamandaki değişimi genellikle büyük olmaktadır. Bu değişimin mutlak olarak ölçülüp ortalaması alınarak İB bölgesinde yüksek değerler elde edip daha sonra elde edilen bu iki boyutlu değişim haritası veya diğer ismiyle Toplam Değişim Resmi (Total Variation Image) otomatik bulunan eşik değerler ile ikili resme dönüştürülerek ilgi bölgesinin kestirimi gerçekleştirilebilmektedir. [19] Fakat bu yöntem, ses tellerinin sürekli olarak vibrasyon yaptığı durumlarda kullanılabilir. Ses tellerinin hareket etmediği durumlarda İB'yi belirleyebilmek için makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri kullanılabilir. Makine öğrenmesi kullanılarak yapılan bir yöntemde İB'nin belirlenmesi için glottisteki yerel renk ve şekil bilgisi kullanılmıştır. Eğitim, tanıma ve bölütleme modüllerinden oluşan bu sistemde 60 farklı glottis şekli manuel olarak tespit edilmiş ve bir dizi tanımlayıcılar hesaplanarak glottis bölgesi tespit edilmesinde kullanılmıştır. Elde edilen bölge glottisin sonraki framelede İB içinde kalması için otomatik izlenmiştir. Bu yöntemin çok sayıda blok içermesi ve glottis için farklı şekiller belirlemede kullanıcı üzerindeki yükünden dolayı karmaşık ve getirdiği iş yükü yüksektir. [20] Daha farklı olarak yakın zamanda glottis lokasyonunu otomatik belirlemek ve bölütlemek için yapılan çalışmada RGB renk kanallarını öznelik çıkarımında kullanarak, çok katmanlı derin yapay sinir ağı eğitim ilgi bölgesi bir sınıflandırma problemi olarak ele alınmıştır. Glottal bölge renginin ve çevresinin glottal bölgenin dışından farklı bir desene sahip olduğu bilgisi kullanılarak HSV görüntüleri 3×3 lük parçalara ayrılıp her bir parçanın orta noktasındaki pikselin glottis olup olmamasına göre bir etiket bilgisi oluşturulup RGB kanallarından gelen her biri 9×1 'lik vektörlere dönüştürülmüş 3×3 lük görüntü verisinden 27×1 'lik öznelik vektörü oluşturularak 4 katmanlı 128 nöronlu bir DNN (Deep Neural Network) modeli Doğruluk (Accuracy) metriği esas alınarak eğitilmiş ve %65 performans elde edilmiştir.[15]

Bu çalışmanın amacı piksel tabanlı sınıflandırma ile HSV görüntü işlemede Doğruluk (Accuracy) yanında Eşit Hata Oranı (Equal Error Rate), Hassasiyet (Precision), Geri Çağırma (Recall) ve F1- Skoru ölçütlerinin lokalizasyon performansı açısından kullanımını incelemek ve DNN ile önerilen Gauss Karışım Modeli (Gaussian Mixture Model-GMM)'ni kıyaslamaktır. Bu makale dört bölüm şeklinde düzenlenmiştir. Bölüm 2' de çalışmanın yöntemi, oluşturulan öznelikler, kullanılan sınıflandırma modelleri ve performans ölçütleri hakkında detaylı bilgiler verilecektir. Bölüm 3' de, veri setinin hazırlanması ve yapay sinir ağı modellerinin eğitim aşamasından bahsedilecektir. Bölüm 4 'de eğitim, geliştirme ve değerlendirme aşamalarından elde edilen performans ölçütleri baz alınarak yapay sinir ağı modelleri ve Gauss karışım modeli kıyaslaması yapılacaktır. Bölüm 5' de ise çalışma sonuçlarına göre bir yapay sinir ağı modelinin performans başarısında esas alınması gereken performans ölçütü üzerinde durulacaktır.

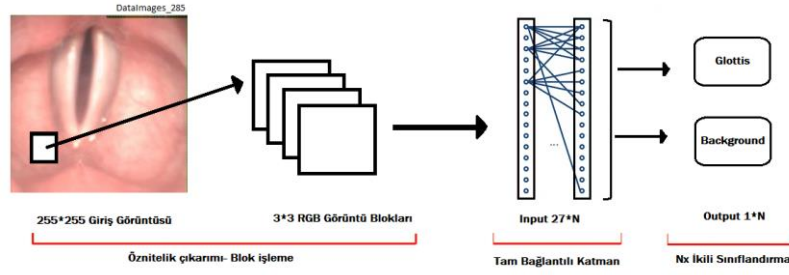
2. Yöntem

Bu çalışmada HSV görüntü işleme için piksel sınıflandırma tabanlı bir sistem kullanılmıştır. Sistemin ilk aşamasında HSV görüntülerinden öznelik çıkarılmış, ardından HSV görüntüleri öznelikleri kullanılarak glottis veya arka plan olacak biçimde ikili sınıflandırılmıştır.

2.1. Öznelik Çıkarımı

Bu çalışmada kullanılan öznelikler RGB renk kanallarından elde edilmiştir. [15] 'de yapılan çalışmada olduğu gibi HSV görüntüleri her bir 3×3 'lük parçalardan elde edilmiş 1×9 'lük RGB bileşenlerinin birleştirilerek 1×27 'lik öznelik vektörü oluşturulmuştur. Birbirleriyle örtüşmeyen görüntü üzerindeki 3×3 'lük bütün parçalar $N \times 27$ 'lik bir veri seti oluşturacak biçimde birleştirilir. Öznelik çıkarımı Şekil 1'de sol tarafta gösterilmiştir. Veri setinde kullanılan bütün pikseller için 3×3 'lük parçanın orta

noktasındaki pikselin etiketi glottis ise 1 arka plan ise 0 olacak biçimde oluşturulmuştur. Bu öznitelik ve etiket bilgisi DNN ve GKM modellerinin eğitimi ve değerlendirilmesi için kullanılmıştır.



Şekil. 1 Önerilen çerçeve. Glottis lokalizasyonu için izlenen adımların gösterimi: ön işleme, bloklama, eğitim aşaması, test

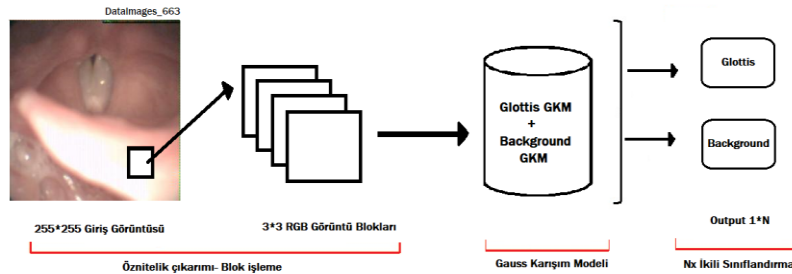
2.2. Sınıflandırma Modelleri

2.2.1. Yapay Sinir Ağı Modelleri

Bu çalışmada [15]' de Rao vd., tarafından kullanılmış 4 katmanlı-128 nöronlu-relu aktivasyonlu ve sigmoid çıkış fonksiyonlu derin yapay sinir ağı modeli (DNN) temel sistem olarak seçilmiştir. Temel sistem 27 boyutlu öznitelik vektörünü giriş olarak alıp çıkışta ilgili pikselin glottis mi arka plan mı olduğuna dair 0 ile 1 arasında skor üretmektedir. Temel sistemin diğer kendi alt kümesi olan 1-2-3 gizli katmanlı, 32-64-128-256 nöronlu ve aktivasyon için relu, selu, tanh kullanan [21] toplamda temel sistem ile birlikte 37 sinir ağı modeli kullanılmıştır. Bu modeller içerisinde eğitim ve geliştirme setlerinde başarıları en yüksek olanlar 1 gizli katman-128 nöron-selu modeli temel DNN sistem ile beraber çalışmanın devamında ölçütler ile birlikte analiz için kullanılmıştır. Şekil 1'de öznitelik vektörüyle yapay sinir ağının etkileşimi gösterilmektedir.

2.2.2. Gauss Karışım Modeli

HSV görüntülerinde glottis ve arka plandan elde edilen öznitelik vektörlerinin olasılık dağılımı Gauss karışımı olarak düşünülebilir. Bu yaklaşımla öznitelik vektörleri sınıflarına göre ayrılarak glottis ve arka plan için ayrı ayrı 1024, 2048 ve 4096 karışım bileşenine sahip GKM modelleri kullanılmıştır. GKM' ler için gerekli olan ortalama vektörü ve kovaryans matrisleri EM(Expectation Maximisation) algoritması ile eğitim seti kullanılarak belirlenir.[22] Elde edilen GKM modellerinin çıktuları geliştirme ve değerlendirme setleri ile detaylı performans analizi için kullanılır. Önerilen GKM modeli Şekil 2' de gösterilmektedir.



Şekil. 2 Önerilen Gauss Karışım Modeli ile HSV sınıflandırma sistemi

2.3. Performans Ölçütleri

Bu çalışmada sistemlerin performanslarını kıyaslamak amacıyla ikili sınıflandırma problemlerinde sıklıkla kullanılan ölçütlerden Doğruluk (Accuracy-ACC), Hassasiyet (Precision-PR), Geri Çağırma (Recall- R), F1- Skoru ve Eşit Hata Oranı (Equal Error Rate-EER) kullanılmıştır. Bu ölçütlerin hesaplanmasında ikili sınıflandırma sistemi sonucunda meydana gelen şu durumlar kullanılır.

Doğru Pozitif (True Positive-TP) : Sınıflandırma sonucunda referans pozitif piksellerin kaç tanesinin doğru bulunduğunu belirtir. Bu çalışmada pozitif piksellerin glottise ait olduğu kabul edilmiştir.

Doğru Negatif (True Negative-TN) : Sınıflandırma sonucunda referans arka plana ait piksellerin kaç tanesinin doğru bulunduğunu belirtir.

Yanlış Pozitif (False Positive-FP) : Sınıflandırma sonucunda referans arka plan piksellerin kaç tanesinin glottis olarak bulunduğunu belirtir.

Yanlış Negatif (False Negative-FN) : Sınıflandırma sonucunda referans pozitif piksellerin kaç tanesinin arka plan olarak bulunduğunu belirtir.

Referanstaki toplam glottis piksel sayısı TP+FN, arka plan piksel sayısı TN+FP olarak ifade edilebilir.

2.3.1. Doğruluk

Doğruluk arka plan ve glottis piksellerinin ne kadarının doğru sınıflandırıldığını gösterir ve şu şekilde hesaplanır:

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

ACC 0 ile 1 aralığında değer alır. ACC 1'e yaklaştıkça doğru sınıflandırılmış piksel sayısı artar. ACC ölçütü verisetinin dengeli dağılımı durumunda sistem performansını daha iyi yansıtmaktadır. Fakat dengesiz veri setinde yani sınıf örnek sayıları arasında büyük farklar olması durumunda ACC ölçütü bölütleme performansını doğrudan temsil edemeyebilir. Örneğin HSV görüntülerinde genellikle glottis bölgesi arka plana göre çok daha küçüktür. Eğer glottis bölgesi resmin onda birini oluşturursa ve sistem glottis piksellerinin hepsini yanlış tahmin ederse ACC 0.9 gibi çok büyük bir değer alabilir. Bu gibi durumlarda hassasiyet ve geri çağırma ölçütleri bölütleme performansını daha doğru yansıtmaktadır.

2.3.2. Hassasiyet

Bu çalışmada glottis olarak sınıflandırılan piksellerin gerçekte glottis olma ihtimalini gösterir. Aşağıdaki gibi denklem ile ifade edilir:

$$PR = \frac{TP}{TP+FP} \quad (2)$$

PR 'nin artması arka plan piksellerinin glottis olarak sınıflandırılmasını önler, FP 'nin azalmasını sağlar. Bu nedenle düşük PR' a sahip HSV görüntülerinde arka plan üzerinde sahte glottis bölgeleri belirebilir. Daha yüksek performans için PR' nin daha büyük olması istenir.

2.3.3. Geri Çağırma

Bu çalışmada glottis olarak sınıflandırılan piksellerin ne kadarının doğru olarak tahmin edildiğini gösterir. Aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$R = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

Geri çağırma glottis bölgesi içinde yanlış tahmin edilen glottis piksellerinin büyüklüğü hakkında bilgi verir. R oranının 1 olması glottisin tamamen doğru olarak sınıflandırıldığını gösterir ancak PR düşük ise glottisin haricinde farklı yerlerde sahte glottis bölgeleri oluşur. Bu nedenle PR ve R birbirinden bağımsız değerlendirilemez. İdeal bir sistem için PR ve R 1 olmalıdır.

2.3.4. F1 Skoru

F1 skoru, PR ve R'nin etkisini birleştirmek amacıyla, PR ve R 'nin harmonik ortalaması olarak tanımlanmıştır. F1-skor ölçütü, Denklem (4) ile ifade edilir.

$$F1 = 2 \frac{PR \cdot R}{PR + R} \quad (4)$$

PR ve R değerlerinden biri çok küçük değil ise F1 bölütleme performansı ile ilgili önemli bilgi verir. F1 değeri 0-1 aralığında olup 1'e yaklaştıkça performansın arttığını gösterir.

2.3.5. Eşit Hata Oranı

Eşit hata oranı (EER) sistem çıkışında glottis için yapılan hata olasılığı, sahte glottis piksel olasılığı (Pfa) ile arka plan için yapılan hata oranının (PM) birbirine eşit olması durumunu ifade eder. Bu amaçla glottis ve arka plan pikselleri için sistemlerin verdikleri skorlar bir eşik değeri belirlenerek değerlendirilir. Glottis için yapılan hata olasılığı $Pfa(\theta) = 1 - R(\theta)$ ile arka plan için yapılan hata olasılığı $PM(\theta) = FP(\theta) / (FP(\theta) + TN(\theta))$ ' nin birbirine eşit olduğu eşik değeri, θ , optimizasyon ile belirlenir. Burada elde edilen θ değeri HSV görüntüsünün ikili forma dönüştürülmesinde kullanılır. EER hatalı glottis olasılığını belirlemektedir. Hatalı glottis olasılığı EER küçüldüğünde sıfıra yaklaşır dolayısıyla PR 1'e yaklaşır. Aynı şekilde hatalı arka plan olasılığı da sıfıra yaklaştığı için R' de 1'e yaklaşır. Bu nedenle en küçük EER'ye sahip sistem daha başarılı performans gösterebilir.

3. Yapılan Çalışmalar

3.1 Veri Setinin Hazırlanması

Bu çalışmada IRCAM HSV görüntü veritabanı kullanılmıştır. [23] Veri tabanında 256x256 boyutunda 10 farklı videodan her birinden eşit olmak üzere 3000 görüntü seçilmiş ve geliştirilen uygulama ile manuel olarak bölütlenmiştir [19]. Veri tabanı 3x3 'lük RGB parçalarına ayrılabilmesi için genellikle arka plan olan 1. satır ve 1. sütuna ait RGB değerleri çıkarılarak 255x255 'lik boyuta indirilmiştir. Her kanala ait 255x255 'lik görüntüler 3x3'lük parçalara ayrıldıktan sonra her bir resim için 7225x27 boyutunda öznelik verisi elde edilmiştir. Aynı anda referans bölütlenmiş görüntü kullanılarak 7225x1'lik etiket vektörü oluşturulmuştur. HSV görüntülerinde glottis büyüklüğü arka plana göre genellikle çok küçük olduğu için veri seti dengeli değildir. Bu nedenle eldeki veri seti dengeli eğitim ve geliştirme seti yapılabilmesi için veri tabanından 70000 glottis piksele ait öznelik vektörü ile 70000 arka plan piksele ait öznelik vektörü rasgele seçilerek eğitim seti oluşturuldu. Benzer biçimde 35000 glottis için 35000 arka plan için rasgele seçilen vektörler geliştirme seti için kullanıldı. Kalan diğer verilerden rasgele seçilen daha dengesiz 1 milyon piksele ait veri değerlendirme setini oluşturmak için kullanıldı.

3.2 Yapay Sinir Ağı Modellerinin Eğitilmesi

Eğitim için hazırlanan veri seti derin ve sığ yapay sinir ağı modellerinin eğitiminde kullanılmıştır. Derin ve yapay öğrenme modellerinin eğitiminde keras- tensorflow kütüphanesi kullanılmıştır. [24] Eğitilen modellerin derlenmesinde kaybı küçültmek için ikili etiketli verisetlerinde tercih edilen ikili çapraz entropi (binary_crossentropy) fonksiyonu tercih edilmiştir. Sinir ağı modelleri geri yayılım algoritması ile eğitildi. Optimizasyon algoritması olarak öğrenme oranı 1e-08 olarak ayarlanan "ADAM" kullanılmıştır. [25] Eğitim ve geliştirme süreçleri boyunca izlenecek ölçüt olarak ACC kullanılmıştır. Eğitim esnasında modele verilen her 32 verilik yığın için tahmin edilen değer ile gerçek değer arasındaki fark hesaplanarak modelin ağırlıkları öğrenilmiştir. Eğitim verisetinin eğitimi tamamlanınca ağırlıklar modelin daha önce hiç görmediği geliştirme veriseti üzerinde test edilerek aşırı uydurma olup olmadığı incelenmiştir. Modeller aşırı uydurma olmayacak biçimde seçilmiştir. Sistem çıkışı θ ile eşiklenerek glottis için 1 arka plan için 0 olacak biçimde belirlenmiştir.

3.3 GKM Modellerinin Eğitilmesi

Gauss karışım modellerinin eğitiminde, eğitim setinde bulunan glottis ve arka plan örnekleri ayrı ayrı kullanılmıştır. Glottis öznelikleri ile glottise ait bir GKM, arka plan öznelikleri ile arka plana ait bir GKM, EM algoritması ile eğitilmiştir. GKM'deki karışım sayısı olarak 1024, 2048 ve 4096 seçilmiştir. Seçilen bu Gauss dağılımların kovaryans matrisi için tam, küresel ve köşegen matris ayrı ayrı seçilmiştir. Eğitilen bu sistemlerin verdikleri olasılık değerlerinin logaritması alınmış ve bunların farkı alınarak log ihtimal oranı (log likelihood ratio-LLR) hesaplanmıştır. Sistem çıkışı $LLR > \theta$ için 1 diğer durumlar için ise 0 olarak karar verilmiştir. Sistemin performansı θ ile değişmektedir. Bu çalışmada EER'yi sağlayan θ değeri kullanılmıştır.

4. Çıktılar ve Tartışma

Yapay sinir ağı tabanlı modeller eğitim seti ile eğitilmiş ve geliştirme seti üzerinde doğruluklarına bakılarak performansları ölçülmüştür. Eğitilen 37 modelden en başarılı modeller olan temel sistem 4-128-relu DNN modeli ve 1-128-selu olan SNN sığ modeli ileri analiz için seçilmiştir.

GKM tabanlı sistemler eğitim seti ile eğitilmiş bu sistemlerden tam kovaryans matrisine sahip olanlar, aşırı uydurma sebebiyle düşük performans göstermiştir. Bu nedenle ileri analiz için sadece küresel kovaryans GKMs ve köşegen kovaryans GKMd modelleri seçilmiştir.

Eğitim, geliştirme ve değerlendirme setleri ile seçilen GKM, DNN ve SNN modellerine giriş olarak verildi. Sistem çıktıları EER'yi sağlayan θ değerini belirlemek için analiz edildi. Belirlenen θ değerinde veri setleri sınıflandırılarak EER, PR, R, F1 ve ACC ölçütleri hesaplanarak sonuçlar elde edildi. Eğitim, geliştirme ve değerlendirme setleri üzerindeki performans ölçütlerine ait değerler sırasıyla Tablo 1, Tablo 2 ve Tablo 3'te gösterilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde modeller eğitim seti üzerinde 0.95 ile 0.98 aralığında doğruluk değerine sahiptir. Benzer biçimde PR, R, F1 ölçütleri de aynı şekilde oluşmuştur. Burada bu ölçütler arasında yüzde yüz bir korelasyon görülmektedir. Diğer taraftan sistemlerin EER değerleri daha farklı bir biçimde oluşmuş ve DNN için en yüksek değer olan 4.92, GKMd-4096 için en düşük değer olan 1.60 değeri gözlenmiştir. Tablo 1'deki sonuçlara göre PR, R, F1 ve ACC ölçütlerinden sadece bir tanesini performans incelemek için kullanmak yeterlidir. Ancak dikkat edilirse sistem performanslarındaki değişim bu ölçütlerin her birinde aynı olup minimum düzeydedir. Elde edilen 0.95-0.98 değer aralığı model seçimi için 1.60 ile 4.92 arasındaki EER ile kıyaslandığında önemli derecede küçüktür. EER glottis ve arka plan için sistemin eşit hata yaptığı durumu ifade eder. Bu nedenle EER küçüldükçe ACC, PR, R ve F1 değerleri doğru orantılı olarak yükselecektir. Bu sebepten EER diğer ölçütlerinde bilgilerini taşımaktadır. En küçük EER'ye sahip sistem daha başarılı performans gösterir.

Tablo 1 - Eğitim Seti Performansı					
YÖNTEM	% EER	Kesinlik (PR)	Geri Çağırma (R)	F1 Skoru	Doğruluk (ACC)
SNN	4.55	0.95	0.95	0.95	0.95
DNN	4.92	0.95	0.95	0.95	0.95
GKMs-1024	4.08	0.96	0.96	0.96	0.96
GKMd-1024	3.58	0.96	0.96	0.96	0.96
GKMs- 2048	3.16	0.97	0.97	0.97	0.97
GKMd-2048	2.53	0.97	0.97	0.97	0.97
GKMs-4096	2.09	0.98	0.98	0.98	0.98
GKMd-4096	1.60	0.98	0.98	0.98	0.98

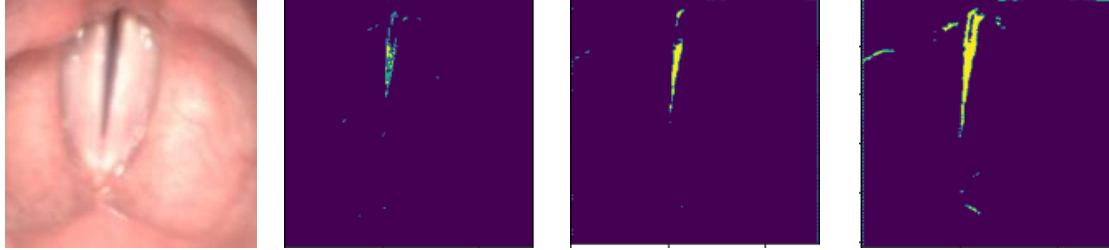
Sistemlerin geliştirme seti performansı Tablo 2' de gösterilmiştir. Geliştirme seti eğitim setine göre daha küçük olup, sistemlerin performanslarını aşırı uydurma için izleme amacıyla kullanılmıştır. Geliştirme setindeki sistem performansları Tablo 1' de verilen eğitim seti performanslarıyla benzerlik içermektedir. ACC, F1, R ve PR'nin her model için aynı değere eşit olup 0.95 veya 0.96 olarak değişmektedir. EER değerleri ise en yüksek 4.98 ile DNN, en düşük 3.83 ile GKMs-4096 olarak bulunmuştur. Eğitim setinde olduğu gibi geliştirme setinde de EER daha büyük dinamik aralığa sahiptir. ACC, F1, R, PR gibi ölçütlere göre sistem performanslarında en fazla %1'lik bir değişim gözlenirken EER'de bu fark %23 civarındadır.

Tablo 2 - Geliştirme Seti Performansı					
YÖNTEM	% EER	Kesinlik (PR)	Geri Çağırma (R)	F1 Skoru	Doğruluk (ACC)
SNN	4.56	0.95	0.95	0.95	0.95
DNN	4.98	0.95	0.95	0.95	0.95
GKMs-1024	4.92	0.95	0.95	0.95	0.95
GKMd-1024	4.65	0.95	0.95	0.95	0.95
GKMs- 2048	4.48	0.96	0.96	0.96	0.96
GKMd-2048	4.20	0.96	0.96	0.96	0.96
GKMs-4096	3.83	0.96	0.96	0.96	0.96
GKMd-4096	4.11	0.96	0.96	0.96	0.96

Modellerin eğitim aşamasında hiç görmediği değerlendirme seti üzerindeki performans değerleri Tablo-3'te verilmiştir. Değerlendirme seti üzerindeki değişim eğitim ve geliştirme setlerine göre ACC ve R için benzerlik gösterirken PR ve F1 için farklılık göstermektedir. ACC ve R diğer setlerde olduğu gibi 0.95- 0.96 değerlerine sahiptir. Bu R değeri glottisin %95' inin doğru sınıflandırıldığını göstermektedir. Diğer yandan PR değeri daha önceki durumların aksine daha geniş bir dinamik aralıkta değer almakta olup sistem performansını yansıtmakta ACC ve R'ye göre daha belirleyicidir. Örneğin aynı R değerine sahip ilk dört model içinde SNN 0.45 PR değeriyle bu modeller arasında en az yanlış pozitif (FP) üreten sistem olup EER' si 4.55 ile en küçük olanıdır. DNN ve SNN, eğitim ve geliştirme setlerinde aynı ACC, PR ve F1' e sahip iken SNN daha düşük EER' ye sahiptir. Veri sayısının daha çok olduğu değerlendirme setinde PR değeri açısından SNN lehine %2' lik bir fark oluşmuştur. Bu fark ayrıca EER' yede yansıyarak %10' luk bir EER azalması gözlenmiştir. Diğer setlerde de %10'luk bu fark açıkça görülebilmektedir. Veri sayısı arttığı için EER' deki fark PR sonuçlarına yansımıştır. EER ve PR arasındaki ilişki ile uyumluluk gözlemlenmektedir. Yapay sinir ağı eğitiminde kullanılan ACC ölçütüne göre SNN ve DNN aynı performansı göstermesine rağmen EER'ye göre SNN'nin daha başarılı olması modelin katman sayısı artırılarak her zaman daha iyi sonuç elde edilemeyeceği karmaşıklık sebebiyle aşırı uydurmaya sebep olabileceği görülmektedir.

Tablo 3 - Değerlendirme Seti Performansı					
YÖNTEM	% EER	Kesinlik (PR)	Geri Çağırma (R)	F1 Skoru	Doğruluk (ACC)
SNN	4.55	0.45	0.95	0.61	0.95
DNN	4.98	0.43	0.95	0.59	0.95
GKMs-1024	4.96	0.43	0.95	0.59	0.95
GKMd-1024	4.66	0.44	0.95	0.61	0.95
GKMs- 2048	4.46	0.46	0.96	0.62	0.96
GKMd-2048	4.11	0.48	0.96	0.64	0.96
GKMs-4096	3.87	0.49	0.96	0.65	0.96
GKMd-4096	4.04	0.48	0.96	0.64	0.96

GKM modellerinin performansı yakından incelendiğinde eğitim seti üzerinde karışım sayısı 1024'den 2048'e ve 2048'den 4096'ya artırıldığında EER değerleri yaklaşık olarak 1 puan azalmıştır. Diğer yandan geliştirme ve değerlendirme setlerinde GKMs aynı karışım sayısı 1024'den 2048'e ve 2048'den 4096'ya geçerken 0.5'lik bir iyileşme gözlenirken GKMd' de 1024'den 2048'e geçerken yaklaşık 0.5, 2048'den 4096'ya geçerken yaklaşık 0.1'lik bir iyileşme görülmüştür. Buradan GKMd'nin 4096 karışıma çıktığında aşırı uydurmanın meydana gelmeye başladığı gözlenebilir. Bütün modeller birlikte değerlendirildiğinde GKMs-4096 en düşük EER, 3.87, en yüksek PR, 0.49, en yüksek F1, 0.65' e sahip olup temel sistem DNN' e göre %22 daha az EER ile en iyi performansı gösteren sistem olarak görülmektedir. Ölçütlerin dinamik aralıkları dikkate alındığında geliştirme setinde olduğu gibi değerlendirme setinde de %22 dinamik aralığı ile EER ölçütü sistem performanslarını diğer ölçütlere göre daha iyi yansıtmaktadır.



Şekil 3 HSV Pikel Sınıflandırma Sonuçları

Soldan sağa doğru Orijinal, PR 0.62 - R 0.21, PR 0.41 - R 0.38, PR 0.31 R 0.72,

Bir HSV karesinin sınıflandırmasında 0.99 ACC değerine sahip üç farklı sınıflandırma sonucu Şekil 3'te gösterilmektedir. Görüntülerde sol taraftan sağa doğru gidilirken PR azalır, R artmaktadır. En solda bulunan orijinal görüntü farklı eşik değerleri kullanılarak sınıflandırıldığında sırasıyla PR 0.62 - R 0.21, PR 0.41 - R 0.38 ve en sağda görünen PR 0.31 R 0.72 olan sonuç elde edilmiştir. ACC değerleri çok yüksek ve aynı olmasına karşın sınıflandırma sonuçlarında büyük farklılık görülmektedir. PR 0.62-R-0.21 durumunda yüksek PR, düşük R sebebiyle arka planda hatalı glottis bölgeleri oluşmamış ancak gerçek glottis bölgesinin % 79'u tespit edilememiştir. PR 0.41 - R 0.38 olduğu durumda glottis önceki duruma göre daha iyi tespit edilebilmiş ancak % 62 civarında kayıp görülmüştür. Son olarak PR 0.31 R 0.72 için glottis bölgesindeki kayıp, keskinliğin biraz daha azalmasıyla % 38'e düşmüş ancak arka planda hatalı glottis pikselleri oluşmuştur. ACC bu üç durumu birbirinden ayırt edemediği için yeterli bilgiyi sağlayamamaktadır. En doğru sonuç için PR ve R'nin 1'e yaklaşması gerekmektedir.

5. Sonuç

Bu çalışmada öncelikle ses tellerinin yüksek hızlı görüntülerinin piksel sınıflandırma yöntemi ile işlenmesi için olası performans ölçütleri araştırılmıştır. Bununla birlikte literatürde bulunan bir derin yapay sinir ağı (DNN) modeli temel alınarak, diğer yapay sinir ağı modelleri ile kıyaslanmış, ayrıca bu sınıflandırma problemi için Gauss Karışım Modeli (GKM) tabanlı bir sistem önerilmiştir. Performans metrikleri olarak literatürde yaygın olarak kullanılan doğruluk, keskinlik (hassasiyet), geri çağırma, F1 skoru gibi ölçütler ile birlikte eşit hata oranı metriği bu konuda ilk defa kullanılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda doğruluk, keskinlik, geri çağırma ve F1 ölçütleri eğitim ve geliştirme setlerinde birbirinin benzeri skorlar üretmiş modelden modele yaklaşık %1'lik bir değişim göstermiştir. Daha büyük miktarda dengesiz veri bulunan değerlendirme setinde ise sadece keskinlik ve F1 skorunda değişim gözlenmiştir. Eşit hata oranı ise bütün veri setlerinde ortalamada %22'nin üzerinde dinamik aralığa sahip olmuş olup, sistem performanslarının ölçülmesinde daha detaylı bilgi sağlamıştır. Yapay sinir ağlarıyla yapılan çalışma sonucunda doğruluğa dayalı olarak eğitim yapılması durumunda benzer performans göstermelerine karşın sistem karmaşıklığı arttıkça eşit hata oranının arttığı gözlenmiştir. Bu nedenle eğitim için doğruluk ölçütü kullanmak hatalara sebep olmuştur. Genel olarak önerilen Gauss Karışım Modeli, piksel sınıflandırmasında temel sisteme göre yaklaşık olarak %22'lik daha iyi bir performans göstermiştir.

6. Teşekkür

Bu çalışmada yer alan tüm/kısmi nümerik hesaplamalar TÜBİTAK ULAKBİM, Yüksek Başarım ve Grid Hesaplama Merkezi'nde (TRUBA kaynaklarında) gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarımız sırasında TÜBİTAK ULAKBİM'e TRUBA kaynaklarını paylaştığı için teşekkür ederiz.

Kaynakça

- [1] Cen, Q., Pan, Z., Li, Y., & Ding, H. (2019, January). Laryngeal Tumor Detection in Endoscopic Images Based on Convolutional Neural Network. In *2019 IEEE 2nd International Conference on Electronic Information and Communication Technology (ICEICT)* (pp. 604-608). IEEE.
- [2] Turkmen, H. I., Karsligil, M. E., & Kocak, I. (2015). Classification of laryngeal disorders based on shape and vascular defects of vocal folds. *Computers in biology and medicine*, 62, 76-85.

- [3] Aubreville, M., Knipfer, C., Oetter, N., Jaremenko, C., Rodner, E., Denzler, J., ... & Maier, A. (2017). Automatic classification of cancerous tissue in laserendomicroscopy images of the oral cavity using deep learning. *Scientific reports*, 7(1), 1-10.
- [4] Drioli, C., & Foresti, G. L. (2020). Fitting a biomechanical model of the folds to high-speed video data through bayesian estimation. *Informatics in Medicine Unlocked*, 20, 100373.
- [5] Khairuddin, K. A. M., Ahmad, K., Ibrahim, H. M., & Yan, Y. (2020). Description of the Features and Vibratory Behaviors of the Nyquist Plot Analyzed From Laryngeal High-Speed Videoendoscopy Images. *Journal of Voice*.
- [6] Fehling, M. K., Grosch, F., Schuster, M. E., Schick, B., & Lohscheller, J. (2020). Fully automatic segmentation of glottis and vocal folds in endoscopic laryngeal high-speed videos using a deep Convolutional LSTM Network. *Plos one*, 15(2), e0227791.
- [7] Andrade-Miranda, G., Stylianou, Y., Deliyski, D. D., Godino-Llorente, J. I., & Henrich Bernardoni, N. (2020). Laryngeal Image Processing of Vocal Folds Motion. *Applied Sciences*, 10(5), 1556.
- [8] Deliyski, D. D., Powell, M. E., Zacharias, S. R., Gerlach, T. T., & de Alarcon, A. (2015). Experimental investigation on minimum frame rate requirements of high-speed videoendoscopy for clinical voice assessment. *Biomedical Signal Processing and Control*, 17, 21-28.
- [9] Ogutcen, M. Y. Koc, T., (2019). Yüksek Hızlı Ses Telleri Görüntülerinin Düzlemsel Aydınlatma Modeli ile Aktif Kontur Tabanlı Segmentasyonu, EEMKON 2019, Elektrik Elektronik Mühendisliği Kongresi, p.427-431.
- [10] Yan, Y., Chen, X., & Bless, D. (2006). Automatic tracing of vocal-fold motion from high-speed digital images. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 53(7), 1394-1400.
- [11] Zhang, Y., Bieging, E., Tsui, H., & Jiang, J. J. (2010). Efficient and effective extraction of vocal fold vibratory patterns from high-speed digital imaging. *Journal of Voice*, 24(1), 21-29.
- [12] Yan, Y., Du, G., Zhu, C., & Marriott, G. (2012, March). Snake based automatic tracing of vocal-fold motion from high-speed digital images. In *2012 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 593-596). IEEE.
- [13] Andrade-Miranda, G., & Godino-Llorente, J. I. (2017). Glottal Gap tracking by a continuous background modeling using inpainting. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 55(12), 2123-2141.
- [14] Pinheiro, A. P., Dajer, M. E., Hachiya, A., Montagnoli, A. N., & Tsuji, D. (2014). Graphical evaluation of vocal fold vibratory patterns by high-speed videolaryngoscopy. *Journal of Voice*, 28(1), 106-111.
- [15] Rao, M. A., Krishnamurthy, R., Gopikishore, P., Priyadharshini, V., & Ghosh, P. K. (2018, January). Automatic Glottis Localization and Segmentation in Stroboscopic Videos Using Deep Neural Network. In *INTERSPEECH* (pp. 3007-3011).
- [16] Schenk, F., Aichinger, P., Roesner, I., & Urschler, M. (2015). Automatic high-speed video glottis segmentation using salient regions and 3D geodesic active contours. *Annals of the British Machine Vision Association*, 2015(1), 1-15.
- [17] Kopczynski, B., Strumillo, P., Just, M., & Niebudek-Bogusz, E. (2018, November). Acoustic Based Method for Automatic Segmentation of Images of Objects in Periodic Motion: Detection of vocal folds edges case study. In *2018 Eighth International Conference on Image Processing Theory, Tools and Applications (IPTA)* (pp. 1-6). IEEE.
- [18] Hamad, A., Haney, M., Lever, T. E., & Bunyak, F. (2019). Automated Segmentation of the Vocal Folds in Laryngeal Endoscopy Videos Using Deep Convolutional Regression Networks. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops* (pp. 0-0).
- [19] Koç, T., & Çiloğlu, T. (2014). Automatic segmentation of high speed video images of vocal folds. *Journal of Applied Mathematics*, 2014.
- [20] Gloger, O., Lehnert, B., Schrade, A., & Völzke, H. (2014). Fully automated glottis segmentation in endoscopic videos using local color and shape features of glottal regions. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 62(3), 795-806.
- [21] Goodfellow, I., Bengio, Y., Courville, A., & Bengio, Y. (2016). *Deep learning* (Vol. 1, p. 2). Cambridge: MIT press.
- [22] Kasapoğlu, B., & Turgay, K. O. Ç. (2020) Sentetik ve Dönüştürülmüş Konuşmaların Tespitinde Genlik ve Faz Tabanlı Spektral Özniteliklerin Kullanılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 398-406.
- [23] Degottex, G., & Bianco, E. (2010). *IRCAM Databases of High Speed Videoendoscopy*. UPMC-Ircam, France.
- [24] Chollet, F. (2018). *Deep Learning mit Python und Keras: Das Praxis-Handbuch vom Entwickler der Keras-Bibliothek*. MITP-Verlags GmbH & Co. KG.
- [25] Kingma, D. P., & Ba, J. (2014). Adam: A method for stochastic optimization. *arXiv preprint arXiv:1412.6980*.



Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri Kullanılarak Cinsiyet Belirleme

Ersin Öztürk¹, Çetin Kurnaz^{2*}

^{1,2} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye
(¹ORCID: 0000-0002-3841-5813, ²ORCID: 0000-0003-3436-899X)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819532)

ATIF/REFERENCE: Öztürk, E. & Kurnaz, Ç. (2020). Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri Kullanılarak Cinsiyet Belirleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 111-120.

Öz

Teknolojik gelişmeler ile birlikte yüz ve cinsiyet tanıma sistemleri günümüzün popüler çalışmalar konusu haline gelmiştir. İnsan bilgisayar etkileşiminin temel yaklaşımlarından biri olan cinsiyet sınıflandırması, akıllı bina uygulamalarından güvenlik soruşturmalarına kadar pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, görünüm tabanlı cinsiyet sınıflandırma yöntemleri kullanılarak cinsiyet tespiti yapılmıştır. Görünüm tabanlı sistemlerde özellik çıkarmak için yerel ikili örüntü (LBP), Radon ve Gabor dönüşümleri kullanılmıştır. Ortaya çıkan veri matrislerindeki yüksek boyutları azaltmak için ise temel bileşen analizi (PCA) yöntemi tercih edilmiştir. Verileri sınıflandırmak için destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırıcısı kullanılmıştır. Veri tabanı olarak FERET veri tabanındaki kişilere ait ön yüz görüntüleri kullanılmıştır. Veri tabanındaki resimlerin %70'i eğitim verisi olarak kullanıldığında %89; %90'ı eğitim verisi olarak kullanıldığında ise %96'lara varan doğruluk oranlarına ulaşılmıştır. Ayrıca sonuçlardan Radon dönüşümünün mevcut cinsiyet belirleme yöntemlerine dahil edilmesinin sistem doğruluğunu artırdığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cinsiyet tanıma, Görünüm tabanlı yöntemler, LBP, PCA, SVM.

Gender Classification Using Appearance Based Face Recognition Methods

Abstract

Today, intensive studies on facial recognition systems have become an important issue. Gender classification, which is one of the basic approaches of human computer interaction, is widely used in many areas, from smart building applications to security investigations. In this study, gender recognition has been made by using appearance based gender classification systems. Local Binary Pattern (LBP), Radon and Gabor transform methods have been used to extract of features in appearance based systems. Principal Component Analysis (PCA) method has been preferred to reduce the high dimension of the resulting data matrices. Support Vector Machine (SVM) classifier is used to classify data. The front face views of the people in the FERET database were used as a database. Accuracy rates of up to 89% were achieved when 70% of the images in the database were used as training data. This value reaches up to 96% were obtained when 90% of the images were used as training data. Additionally, the results was showed that the inclusion of Radon conversion in current gender recognition methods increases system accuracy.

Keywords: Gender recognition, Appearance based methods, LBP, PCA, and SVM.

* Sorumlu Yazar: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3436-899X, ckurnaz@omu.edu.tr

1. Giriş

Günümüzde insan yüzünden cinsiyet tespit edilmesi önemli çalışma konularından biri haline gelmiştir. Özellikle teknolojinin gelişmesi, akıllı telefonların günlük hayatımızda geniş yer tutması, işlemci hızlarındaki artış ile birlikte, cinsiyet ve kimlik tespit edilmesi için hızlı ve güvenli yöntemlerin gerekliliği önemli ölçüde artmıştır. Yüzden cinsiyet ve kimlik tespit etme yöntemi, verilerin kolay elde edilmesi ve etkin bir güvenlik yöntemi olması sebebiyle biyomedikal kimlik ve cinsiyet tespiti yöntemlerinin en önemlilerinden birisidir (Alexandre, 2010; Khalifa, 2016). Yüz üzerinden cinsiyet tanıma sistemleri beş temel adımdan oluşmaktadır. Bunlar; resmin alınması (input image), ön işlemden geçirilmesi (pre-processing), özellik çıkartımı (feature extraction), boyut indirgenmesi (reduce dimension) ve sınıflandırma (classification) adımlarıdır (Dhanashri ve dig., 2016). Özellik çıkarımı bu adımların en önemlisidir (Uzun ve Gökmen, 2018). Cinsiyet sınıflandırma sistemlerinde kullanılan özellik çıkarım yöntemleri görünüm tabanlı (appearance based) ve geometrik tabanlı (geometric based) olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır (Dhanashri ve dig., 2016). Görünüm tabanlı sistemlerde özellikler yerel ikili örüntü (Local Binary Pattern, LBP), Radon, Gabor veya bu yöntemlerin birlikte kullanımları ile çıkarılmaktadır. Çıkarılan özellikler temel bileşen analizi (Principal Component Analyses, PCA) veya doğrusal ayırmacılık analizi (Linear Discriminant Analyses, LDA) gibi yöntemler kullanılarak boyutları azaltılmaktadır. Elde edilen veriler ise destek vektör makinesi (Support Vector Machine, SVM) gibi sınıflandırıcılar yardımıyla cinsiyet ayrımı sağlanmaktadır. Geometrik tabanlı sistemlerde ise amaç göz, burun, çene, ağız gibi yüz imgelerinin bulunması ve bunlar arasındaki mesafelerin oranlanması ile ortaya çıkan özelliklerin sınıflandırılmasıdır (Ramesha ve dig., 2010; Kalam ve Guttikonda, 2014; Öztürk ve Kurnaz, 2018).

Bu çalışmada, görünüm tabanlı sınıflandırma sistemleri ve FERET veri tabanı kullanılarak cinsiyet tespiti yapılmıştır. Çalışmada özellik çıkarmak için LBP, Radon ve Gabor yöntemleri; ortaya çıkan veri matrislerindeki yüksek boyutları azaltmak için ise PCA yöntemi; verileri sınıflandırmak için SVM sınıflandırıcısı kullanılmıştır. FERET veri tabanındaki resimlerinden cinsiyet tespiti üç farklı işlem adımıyla yöntemle gerçekleştirilmiştir. İlk yöntemde cinsiyet tespiti LBP + PCA + SVM kullanılarak incelenmiş ikinci yöntemde ise Gabor + PCA + SVM kullanılmıştır. Üçüncü ve son yöntem olarak ise incelemeler Radon + Gabor + PCA + SVM kullanılarak yapılmıştır.

Makalenin geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: II. Bölümde Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri ve FERET ve tabanı hakkında materyal ve yöntem bilgileri sunulurken, III. Bölümde çalışmada kullanılan üç farklı yöntem için yapılan değerlendirmeler verilmiştir. Makale V. Bölüm olan Sonuçlar bölümü ile sonlandırılmıştır.

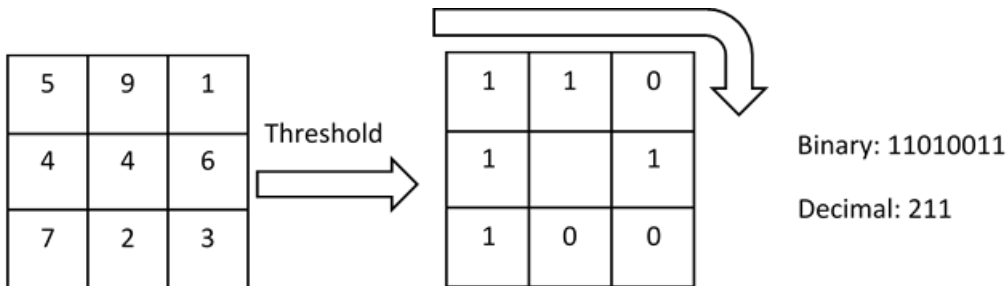
2. Materyal ve Metot

2.1. Görünüm Tabanlı Yüz Tanıma Yöntemleri

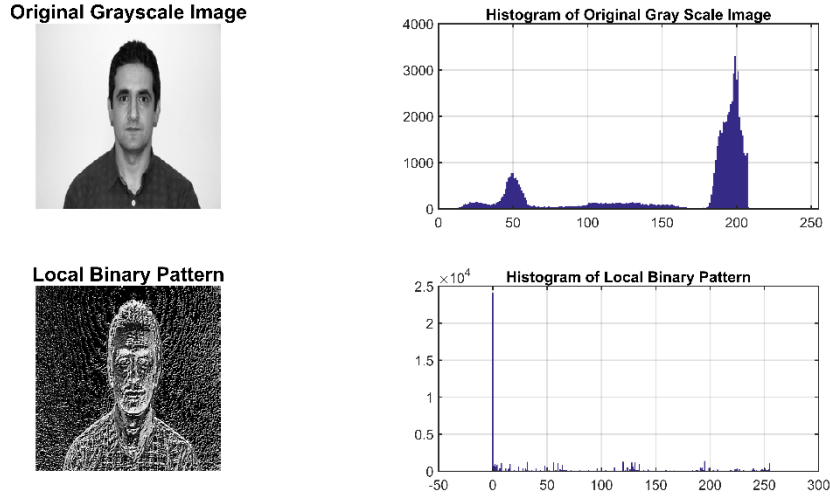
Yüz resimleri için birçok farklı yöntem kullanılarak cinsiyet tanıma sistemleri oluşturulabilir. Bu yöntemlerden sıklıkla kullanılanları yerel ikili örüntü (LBP), yerel Gabor ikili örüntü dizisi (local Gabor binary pattern sequence, LGBP), Radon dönüşümü (Radon transform, RT) ve Gabor filtresi (Gabor Filter, GF), temel bileşen analizi (PCA), destek vektör makinesi (SVM)'dir.

2.1.1. Yerel İkili Örüntü

Yerel ikili örüntü (LBP) en çok kullanılan yüz tanıma yöntemidir (Ahonen ve dig., 2004; Fang ve Wang, 2008). LBP ilk defa Ojala ve arkadaşları tarafından tasarlanmıştır (Ojala ve dig., 2002). Ahonen ve arkadaşları bu yöntemi yüz tanıma sistemlerinde kullanmışlardır (Ahonen ve dig., 2004). Bu yöntemde, pikselin sekiz komşusu ile eşleştirilmesiyle görüntünün her pikseli için eşik (threshold) değeri de dikkate alınarak bir ikili sayı belirlenir. Komşu piksel merkez pikselden daha küçükse, 0 değerini alır. Aksi takdirde (yani merkez pikselden büyükse) 1 değerini alır. Görüntünün her pikseli için ikili bir sayı oluşturur. Bu ikili sayılar daha sonra görüntüyü açıklamak için kullanılır. Şekil 1, LBP yöntemine ait bir örneği göstermektedir (Ahonen ve dig., 2004). Görüntüsü örtüşmeyen alt bölgelere bölünür ve her alt bölgenin histogramını ayrı ayrı hesapladıktan sonra, görüntünün nihai özellik vektörünü oluşturmak için ağırlıklı histogramlar birleştirilir. Şekil 2'de örnek resmin öncelikle histogramı alınmıştır. Daha sonra resme LBP uygulanmış ve daha sonra yeniden histogramı alınmıştır.



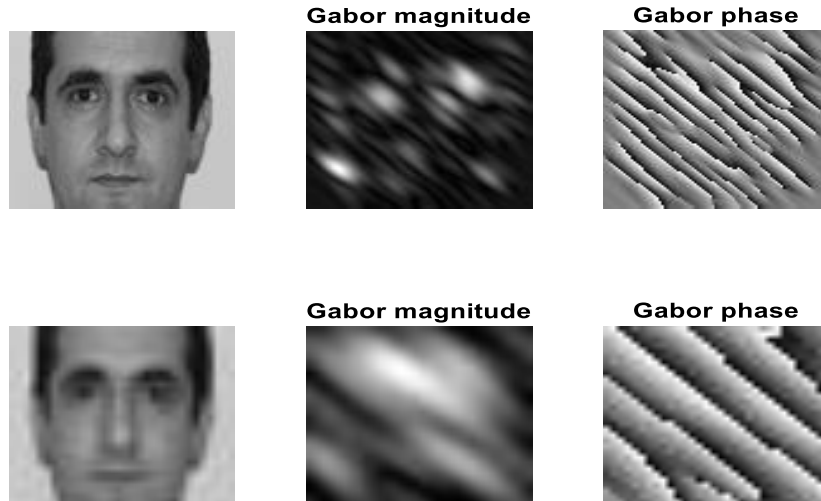
Şekil 1. LBP örneği



Şekil 2. Bir LBP uygulama örneği

2.1.2. Yerel Gabor İkili Örüntü Dizisi

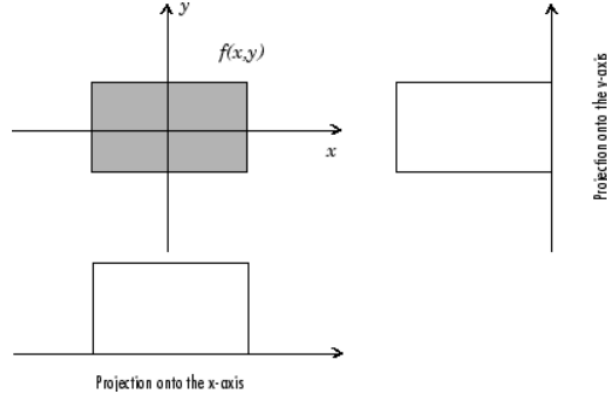
Gabor filtreleri hem uzamsal hem de frekans alanında optimal lokalizasyonlarından dolayı bant geçiren filtreler olup yönlendirme seçiciliği, doku özelliği çıkarma ve doku analizi gibi birçok uygulamada kullanılabilir (Zhang ve diğ., 2002). Bir Gabor filtresi, harmonik bir fonksiyon ile Gaussian bir fonksiyonunun çarpımından oluşan lineer bir filtredir. Farklı yönelimli Gabor filtreleri hedef görüntü ile katlanarak ve bu görüntülerin ortalamaları alınarak hedef görüntüdeki farklı açı bileşenleri ortaya çıkarılabilir. Gabor filtreleri yüz tanıma sistemlerinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir. Özellikle özniteliklerin çıkarılmasında birçok alanda yardımcı yöntem olarak kullanılır. Bu yöntemlerden bazıları yerel Gabor ikili örüntü dizisi (LGBP) (Zang ve diğ., 2005), Gabor faz örüntülerinin histogramı (histogram of Gabor phase patterns, HGPP) (Zang ve diğ., 2007) ve yerel Gabor XOR örüntüleri (local Gabor XOR patterns, LGXP) (Xie ve diğ., 2010) yöntemleridir. Bir görüntü, Gabor filtresi uygulandıktan sonra histogramı alınarak sınıflandırıcıya sokulabildiği gibi, Gabor filtresinden sonra LBP yapılarak da sınıflandırıcıya girdi olarak kullanılabilir. Şekil 3'de farklı çözünürlüklerdeki iki resmin Gabor çıktıları görülmektedir.



Şekil 3. Bir Gabor filtresi uygulaması

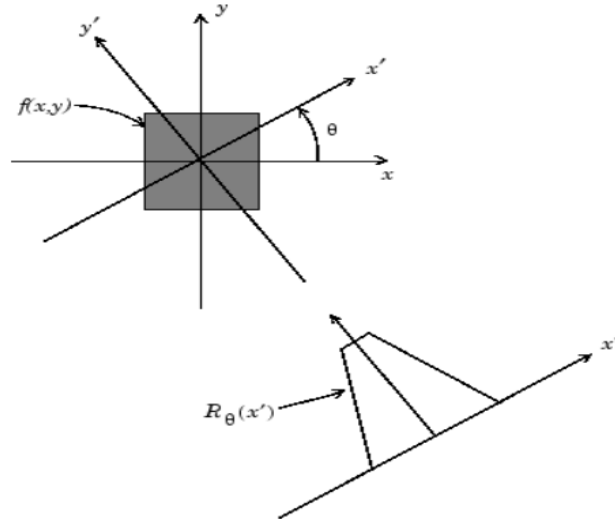
2.1.3. Radon Dönüşümü ve Gabor Filtresi

Radon dönüşümü, 1917'de J. Radon tarafından tanıtılan ve bir fonksiyonu alıp çeşitli yönlerde projeksiyonunu hesaplayan entegre bir dönüşümdür. Şekil 4'de $f(x, y)$ 'nin dikey doğrultudaki çizgi integrali, $f(x, y)$ 'nin x eksenine yansıtılmasıdır. Yatay yönde çizgi integrali ise y eksenine $f(x, y)$ 'nin izdüşümüdür.



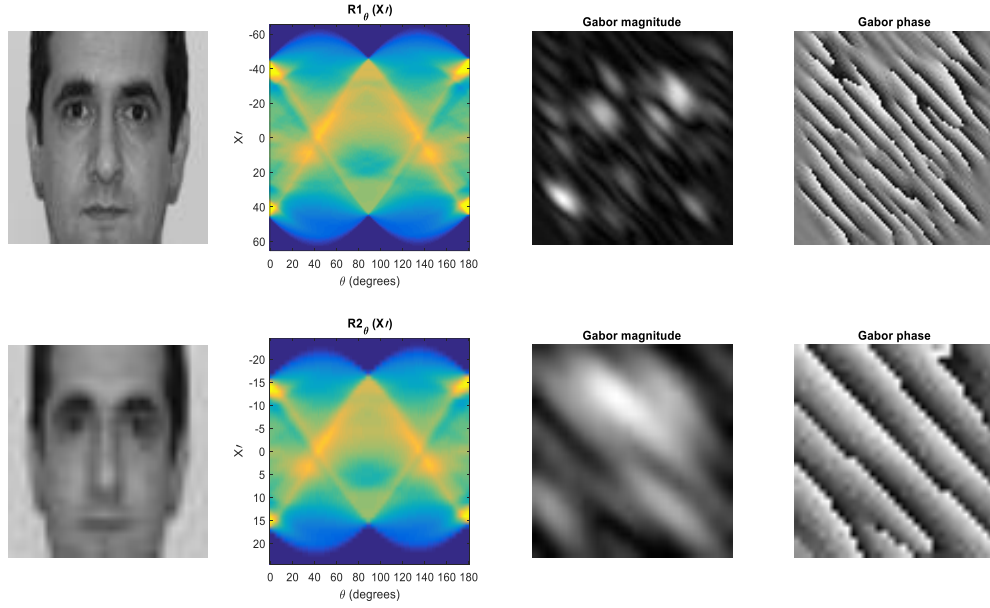
Şekil 4. Basit bir fonksiyonun yatay ve dikey eksende izdüşümü

İzdüşümler herhangi bir açı (θ) boyunca hesaplanabilir. Genel olarak, $f(x,y)$ 'nin Radon dönüşümü, Şekil 5'deki gibi y eksenine paralel f integrali çizgisidir.



Şekil 5. Radon dönüşümünün geometrisi

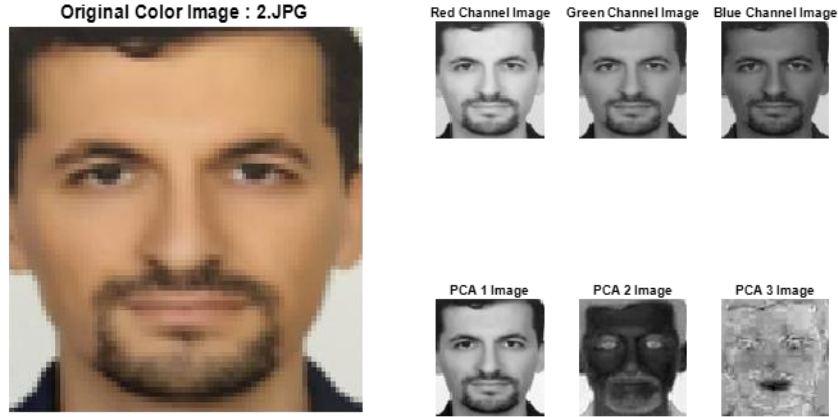
Radon dönüşümü Gabor Filtresi ile kullanıldığında özellik çıkarımına pozitif etki yapmaktadır. Şekil 6'da farklı çözünürlüklerdeki iki adet resmin Radon ve Gabor dönüşümleri kullanılarak elde edilen sonuçları verilmiştir.



Şekil 6. Radon ve Gabor dönüşüm örnekleri

2.1.4. Temel Bileşen Analizi

Temel bileşen analizi (PCA), çok değişkenli bir veri seti içindeki yüksek boyutlu bir veri setinin boyutunu düşürmek için veriyi en iyi karakterize eden öznelikleri belirleyip en az değişken ve bilgi kaybı ile ifade edebilen bir matematiksel yöntemdir. PCA, birbirleri ile doğrusal ilişkileri olan çok sayıda veriden bağımsız daha az sayıda veri elde etmek için veri setinin boyutunu düşüren ve büyük boyutlu veri setlerindeki boyutları azaltmak için kullanılan en yaygın dönüşüm tekniklerindedir. PCA'da değişken sayısı azaltılarak veri setinin boyutu küçültülebilir. PCA dönüşümü sonrasında hesaplanan değişkenler ilk değişkenlerin temel bileşenleri olarak ifade edilirler. İlk temel bileşen varyansı en büyük olan, ikinci temel bileşen ise varyansı sonraki en büyük olan olarak seçilir. Geri kalan temel bileşenler için sıralama varyans değerleri azalacak şekilde yapılır. Böylece dönüşüm sonucunda elde edilen temel bileşenler birbirlerinden bağımsız olur. Bu çalışmada PCA, resimler üzerinde özellik çıkarma işlemi yapıldıktan sonra boyut azaltmak için kullanılmıştır. Şekil 7'deki resim öncelikle kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerden geçirilmiş ve oluşan çıktılara PCA uygulanmıştır.



Şekil 7. PCA uygulama örneği

2.1.5. Destek Vektör Makinesi

Destek vektör makinesi (SVM) sınıflandırma konusunda kullanılan oldukça etkili ve basit yöntemlerden bir tanesidir. SVM istatistiksel öğrenme teorisine dayalı bir gözetimli öğrenme algoritması olup temelleri 1963 yılında Vladimir Vapnik ve Alexey Chervonenkis tarafından atılmıştır. İlk ortaya çıkışı 1960'lı yıllar olsa da SVM, Vladimir Vapnik, Bernhard Boser ve Isabelle Guyon tarafından 1995 yılında geliştirilmiştir. SVM, temel olarak iki sınıfa ait verileri birbirinden bir doğru veya düzlem ile en uygun bir şekilde ayırmak amacı ile kullanılır. Bu amaca ulaşmak için karar sınırları (hiper düzlemler) belirlenir. Günümüzde destek vektör makinesi yüz tanıma sistemleri, tıbbi tahminler, zaman serisi tahminleri, ses analizleri gibi pek çok sınıflandırma probleminin çözümünde kullanılmaktadır.

2.2. FERET Veri Tabanı

Yüz tanıma sistemlerinde kullanılan yöntemlerin doğruluklarının değerlendirilmesinde aynı veri tabanlarının kullanılması büyük öneme sahiptir. Aynı veri tabanlarının kullanılması ile yöntemlerin gerçek doğrulukları ortaya çıkmaktadır. Bu veri tabanlarının içinde en geniş kapsamlı ve en çok kullanılan FERET veri tabanıdır. Bu çalışmada FERET veri tabanındaki yüzlerin ön görünüşleri kullanılmıştır. Şekil 8’de FERET veri tabanından alınmış resim örnekleri verilmiştir. Literatürde veri tabanındaki kişilere ait farklı ön yüz görüntülerinden oluşan veri tabanı ile farklı yöntemler uygulanarak karşılaştırılmış ve sonuçlar Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1 incelendiğinde en yüksek doğrulukların FERET veri tabanı dikkate alındığında LBP ve SVM’nin birlikte kullanılması ile elde edildiği görülmektedir. Yapılan çalışmaların çoğunda sınıflandırıcı olarak genelde SVM kullanılmıştır. ANN türü sınıflandırıcıların doğruluk oranlarının SVM sınıflandırıcıya oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Tablo 1’de verilen çalışmaların temel eksiklik noktası kullanılan eğitim/test veri setleri hakkında detaylı bilginin yer almamasıdır.



Şekil 8. FERET veri tabanında yer alan yüz resim örnekleri

Tablo 1. Yüz üzerinden cinsiyet tanıma çalışmaları

Çalışma	Yöntem	Veri Tabanı	Doğruluk Oranı
(Jain ve Huang, 2004)	ICA+LDA	FERET (sınırlı)	99.3
(Iga ve dig., 2003)	GWT+SVM	HOIP (300 resim)	97.3
(Zafeiriou ve dig., 2008)	RBF+SVM	XM2.VTS	97.2
(Lian ve dig., 2006)	LBP+SVM	FERET	96.75
(Moghaddam ve dig., 2002)	RBF+SVM	FERET	96.62
(Alzarmehr ve dig., 2015)	LBP+SVM	FERET	95.37
(Wang ve dig., 2012)	LCP+SVM	FERET	95.33
(Lu ve Shi, 2009)	PCA+SVM	FERET	95.30
(Liu ve dig., 2014)	HOG+SVM	LFW	94.38
(Yang ve Ai, 2007)	LBP+Adabost	FERET	93.3
(Fang ve Wang, 2008)	LBP+ANN	FERET	92.20
(Fang ve Wang, 2008)	PCA+ANN	FERET	91.91
(Mäkinen ve Raisamo, 2008)	LUT+ANN	FERET	91.11
(Mäkinen ve Raisamo, 2008)	LBP+SVM	WEB	78.25

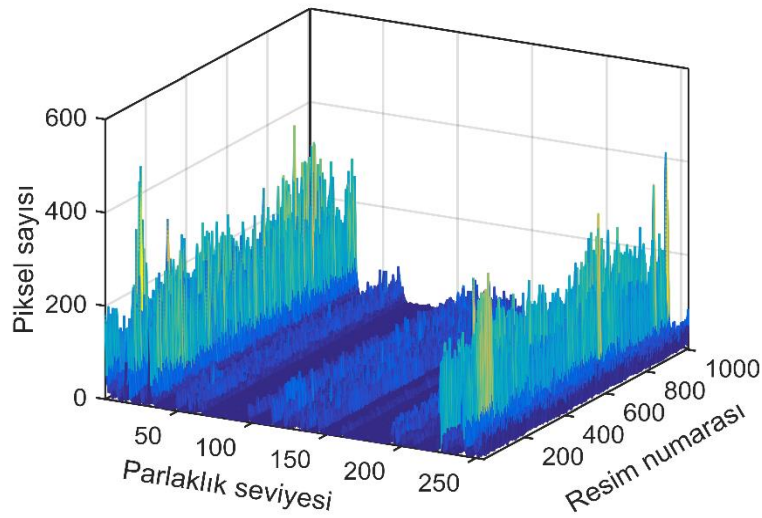
Bu çalışmada yüz üzerinden cinsiyet sınıflandırması yapmak için aşağıda verildiği gibi 3 farklı yöntem kullanılmıştır.

- Yöntem-A: LBP+PCA+SVM
- Yöntem-B: Gabor+PCA+SVM
- Yöntem-C: Radon+Gabor+PCA+SVM

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

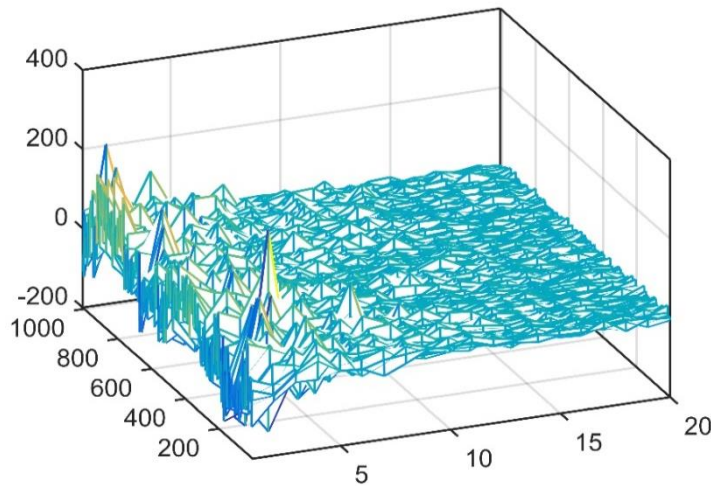
3.1. Yöntem-A için Yapılan Değerlendirmeler

Yöntem-A'da (LBP+PCA+SVM) FERET veri tabanındaki resimlere öncelikle ön işlem (preprocessing) uygulanmıştır. Bu aşamada resimler yeniden boyutlandırılmış, gri tonlara dönüştürülmüş (gray-scale) ve yüz bölgesi kesilmiştir. Daha sonra her bir resme LBP işlemi uygulanmıştır. LBP işleminden geçirilen resimler 0-255 arasında gray-scale olacak şekilde uint8 olarak kaydedilmiştir. Her resim için histogram alınmış ve histogram dağılımı veri tabanında tutulmuştur. Bu histogram dağılımları bir data matrisi oluşturacak şekilde [Resim Sayısı x 255] veri kümesi matrisi oluşturulmuştur. Bu resimlerin histogram dağılımları Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Yöntem-A için LBP data matrisi

Şekil 9'daki grafiğin x eksenini 0-255 arasındaki grilik seviyelerini, y eksenini FERET veri tabanındaki her bir resmi, z eksenini piksel sayısını temsil etmektedir. LBP çıktısı ile oluşturulan grafikten de anlaşılacağı üzere bu kadar büyük bir matrisin SVM tarafından çözülmesi çok zordur. Bu nedenle boyut azaltılması (reduce dimension) gerekmektedir. PCA ile boyut azaltılması yapıldığında ortaya çıkan yeni data matrisi Şekil 10'da verildiği gibidir.

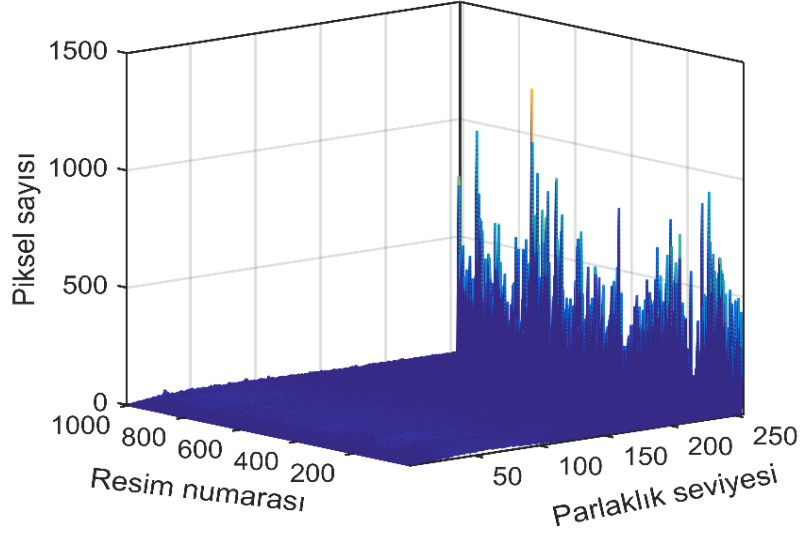


Şekil 10. Yöntem-A için PCA data matrisi

PCA ile boyut indirilmesi yapıldığında [Resim Sayısı x 20] boyutlu bir matrise dönüştürülmüştür. Şekil 10'dan da görüldüğü gibi yapılan indirgemelerde 15. sütunda sonra anlamlı verinin olmadığı görülmektedir. PCA işlemi sonucunda indirgenmiş veri matrisi SVM sınıflandırıcısına sokulmuştur. SVM sınıflandırıcısında erkekler 1, bayanlar ise -1 değeri ile temsil edilmiştir.

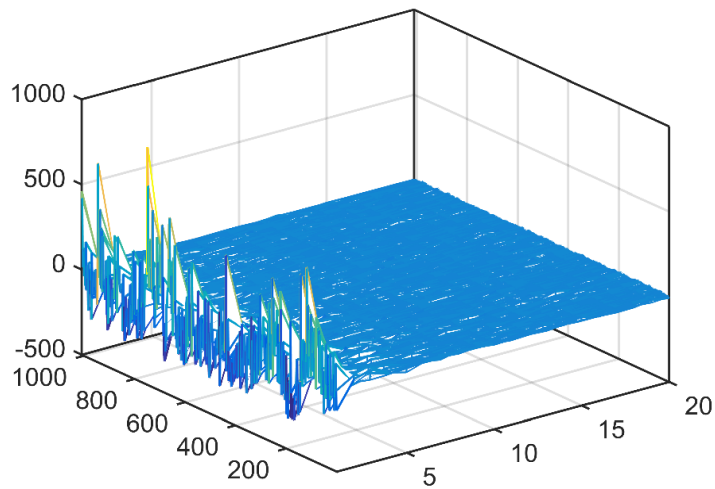
3.2. Yöntem-B için Yapılan Değerlendirmeler

Yöntem-B'de (Gabor+PCA+SVM) FERET veri tabanındaki resimlere Yöntem-A'dakine benzer şekilde öncelikle ön işlem uygulanmıştır. Ön işlemde geçmiş veriye sonrasında Gabor filtresi uygulanmıştır. Her bir resim için histogram alınmış ve histogram dağılımı veri tabanında tutulmuştur. Bu histogram dağılımları bir data matrisi oluşturacak şekilde [Resim Sayısı x 255] veri kümesi oluşturulmuştur. Bu resimlerin histogram dağılımları grafiği Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Yöntem-B için data matrisi

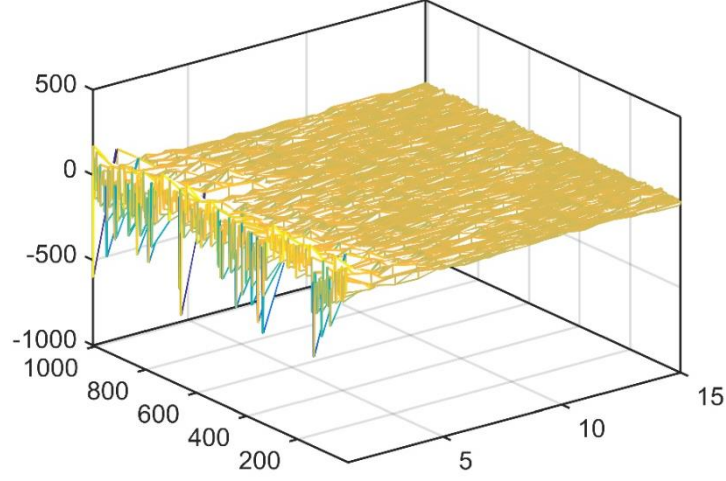
Yöntem-A'daki gibi büyük boyutlu bu matrise PCA uygulanarak boyut indirilmesi yapılmış ve sonuçlar Şekil 12'de verilmiştir. PCA çıktısı sonucunda oluşan indirgenmiş veri matrisi, SVM sınıflandırıcısına girdi olarak kullanılmıştır.



Şekil 12. Yöntem-B için PCA data matrisi

3.3. Yöntem-C için Yapılan Değerlendirmeler

Bu yöntem (Radon+Gabor+PCA+SVM) ile Yöntem-B büyük ölçüde benzerlik göstermektedir. Yöntem-C Gabor filtresinden önce Radon dönüşümü Yöntem-B'ye eklenerek oluşturulmuştur. Radon dönüşümü cinsiyet belirleme de literatürde daha önce kullanılmamış bir yöntem olup bu çalışmada ilk kez kullanılmaktadır. Yöntem-C için elde edilen veri matrisi Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13. Yöntem-C için PCA data matrisi

3.4. Genel Değerlendirme ve Tartışma

Bu çalışmada FERET veri tabanında bulunan 1010 resmin %70'i eğitim verisi, %30'u ise test verisi olarak kullanılmış ve Yöntem-A, Yöntem-B, Yöntem-C'nin cinsiyet sınıflandırma doğrulukları değerlendirilmiştir. Eğitim ve test verileri veri tabanından rastgele olarak seçilmiş ve bu işlem 100 defa tekrarlanarak doğruluk oranları elde edilmiştir. Sonrasında bu doğruluk oranlarının ortalamaları alınarak her bir yöntem için doğruluk oranları belirlenmiştir. Test verileri dikkate alındığında elde edilen doğruluk oranları üç yöntem için de Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'den de görüldüğü gibi her üç yöntem içinde doğruluk oranları %89'lar civarındadır. En iyi doğruluk oranını veren yöntem %89.42 ile Radon dönüşümünü kullanan Yöntem-C'dir. Dolayısıyla Radon dönüşümünün literatürde yer alan mevcut cinsiyet belirleme yöntemlerine dahil edilmesinin sistem doğruluğunu artırdığı görülmüştür.

Cinsiyet tanıma sisteminin doğruluğunun seçilen eğitim ve test veri sayısı ile doğrudan ilişkili olduğu bilinmektedir. Tablo 1'de verilen çalışmalarda bu değerler açıkça belirtilmemiştir. Bu çalışmada eğitim verisi olarak toplam verinin %70, %80 ve %90'ı seçilerek de değerlendirmeler yapılmıştır. Yöntem-C dikkate alındığında eğitim verisi %80 seçildiğinde doğruluk oranı %94.55 iken eğitim verisi %90 seçildiğinde bu oran %95.98'lere kadar yükselmektedir.

Tablo 2. Benzetim sonuçları

Veri Tabanı	Resim Sayısı	Yöntem	Doğruluk Oranı
FERET	1010	Yöntem-A: LBP+PCA+SVM	89.11
		Yöntem-B: Gabor+PCA+SVM	89.02
		Yöntem-C: Radon+Gabor+PCA+SVM	89.42

4. Sonuç

Bu çalışmada yüz resimlerinden cinsiyet tanıma yöntemleri üzerine kapsamlı bir literatür çalışması yapılmıştır. FERET veri tabanı; LBP, PCA, Gabor, Radon, SVM yöntemleri kullanılarak cinsiyet tanıma doğruluk oranları incelenmiştir. Literatürde var olan çalışmalardan farklı olarak Gabor+PCA+SVM yöntemine ilave olarak Radon dönüşümü dahil edilmiş ve cinsiyet tanıma doğruluğunda bir iyileşmenin olduğu görülmüştür. FERET veri tabanı için en iyi doğruluk oranı %89.42 ile Yöntem-C (Radon+Gabor+PCA+SVM) için elde edilmiştir. Yöntem karşılaştırmalarında kullanılan eğitim ve test verileri sayısının sistem doğruluk oranları ile doğrudan ilişkilidir. Eğitim verisi olarak toplam verinin %70'i yerine %90'ı seçildiğinde doğruluk oranı %89.42'den %96'ya varan doğruluklara çıkabilmektedir. Bu konuda yapılacak benzer çalışmalarda bu yöntemlere ilave olarak sakal, bıyık, gözlük gibi etkenlerin ilave edilmesi ve ayrıca hareket üzerinden cinsiyet analizi çalışmalarına ağırlık verilebilir.

Kaynakça

- Ahonen, T., Hadid, A., Pietikinen, M. (2004). Face Recognition with Local Binary Patterns. The 8th European Conference on Computer Vision, 11-14 May, Prague, Czech Republic.
- Alexandre, L.A. (2010). Gender recognition: A multiscale decision fusion approach. *Pattern Recognition Letters*, Cilt 31, Sayı 11, ss. 1422-1427.
- Azarmehr, R., Laganieri, R., Lee, W.S., Xu, C., Laroche, D. (2015). Real-time embedded age and gender classification in unconstrained video. In Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops, 7-12 June, Boston, USA.
- Dhanashri P.L., Kailash J.K. (2016). Gender Classification using Face Image: A review. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*, Cilt 7, Sayı 2, ss. 333-337.
- Fang, Y., Wang, Z. (2008). Improving LBP features for gender classification. International Conference on Wavelet Analysis and Pattern Recognition, 30-31 August, Hong Kong, China.
- Jain, A., Huang, J. (2004). Integrating independent components and linear discriminant analysis for gender classification. Sixth IEEE International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition, 19 May, Seoul, South Korea.
- Iga, R., Izumi, K., Hayashi, H., Fukano, G., Ohtani, T. (2003). A gender and age estimation system from face images. SICE 2003 Annual Conference, 4-6 August, Fukui, Japan.
- Kalam, S., Guttikonda, G. (2014). Gender classification using geometric facial features. *International Journal of Computer Applications*, Cilt 85, Sayı 7, ss. 32-37.
- Khalifa, T.A.M. (2016). Predicting Age and Gender of People by Using Image Processing Techniques. Computer Engineering Atılım University, Master Thesis.
- Lian, H.C., Lu, B.L. (2006). Multi-view gender classification using local binary patterns and support vector machines. The third International Conference on Advances in Neural Networks, 28 May 28 – 1 June, Chengdu, China.
- Liu, H., Gao, Y., Wang, C. (2014). Gender identification in unconstrained scenarios using Self-Similarity of Gradients features. IEEE International Conference on Image Processing, 27-30 October, Paris, France.
- Lu, L., Shi, P. (2009). A novel fusion-based method for expression-invariant gender classification. IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, 19-24 April, Taipei, Taiwan.
- Mäkinen, E., Raisamo, R. (2008). An experimental comparison of gender classification methods. *Pattern Recognition Letters*, Cilt 29, Sayı 10, ss. 1544–1556.
- Moghaddam, B., Yang, M.H. (2002). Learning Gender with Support Faces. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Cilt 24, Sayı 5, ss. 707-711.
- Ojala, T., Pietikäinen, M., Mäenpää, T. (2002). Multiresolution Gray-Scale and Rotation Invariant Texture Classification with Local Binary Patterns. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Cilt 24, Sayı 7, ss. 971–987.
- Öztürk, E., Kurnaz, Ç. (2018). Gender Recognition System from Face Images with Artificial Neural Networks. International Eurasian Conference on Science Engineering and Technology. 22-23 November, Ankara, Turkey.
- Ramesha, K., Raja, K.B., Venugopal, K.R., Patnaik, L.M. (2010). Feature Extraction-Based Face Recognition, Gender and Age Classification. *International Journal of Computer Theory and Engineering*, Cilt 2, Sayı 5, ss. 798-820.
- Uzun, M., Gökmen, M. (2018). Face Recognition with Local Walsh Transform. *Signal Processing: Image Communication*, Cilt 61, ss. 85-96.
- Wang, C., Huang, D., Wang, Y., Zhang, G. (2012). Facial Image-Based Gender Classification Using Local Circular Patterns. The 21st International Conference on Pattern Recognition, 11-15 November, Tsukuba, Japan.
- Xie, S., Shan, S., Chen, X., Chen, J. (2010). Fusing Local Patterns of Gabor Magnitude and Phase for Face Recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, Cilt 19, Sayı 5, ss. 1349-1361.
- Yang, Z., Ai, H. (2007). Demographic classification with local binary patterns. The International Conference on Advances in Biometrics, 27-29 August, Seoul, Korea.
- Zafeiriou, S., Tefas, A., Ioannis Pitas, I. (2008). Gender Determination Using a Support Vector Machine Variant. 16th European Signal Processing Conference, 25-29 August, Lausanne, Switzerland.
- Zhang, J., Tan, T., Ma, L. (2002). Invariant Texture Segmentation via Circular Gabor Filters. The 16th IAPR International Conference on Pattern Recognition, August, Quebec, Canada.
- Zhang, W., Shan, S., Gao, W., Chen, X., Zhang, H. (2005). Local Gabor Binary Pattern Histogram Sequence (LGBPHS): A Novel Non-Statistical Model for Face Representation and Recognition. The tenth IEEE International Conference on Computer Vision. 17-21 October, Beijing, China.
- Zhang, B., Shan, S., Chen, X., Gao, W. (2007). Histogram of Gabor Phase Patterns (HGPP): A Novel Object Representation Approach for Face Recognition. *IEEE Transactions on Image Processing*, Cilt 16, Sayı 1, ss. 57–68.



Effect of Processing Conditions on the Electrospinning Behavior of Polyvinylpyrrolidone with Lower Toxicity Solvents

Nurcan Şenol¹, Şerife Akkoyun^{2*}

¹ Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-3699-433X)

² Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-6676-6389)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819593)

ATIF/REFERENCE: Şenol, N. & Akkoyun, Ş. (2020). Effect of Processing Conditions on the Electrospinning Behavior of Polyvinylpyrrolidone with Lower Toxicity Solvents. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 121-128.

Abstract

Due to its properties such as biocompatibility, water solubility and stability, polyvinylpyrrolidone (PVP) becomes more and more attractive for biomedical applications. This polymeric material is used in various applications such as pharmaceutical aid, complexing agent or solubilizer. PVP nanofibers are often produced using PVP solutions in solvents with high toxicity such as dimethylformamide (DMF). The aim of this study is to investigate the effect of process parameters on the electrospinning behavior of polyvinylpyrrolidone in solvents with lower toxicity such as dimethylsulfoxide (DMSO) or ethanol. Therefore, solutions of PVP in ethanol, PVP in DMSO or PVP in binary solvent systems such as DMSO/ethanol or DMSO/acetone were prepared and electrospun. The effect of process parameters such as voltage, flow rate, tip-to-collector distance were examined. A solution parameter, the polymer concentration was also considered. The morphology and diameter of the electrospun nanofibers were characterized by scanning electron microscopy (SEM). The effect of the solution viscosity was also questioned. Nanofibers with a homogeneous cylindrical morphology were obtained in the case of PVP in ethanol solutions for a polymer concentration of 7 wt.%. The process parameters were: a voltage of 15kV, tip-to-collector distance of 15 cm and a flow rate of 1.25 mL/h. PVP in DMSO solutions didn't allow the obtention of solid nanofibers on the collector where a wetness zone appears. This shows that the solvent could not evaporate quickly. A wetness was also observed with PVP solutions prepared using binary solvent systems where a more volatile solvent such as ethanol or acetone was used.

Keywords: electrospinning, polyvinylpyrrolidone, DMSO, nanofiber, binary solvents.

Proses şartlarının polivinilpirolidon polimerinin düşük toksisiteli solventler ile elektroğirilme davranışı üzerindeki etkisi

Öz

Biyouyumluluk, suda çözünürlük ve kararlılık gibi özellikleri sayesinde polivinilpirolidon (PVP) biyomedikal uygulama alanlarında gündün güne artan bir ilgi görmektedir. Polimerik bir malzeme olan PVP farklı uygulamalarda farmasötik yardımcı madde, kompleks oluşturucu ya da çözücü olarak kullanılmaktadır. PVP nanolifleri genellikle dimetilformamid (DMF) gibi toksisitesi yüksek çözücüler ile hazırlanmış PVP çözeltilerinden üretilmektedir. Bu çalışmanın amacı toksisitesi düşük seviyede olan çözücüler kullanılarak hazırlanan PVP çözeltilerinden nanolif elde etmek ve üretim süreci şartlarının polivinilpirolidon polimerinin düşük toksisiteli çözücülerde hazırlanmış çözeltilerinin elektroğirilme davranışı üzerindeki etkisini araştırmaktır. Bu anlamda etil alkol, dimetilsülfoksit (DMSO) ve DMSO/etil alkol ve DMSO/aseton sistemlerinden oluşan ikili çözücüler ile karıştırılmış PVP çözeltileri hazırlanmış ve elektroğirilmiştir. Çalışma kapsamında voltaj, akış hızı, iğne ucu-toplayıcı mesafesi gibi üretim süreci parametrelerinin etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, çözeltilerin özelliklerinin etkisini incelemek adına, polimerin derişiminin etkisi de incelenmiştir. Elektroğirilmiş nanoliflerin morfolojileri ve çapları taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile incelenmiştir. Çözeltilerin viskozitesinin etkisi de ayrıca incelenmiştir. Etil alkol ile hazırlanmış % 7 oranında PVP içeren çözeltilerin elektroğirilmesi sonucunda homojen silindirik nanolifler elde edilmiştir. Kullanılan üretim süreci parametreleri şu şekilde verilebilir: nanoliflerin üretiminde 17.5 kV'luk bir voltaj uygulanmıştır, iğne ucu-toplayıcı mesafesi 15 cm olarak sabitlenmiştir ve 1.25 mL/s oranında bir akış hızı kullanılmıştır. DMSO ile hazırlanan PVP

* Corresponding Author: Ankara Yıldırım Beyazıt University, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Ankara, Turkey, ORCID: 0000-0002-6676-6389, sakkoyun@ybu.edu.tr

çözeltileri ile katı nanolifler elde edilememiş ve toplayıcı üzerinde bir ıslaklık gözlemlenmiştir. Bu durum aslında DMSO'nun yeterince hızlı bir şekilde uçmadığını göstermektedir. Bu sebeple daha uçucu çözücüler olan etil alkol ve aseton ile ikili çözücü sistemler ile PVP çözeltileri hazırlanıp elektroğirilmiştir. İkili çözücü sistemleri ile de DMSO çözeltileri ile olduğu gibi toplayıcı üzerinde bir ıslaklık gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: elektroğirme, polivinilpirolidon, DMSO, nanolif, ikili çözücü.

1. Introduction

Due to their small pore size and high aspect ratio or surface area to volume ratio, nanofibers present superior material performances. Different production techniques have been developed to use the advantages of nanofibers in various application areas. Several methods exist for the production of polymer nanofibers such as drawing, template synthesis, phase separation, self-assembly and electrospinning. With the increasing popularity of nanotechnology in recent years, the use of polymers as ultrafine fibers remains important (Huang, Zhang, Kotakic, & Ramakrishna, 2003). Electrospinning, allows the production of nanofibers from polymer solution or melt, and complex and continuous three-dimensional fiber can be obtained. This technique is at the forefront due to its simple and effective application compared to other fiber production methods. High production rate and low cost are among its advantages. This technique consist in the production of continuous fibers using polymer melt or polymer solution. The device consists of a feeding pump with a metal tip syringe, a high voltage supply and a grounded conductive collector where the fibers are collected. The collector can be used vertically or horizontally (Rogina, 2014).

In electrospinning a high voltage is applied on the metallic needle of the syringe containing the polymer solution during the pumping through the metallic collector. The electric field induces the formation of a conical shape (Taylor cone) at the tip of the needle. When the electrostatic forces overcome the polymer surface tension forces, the charged jet is ejected from the Taylor cone, and uniaxial deformation occurs towards the grounded collector. Thus, with the whipping of the formed jet, the solvent evaporates, and solid continuous fibers are formed on the collector (Rogina, 2014), (Unnithan, R.S., & Kim, 2015), (Reneker & Chun, 1996).

It is important to examine the process parameters that affect fiber morphology and diameter (Frenot & Chronakis, 2003). Homogeneous fibers with desired diameter and morphology can be obtained by changing these parameters (Unnithan, R.S., & Kim, 2015) (Alghoraibi & Alomari, 2018) (Haider, Haider, & Kang, 2018).

The molecular weight of the polymer has important effects in forming fibers from the viscoelastic jet. If a lower concentration of polymer is used, beaded structures are formed instead of continuous fibers. The increase of the molecular weight makes the fiber morphology homogeneous and more stable. However, very high molecular weights cause the formation of micro and flat fibers instead of nanofibers. Moreover, if the molecular weight increases, the viscosity increases and the evaporation rate of the solvent can be reduced, and thus, the dry fibers can be collected on the collector (Unnithan, R.S., & Kim, 2015), (Koski, Yim, & Shivkumar, 2004).

The choice of the solvent is one of the most important parameters depending on the application area targeted and influencing fiber diameter and fiber morphology. The solvent must completely dissolve the polymer. Solvents with high evaporation rates are desired as they facilitate the dry fiber formation. Weakly volatile solvents cause the fibers to remain wet and retard their drying, involving the formation of beaded nanofibers. In some cases, a second solvent is added to the polymer solution in order to provide fast evaporation of solvent with different evaporation rates (Haider, Haider, & Kang, 2018).

In recent years, polyvinylpyrrolidone (PVP) found application in different areas. Its properties such as non-toxicity, good physiological biocompatibility, stable chemical structure, good solubility in water and various organic solvents, and good physical properties make PVP more and more attractive. PVP has applications in various fields such as biomedical applications, pharmaceutical industry, optical and electrical equipments, membranes, adhesives, cosmetics and many environmental and engineering applications. For biomedical applications, studies are focused on the use of PVP nanofibers in wound and burn dressing, fast-dissolving drug membranes, core shell nanofibers for wound healing and the use of magnetic core shell fibers for cellular imaging (Teodorescu & Bercea, 2015).

Therefore, the aim of this study is to investigate the effect of process parameters on electrospinning behavior of PVP in solvents with lower toxicity such as dimethylsulfoxide (DMSO) or ethanol. The effective electrospinning of nanofibers from PVP in DMSO solution would be important especially for biomedical applications. Although very few studies on needleless electrospinning of PVP are present in the literature (Wortmann, et al., 2019), to our knowledge, no study exist on the electrospinning of this polymer/solvent system with metallic needle. Thus, experiments were realized with ethanol and DMSO as solvents. In order to improve the volatility of DMSO, binary solvent systems composed of DMSO/ethanol or DMSO/acetone were also investigated.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

The polymer used in this study is polyvinylpyrrolidone, PVP (K85-95, Mw ~1 300 kg/mol, Acros Organics). Ethanol with a density of 0.789 g/cm³ and molar mass of 46,07 g/mol was used as solvent (96% purity, Dr. Derman). The other solvents used are dimethyl sulfoxide (DMSO) with a density of 1.1 g/cm³ and a purity >99% (Merck) and acetone (BIRPA Kimya, Purity: 99.5%, Density: 0.791-0.793 g/cm³).

2.2. Preparation of polymer solutions

PVP in ethanol of different concentrations (between 5 wt.% and 14 wt.%) were prepared in order to determine the optimum polymer concentration. For this purpose, PVP powder was dissolved into ethanol under magnetic stirring for 3h at ambient temperature. PVP in DMSO, PVP in DMSO/Acetone solvent mixture at a 9:1 ratio and PVP in DMSO/Ethanol solvent mixture at a ratio of 8:2 were also prepared using the same method detailed above.

2.3. Fabrication of PVP nanofibers by electrospinning

An in-house electrospinning device was used for the fabrication of nanofibers. A schematic representation of the electrospinning process is given in Figure 1. The process starts by introducing the polymer solution into the syringe. Then, the solution is pumped through the grounded metallic collector. When a high voltage is applied on the metallic needle, a polymer solution whipping jet evolves through the collector. During their trajectory, the nanofibers solidify as the solvent evaporates and solid nanofibers are gathered on the collector.

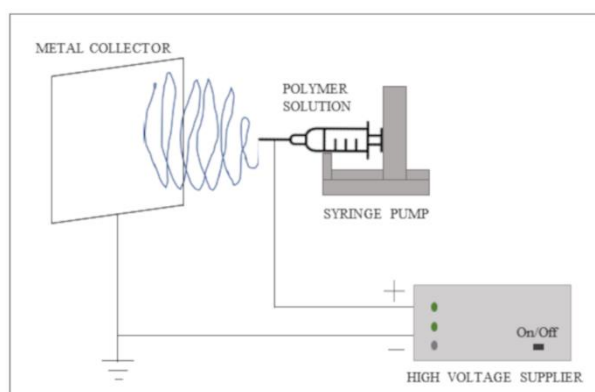


Figure 1. Schematic representation of the electrospinning setup

2.4. Characterization

Shear viscosity of polymer solutions was characterized with a RheolabQC (Anton Paar) rotational rheometer.

The morphology of the electrospun nanofibers was examined by scanning electron microscopy (SEM) using a HITACHI FlexSEM 1000 II microscope. Before SEM analysis, the samples were coated with Al by vapor deposition (NVBJ-300 TH).

The diameter of the nanofibers was determined using Image J software (v. 1.52i, National Institute of Health, USA) from 100 nanofibers as described in the literature (Maleki, Natalello, Pugliese, & Gelain, 2017).

3. Results and Discussion

3.1. PVP/Ethanol System

3.1.1. Effect of PVP concentration

In order to investigate the effect of polymer concentration on the morphology and diameter of nanofibers, solutions of PVP in ethanol of different concentrations varying between 5 wt.% and 14 wt. % were electrospun at a voltage of 17,5 kV, a flow rate of 1.25 mL/h and a tip-to-collector distance of 15 cm.

Figure 2 shows the spread of the electrospun mat on the metallic collector for solution of 5wt.% and 6 wt.% of PVP in ethanol. A white coating can be clearly distinguished showing the deposition of electrospun material on the aluminum foil. However, this pictures do not allow to identify the morphology of the electrospun nanofibers.

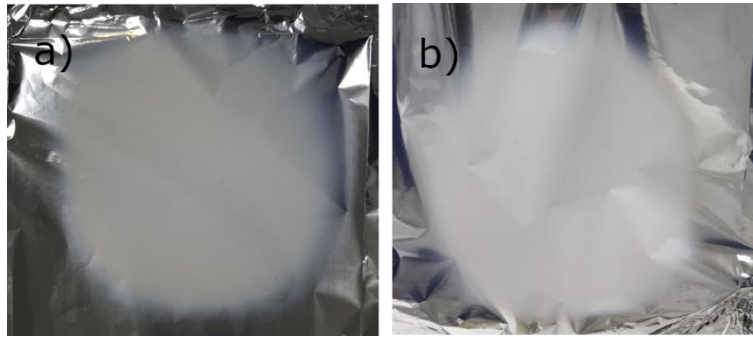


Figure 2. Pictures showing the spread of electrospun nanofiber mats on aluminum foil: a) 5% PVP in ethanol and b) 6% PVP in ethanol.

Therefore, SEM observations were performed. The micrographs obtained for samples with 7 wt.%, 8 wt.% and 10 wt.% of PVP in ethanol corresponding to cases having the most fibrous morphology are presented in Figure 3. Nanofibers diameter distributions are also given for each case. For concentrations lower than 7 wt.%, electrospinning and beaded nanofibers were obtained. According to Figure 3, the most homogenous nanofibers were obtained with a concentration of 7 wt.%. A closer look on SEM micrographs reveals that extra webs are present in both other cases. Moreover, flatter or ribbon like fibers appear for 10 wt. % case. Actually, these results are in correlation with the diameter distributions. A narrower distribution is observed for 7 wt. % which corresponds to the case where the nanofibers are the most homogeneous. When the concentration rises to 8 wt.%, extra webs appear and as it can be expected, the diameter distribution becomes larger. Then, a wider diameter distribution is obtained for 10 wt.5 of PVP in ethanol. Thus, the optimal polymer concentration was identified as 7 wt.% of PVP in ethanol.

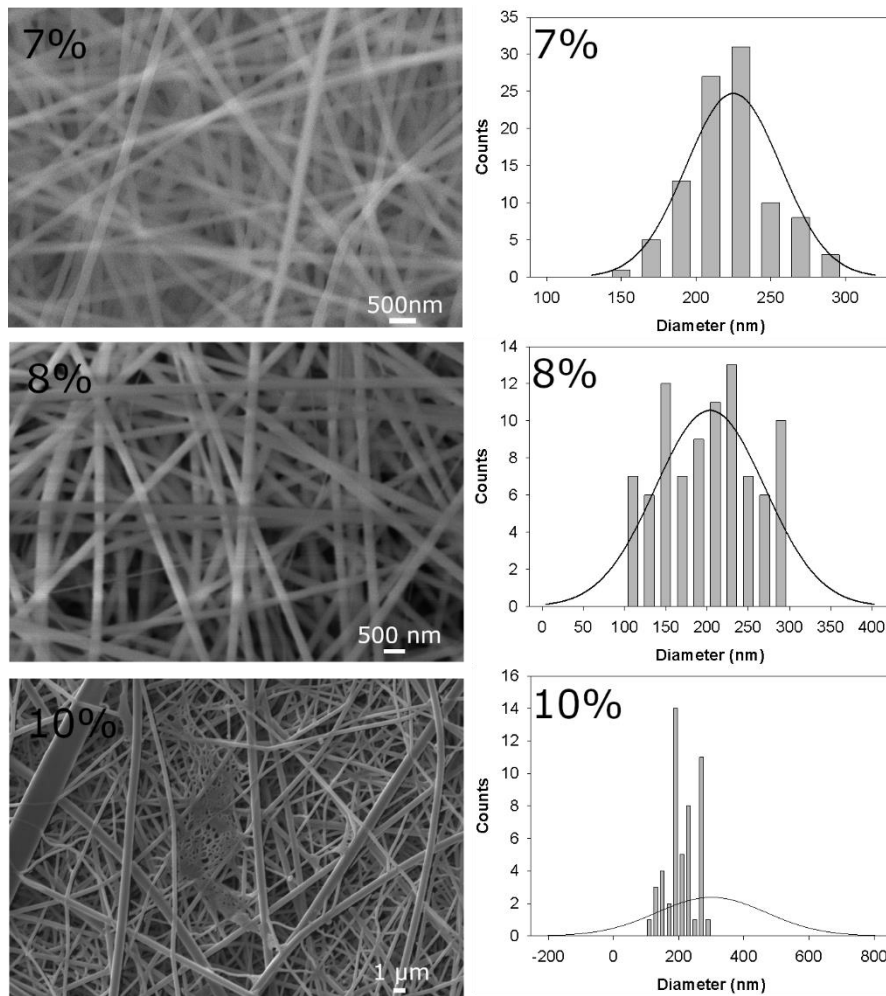


Figure 3. SEM micrographs and corresponding nanofiber diameter distributions of nanofibers obtained for a) 7% PVP in ethanol, b) 8% PVP in ethanol and 10% PVP in ethanol.

The evolution of the mean nanofiber diameter with increasing concentration is presented on Figure 4. Mean diameters around 220 nm and 200 nm were found for 7 wt. % and 8 wt.% of PVP in ethanol, respectively. Then, thicker fibers having a diameter around 300 nm are obtained for 10 wt.%.

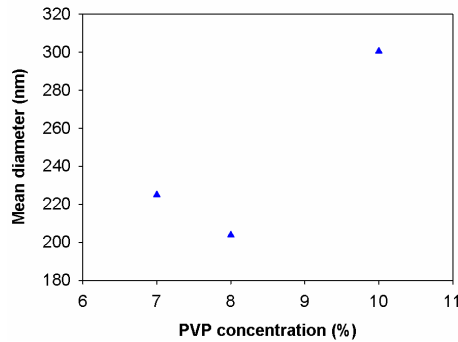


Figure 4. Evolution of the mean diameter of nanofibers with increasing concentration for concentration for which the most homogeneous fibers were observed.

A schematic representation of the evolution of the morphology of nanofibers is presented in Figure 5. For low concentrations, electrospinning occurs and beads are obtained on the collector. When the polymer concentration increases, beaded-nanobibers appear. And then, nanofibers with homogeneous, cylindrical morphology are observed corresponding to the optimum concentration. For higher polymer contents, extra-webs of thinner nanofibers appear. This morphology is followed by the appearance of flat or ribbon-like fibers. The evolution of the morphology is also summarized in Table 1.

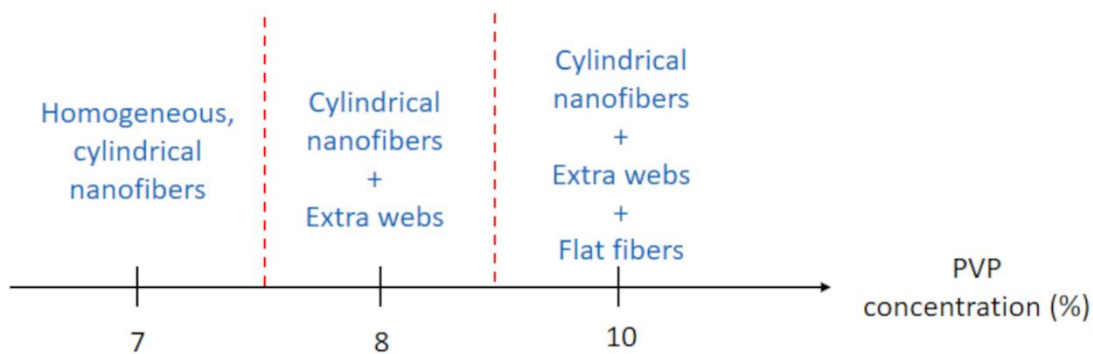


Figure 5. Schematic representation of the evolution of the morphology of nanofibers with increasing PVP concentration.

Table 1. PVP fiber morphology and splaying behavior of polymer solution according to different concentrations

Concentration by weight	Morphology
5	Spray formation
6	Spray formation
7	Uniform continuous fiber
8	Continuous but not uniform fibers
10	Network Structure and non uniform

3.1.2. Effect of voltage

In order to investigate the effect of the voltage, the electrospinning of the different PVP in ethanol solutions was performed at different voltages higher or lower than 17.5 kV without varying the other parameters. For all cases, nanofiber formation was not observed.

3.1.3. Effect of flow rate

The effect of the flow rate was also examined. The experiments were realized with the solution of 7 wt.% of PVP in ethanol which was identified as the optimum concentration. The voltage was maintained at 17.5 kV and the tip-to-collector was kept at 15 cm. The

main results are illustrated in Table 2. According to these results, at a flow rate of 1.00 mL/h, electrospinning is observed and only beads are formed on the collector. On the contrary, at a flow rate of 1.25 mL/h, homogeneous nanofibers are formed. However, similarly to the first case, at a flow rate of 1.50 mL/h, there is no fiber formation and only beads are observed.

Table 2. Electrospinning of 8 wt % PVP/ Ethanol solution with different flow rates.

Distance(cm)	Flow Rate(mL/h)	Voltage(kV)	Observation
15	1.00	17,5	Electrospinning / droplets/beads
15	1.25	17,5	Homogeneous fibers
15	1.50	17,5	Electrospinning / droplets/beads

3.1.4. Shear viscosity of the PVP/Ethanol solution

The evolution of the shear viscosity of PVP in ethanol solutions with increasing shear rate is presented on Figure 6. As expected, the viscosity increases with the increase of PVP concentration. The change in viscosity occurs due to the high molecular weight of the PVP used in this study and the increase in polymer chains as the concentration increases.

In the electrospinning process, fiber formation occurs by stretching the charged jet. The stretching of the jet results in changes on the fiber morphology and diameter with the different concentrations and viscosity of the polymer solution. Viscosity and concentration are two related parameters. For a solution with a very low concentration that is, low viscosity, when the electric field is applied, it is possible to form beaded like morphologies with nanofibers. In other words, electrospay will occur instead of fiber formation with low viscosity. If the concentration starts to increase, the surface tension will be exceeded and bead free homogeneous fibers are formed. However, if the concentration continues to increase and goes beyond a critical value, the fiber morphology changes again and helix-shaped micro ribbons will be observed, also causing the needle tip to clog. Therefore, optimum value should be provided for homogeneous fiber morphology (Unnithan, R.S., & Kim, 2015); (Haider, Haider, & Kang, 2018); (Yang, et al., 2004); (Haide, et al., 2013). It should be noticed that as mentioned in the section on the effect of polymer concentration, the diameter of the nanofibers increases with increasing polymer concentration. The same relationship is also valid with the viscosity.

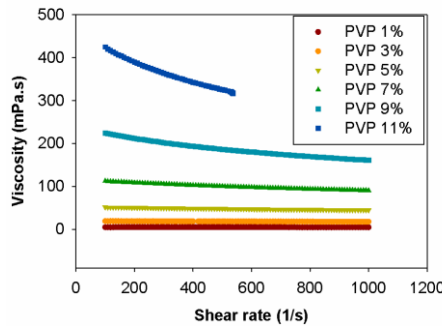


Figure 6. Shear Viscosity vs Shear Rate Graph for PVP/Ethanol Solutions

3.2. PVP/DMSO System

To our knowledge, no study exist on the electrospinning of high molecular weight PVP in DMSO solution in the literature. Moreover, very few studies exist on the electrospinning of PVP in DMSO solutions. Wortmann et al. (Wortmann, et al., 2019) worked on the electrospinning of low molecular weight PVP in DMSO. The authors obtained beaded fibers with beads was obtained from the PVP/DMSO solution formed by needleless electrospinning method.

In this study, high molecular weight PVP in DMSO solutions were prepared and tested. Table 3 presents the different process conditions tested with solution concentration of 8 wt. % at a tip-to-collector distance of 15 cm. Actually, in all cases, a wet coating is formed on the surface of the aluminum foil and no solid fiber mat was observed. This wetness is probably due to the fact that the solvent can not evaporate until the jet arrives on the collector. The pictures of the of wet deposition on aluminum foil after electrospinning of the solution of 8 wt% PVP in DMSO at a voltage of 15 kV, a flow rate of 0.75 mL/h and a tip-to-collector of 15 cm is given in Figure 7.

Table 3. Electrospinning of 8 wt% PVP/DMSO solution with different process conditions

Flow Rate(mL/h)	0.5	0.5	0.5	0.6	0.75	0.75	1.25	1.25	1.25	1.25	1.75	1.75	1.75
Voltage(kV)	15	17.5	20	15	15	17.5	15	17.5	20	22.5	15	17.5	20



Figure 7. Picture of wet deposition on aluminum foil after electrospinning of the solution of 8 wt% PVP in DMSO at a voltage of 15 kV, a flow rate of 0.75 mL/h and a tip-to-collector of 15 cm.

3.3. PVP/DMSO/Acetone System

According to the literature, acetone and DMSO are miscible solvents due to the similarity in their polarity (Wortmann, et al., 2019). Besides, PVP is a polymer soluble in both solvent and therefore, it could be dissolved in a binary mixture of these solvents.

Wortmann et al. (Wortmann, et al., 2019) used needlessness electrospinning at very high voltages between 60 and 80 kV to electrospun PVP/DMSO/acetone solutions with DMSO:acetone ratios of 9:1 and 8:2. They obtained porous and bead-free fiber morphology. The authors attributed these result to the volatility and vapor pressure differences of solvents. In this study, in order to increase the volatility of DMSO, PVP solutions in DMSO/acetone binary solvent system were prepared in a 9:1 ratio. However, the fiber mat deposited on the metallic collector remains wet and formed droplets. A picture of wetness observed on the aluminum foil after the electrospinning of a 8 wt. % PVP in DMSO/acetone solution (DMSO/acetone ratio of 9:1) is given as illustration in Figure 8. These results are contrary to the observations of Wortmann et al. which is probably due to the high molecular weight of PVP used in this study but also to the ambient temperature during experiments.



Figure 8. Picture of wet deposition on aluminum foil after electrospinning of the solution of 8 wt% PVP in DMSO/acetone binary solvent system.

3.4. PVP/DMSO/Ethanol System

The other binary solvent system tested for improving the evaporation of DMSO, is DMSO/ethanol system at a ratio of 8:2. PVP solutions were prepared and electrospun. However, the wetness was again observed on the aluminum foil for each case. A picture of wetness observed on the aluminum foil after the electrospinning of a 8 wt. % PVP in DMSO/ethanol solution (DMSO/ethanol ratio of 8:2) is given as illustration in Figure 9.



Figure 9. Picture of wet deposition on aluminum foil after electrospinning of the solution of 8 wt% PVP in DMSO/ethanol binary solvent system.

4. Conclusion

The aim of this study is to investigate the electrospinning behavior of PVP with lower toxicity solvents. Ethanol, DMSO, DMSO/acetone binary system and DMSO/ethanol binary systems were used as solvents. Solutions at different concentrations of PVP were prepared and electrospun at various processing conditions. Homogeneous continuous nanofibers with a mean diameter around

200nm were obtained when ethanol is used as solvent for 7 wt.% of PVP. The optimum processing conditions were identified as a voltage of 17.5 kV, a tip-to-collector distance of 15 cm and a flow rate of 1.25 mL/h.

Although the solvent evaporates during electrospinning, solvents with lower toxicity such as DMSO are preferable for biomedical applications. Therefore, solutions of PVP in DMSO were electrospun and the results show that DMSO do not evaporate during the trajectory of the jet through the collector.

In order to overcome this wetness problem, DMSO/acetone and DMSO/ethanol binary solvent systems were used to prepare PVP solutions. Despite the solvent system and the change in solvent ratios, the wetness on the collector surface was still present and the solvent was not volatile enough.

References

- Alghoraibi, I., & Alomari, S. (2018). Different methods for nanofiber design and fabrication. In A. Barhoum, M. Bechelany, & A. S. Makhlof (Eds.), *Handbook of Nanofibers* (pp. 1-46). Springer International Publishing.
- Frenot, A., & Chronakis, I. S. (2003). Polymer nanofibers assembled by electrospinning. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 8(1), pp. 64-75.
- Geng, X., Kwon, O.-H., & Jang, J. (2005). Electrospinning of chitosan dissolved in concentrated acetic acid solution. *Biomaterials*, 5427-5432.
- Haide, S., Al-Zeghayer, Y., Ahmed Ali, F. A., Haider, A., Mahmood, A., Al-Masry, W. A., . . . Aijaz, M. O. (2013). Highly aligned narrow diameter chitosan electrospun nanofibers. *Journal of Polymer Research*, 105, pp. 1-11.
- Haider, A., Haider, S., & Kang, I.-K. (2018). A comprehensive review summarizing the effect of electrospinning parameters and potential applications of nanofibers in biomedical and biotechnology. *Arabian Journal of Chemistry*, 11(8), pp. 1165-1188.
- Huang, Z.-M., Zhang, Y.-Z., Kotakic, M., & Ramakrishna, S. (2003). A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. 63(15), pp. 2223-2253.
- Illia Krasnou, E. T. (2008). Rheological Behavior of Poly(vinylpyrrolidone)/Fullerene C60 Complexes in Aqueous Medium. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, 500-510.
- Koski, A., Yim, K., & Shivkumar, S. (2004). Effect of molecular weight on fibrous PVA produced by electrospinning. *Materials Letters*, 58(3-4), 493-497.
- Maleki, M., Nataello, A., Pugliese, R., & Gelain, F. (2017). Fabrication of nanofibrous electrospun scaffolds from a heterogeneous library of co- and self-assembling peptides. *Acta Biomaterialia*, 51, pp. 268-278.
- Reneker, D. H., & Chun, I. (1996). Nanometre diameter fibres of polymer produced by electrospinning. *Nanotechnology*, 7(3), pp. 216-223.
- Rogina, A. (2014). Electrospinning process: Versatile preparation method for biodegradable and natural polymers and biocomposite systems applied in tissue engineering and drug delivery. *Applied Surface Science*, 296, pp. 221-230.
- Teodorescu, M., & Bercea, M. (2015). Poly(vinylpyrrolidone) – A versatile polymer for biomedical and beyond medical applications. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(9), pp. 923-943.
- Unnithan, A. R., R.S., A., & Kim, C. S. (2015). Chapter 3 - Electrospinning of polymers for tissue engineering. In S. Thomas, Y. Grohens, & N. Ninan (Eds.), *Nanotechnology Applications for Tissue Engineering* (pp. 45-55). William Andrew - Elsevier.
- Wortmann, M., Frese, N., Sabantina, L., Petkau, R., Kinzel, F., Götzhäuser, A., . . . Ehrmann, A. (2019). New polymers for needleless electrospinning from low-toxic solvents. *Nanomaterials*, 9(1), p. 52.
- Yang, Q., Li, Z., Hong, Y., Zhao, Y., Qiu, S., Wang, C., & Wei, Y. (2004). Influence of solvents on the formation of ultrathin uniform poly(vinyl pyrrolidone) nanofibers with electrospinning. *Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics*, 42(20), pp. 3721-3726.
- Zong, X., Kim, K., Fang, D., Ran, S., Hsiao, B. S., & Chu, B. (2002). Structure and process relationship of electrospun bioabsorbable nanofiber membranes. *Polymer*, 4403-4412.



Mikrodalga Görüntüleme Sistemleri için Mikroşerit Anten Tasarımı

Mustafa Mutlu¹, Çetin Kurnaz^{2*}

¹ Ordu Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Ordu, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6756-0668)

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3436-899X)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819567)

ATIF/REFERENCE: Mutlu, M. & Kurnaz, Ç. (2020). Mikrodalga Görüntüleme Sistemleri için Mikroşerit Anten Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 129-137.

Öz

Bu çalışmada, pek çok kanser tümörünün tespitinde kullanılmak üzere giyilebilir bir dikdörtgen mikroşerit anten tasarımı ve gerçekleştirilmesi yapılmıştır. Mikrodalga görüntüleme sistemlerinde hem alıcı hem de verici olarak kullanılacak antenin yama ve toprak kısmı iletken (bakır) banttandır, yalıtkan kısmı ise PF-4 (köpük) malzemeden oluşturulmuştur. CST programı kullanılarak tasarlanan antenin çalışma frekans aralığı 1.71 GHz ile 8.53 GHz arasında olup bant genişliği 6.82 GHz'dir. Gerçeklenen antenin bant genişliği ise 6.75 GHz'dir (1.6 GHz- 8.35 GHz). Anten kazancı 5.31 dB gibi oldukça yüksek bir değerdir. Dar bantlı ve düşük kazançlı klasik mikroşerit antenlerden farklı olarak tasarlanan ve gerçekleştirilen anten ultra geniş bant gerektiren uygulamalarda rahatlıkla kullanılabilir. Ayrıca tasarlanan antenin ışıma karakteristiğinin oldukça iyi ve etrafında oluşan elektrik alan değişiminin sağlık açısından bir sorun yaratmayacak düzeyde olduğu da söylenebilir. İnsan vücudundaki organların iletkenlik değerlerinin değişiminin 1 GHz- 10 GHz frekans bandında yüksek olduğu; sağlam dokular ile tümörlü/kanserli dokuların iletkenlik değerlerinin farklı olduğu gerçeğinden yola çıkarak tasarlanan antenin akciğer, beyin, karaciğer, böbrek gibi organlarda bulunan tümörleri tespit etme için dizayn edilecek mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılabilir. Ayrıca tasarlanan antenin giyilebilir bir formda olması özellikle kanser riski yüksek olan hastaların sürekli izlemesine de olanak tanımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Mikroşerit anten, Giyilebilir anten, Ultra geniş bant, Mikrodalga görüntüleme, CST.

Microstrip Antenna Design for Microwave Imaging Systems

Abstract

In this study, design and fabrication of a rectangular microstrip antenna is made to use for the determination of many cancer tumors. The antenna can be used as both receiver and transmitter, and its patch and ground part is composed of conductor (copper) band whereas the insulator part is made of PF-4 (foam). The antenna is designed by using the computer program CST, and its operation frequency interval is between 1.71 GHz and 8.53 GHz, i.e., bandwidth is 6.82 GHz. Bandwidth of the fabricated antenna is 6.75 GHz (1.6 GHz-8.35 GHz). Antenna gain is 5.31 dB which is quite high. The antenna which is designed and fabricated in a different way from the conventional narrowband and low-power microstrip antennas can be used easily in the cases requiring ultra high band. Besides, it can be said that propagation characteristics of the designed antenna is quite good, and the electric field variation around it is on the level that does not pose a problem for the health. Conductivity value variations of human organs between 1 GHz- 10 GHz frequency band is high. Conductivity values of healthy tissues and tissues with tumor/cancer are different. By using these facts, the designed antenna can be used for microwave monitoring systems to be designed for determining the tumors in the organs such as lung, brain, liver and kidney. Also, since the designed antenna is wearable, it enables following the patients especially with high cancer risk continuously.

* Sorumlu Yazar: Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3436-899X, ckurnaz@omu.edu.tr

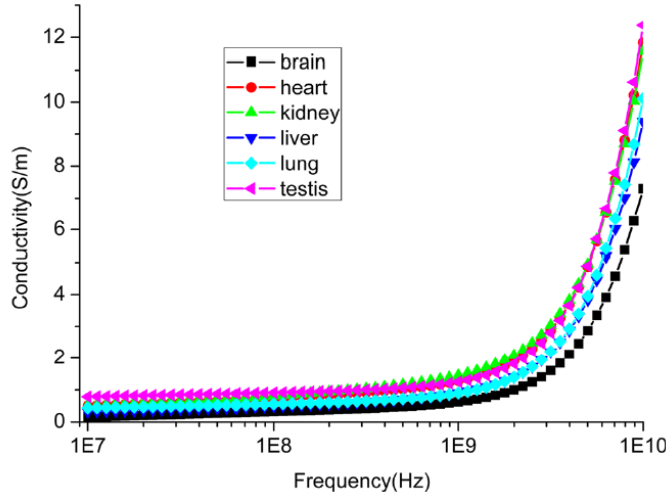
Keywords: Microstrip Antenna, Wearable antenna, Ultra wideband, Microwave imaging, CST.

1. Giriş

Kanser tüm dünyada ciddi bir halk sağlığı problemi olup sebebi bilinen ölümler arasında kalp ve damar hastalıklarından sonra ikinci sırada yer almaktadır (WHO, 2020). Dünya sağlık örgütünün (world health organization, WHO) 2018 yılı verilerine göre toplam dünya nüfusunun içindeki toplam kanser vaka sayısı %0.23'dür. Bu vakalardaki ölüm oranı %52.8 ve bu ölümlerin %11.6'sı ise akciğer kanseri kaynaklıdır (WHO, 2020; WCRF, 2020). Dünya genelinde ölüm nedeni en çok olan kanser türü akciğer kanseri olup, akciğer kanserinin erkeklerde görülme sıklığı %25'dir (WCRF, 2020). Sağlık Bakanlığı verilerine göre Türkiye'de kanserden ölüm oranının yaklaşık %20 olup her yıl 80 bin kişi kanser nedeniyle hayatını kaybetmektedir (GCO, 2020; HSGM, 2020). Kanser tedavisinde erken tanı hayatta kalım için hayati öneme sahiptir. Kanser için erken tespiti için hâlihazırda değişik yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar kısaca tıbbi görüntüleme ve kan testleri olmak üzere iki başlık altında toplanabilir. Tıbbi görüntüleme yöntemleri (röntgen, bilgisayarlı tomografi, manyetik rezonans görüntüleme ve PET) bir kişinin vücudunda kanserli hücrenin olup olmadığını belirlemesinde günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Röntgen (X-ışını) ucuz ve basit bir görüntüleme tekniği olmasına rağmen, iyonlaştırıcı özelliğinden dolayı vücut için zarar oluşturabilmektedir. X ışını kemikten geçemediği için kemiklerin altında kalan bölgelerle ilgili bilgi alınmaz. Ayrıca röntgen üç boyutlu bilgi de içermemektedir. Bilgisayarlı tomografi (computer tomography, CT) yüksek çözünürlükte üç boyutlu veri ve anatomik bilgi verebilmektedir. Röntgene göre yüksek dozda radyasyon içerir. Yumuşak dokularda iyi veya kötü huylu olup olmadığıyla ilgili yanılma payına sahiptir. Manyetik rezonans görüntüleme (magnetic resonance imaging, MRI) temelde insan vücudundaki su molekülündeki hidrojen atomunu yönlendirme ve elektromanyetik enerji verip alarak üç boyutlu görüntüleme sağlamaktadır. Yumuşak dokularda çok iyi görüntüleme sağlamaktadır. MRI hem çok pahalı hem de diğer görüntüleme cihazlarına göre yavaştır. MRI'nın en büyük avantajı X ışını içermemesidir. Ultrason insan kulağının duyamayacağı frekansta ses dalgasına dayalı bir görüntüleme tekniği olup gerçek zamanlı düşük çözünürlükte görüntüleme sağlamaktadır. Ucuz ve sağlık açısından tehlike oluşturmaz, kısıtlı alanlarda (anne karnındaki çocuğun görüntülenmesi vb.) kullanılmaktadır. Nükleer görüntüleme (pozitron emisyon tomography, PET) insan vücuduna damar yoluyla radyoaktif madde vererek kanser tanısında ve tedavisinin (metastazda) takip edilmesi için üç boyutlu görüntüleme sağlamaktadır.

İnsan vücudundaki kanser tümörünü/hücrelerini mikrodalga görüntüleme (microwave imaging) tekniklerini kullanarak tespit etmek son yılların popüler çalışma konuları arasındadır. Mikrodalga görüntüleme tekniklerinin temel elemanı mikroşerit antenler olup, mikroşerit anten teknolojisindeki gelişmeler mikrodalga görüntüleme tekniklerine olan ilgiyi daha da artırmıştır. İlk mikroşerit anten 1953 yılında ABD'de Deschamps tarafından tasarlanmıştır (Deschamps, 1953). 1955 yılında Gutton ve Baissinot, Fransa'da UHF bölgesinde kullanılabilen düz bir mikroşerit antenin patentini almıştır (Georges ve Henri, 1955). İlk pratik mikroşerit anten 1974 yılında Munson tarafından yapılmıştır (Munson, 1974). Temel olarak dikdörtgen ve dairesel mikroşerit antenlerin tasarımı 1975 yılında Howell tarafından yapılmıştır (Howel, 1975). 1990 yılından sonra ise mikroşerit antenler biyomedikal uygulamalarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu tarihten itibaren mikroşerit antenlerin biyomedikal alanda kullanımları her geçen gün artmıştır. Bu çalışmalardan özellikle ultra geniş bantlı (ultra wide band, UWB) biyomedikal uygulamalı olanlarından bazıları kısaca şu şekildedir. Kol üzerine yerleştirilebilen ve 3- 6 GHz frekans bandı arasında çalışan giyilebilir mikroşerit anten dizayn edilmiştir (Zasowski ve dig., 2003). 3.1 GHz- 10.6 GHz frekansında çalışan giyilebilir bir UWB antenin dizaynını ve Voxel vücut modeli üzerinde, özgül emilim oranı (specific absorption rate, SAR) analizi yapılmıştır (Chahat ve dig., 2010). Dielektrik malzeme olarak pamuk polyesterden yapılmış ölçüleri aynı, dielektrik katsayıları farklı 2.45GHz frekansında çalışan giyilebilir dört tane dikdörtgen antenin bükülme koşulları altında incelenmesi yapılmıştır (Sankaralingam ve Gupta, 2010). Giyilebilir antenlerin sonlu entegrasyon yöntemi (Finite Integration Technique, FIT) kullanılarak SAR ve ortamla temasın biyolojik etkilerinin değerlendirilmesini yapmak için 4-11GHz arasında çalışan üçgen mikroşerit anten tasarlanmıştır (Tuovinen ve dig., 2013). İnsan vücut yüzeyine uyumlu geniş bantlı (2.4 GHz-12.8 GHz) eliptik anten tasarlanmıştır (Faria, 2015). Hastane acil durumlarına ihtiyaç duyulduğunda izleme, uyarı verme yeteneğine sahip çok geniş bantlı (2-19 GHz) tekstil gibi giyilebilir dairesel mikroşerit anten tasarlanmıştır (Singh ve dig., 2015). Kablosuz vücut alan ağı (wireless body area network, WBAN), UWB (3.1 GHz- 10.6GHz) bandında çalışan, yamuk şekilli, kauçuk dielektrik malzemeli mikroşerit anten tasarımı ve analizleri yapılmıştır (Lakshmanan ve Sukumaran, 2015). HFSS (high frequency structure simulator) kullanılarak 1.43 GHz- 6.5 GHz frekansında çalışan iki dikdörtgen giyilebilir anten tasarımı yapılmıştır (Akalya ve Nandalal, 2017). Giyilebilir uygulamalar için eşit yama alanına sahip ve üç farklı (kot, kadife, keçe) dielektrik tekstil kumaş kullanılarak 2.4 GHz, 3 GHz ve 5.8 GHz frekansında çalışan, dikdörtgen, daire ve eşkenar üçgen şekilli giyilebilir üç antenin performansı incelenmiştir (Albairaqdar, 2018). Biyomedikal uygulamalar için 3 GHz- 12 GHz frekans bandında çalışan ve farklı özelliklere sahip anten tasarımı yapılmıştır (Rajkamal ve Immadi, 2018). Meme kanserinin teşhisi için kafes bir gövdenin üstüne 6 elemanlı 2.65GHz frekansında çalışan kompakt düşük profilli giyilebilir dikdörtgen dizi anten tasarlanmıştır (AlShehhi, 2018). Meme kanserinin tespiti için giyilebilir geniş bantlı (1.6 GHz – 11.2 GHz) mikroşerit anten tasarlanmıştır (Alsharif ve Kurnaz, 2018).

İnsan vücudundaki her organa ait bir elektriksel özellik mevcut olup bu özellikler frekansla değişim göstermektedir. Herhangi bir organın elektriksel modeli belirlenirken, çalışma frekansına bağlı olarak organın iletkenlik (σ) elektriksel ve (ϵ_r) manyetik geçirgenlik (μ_r) değerleri belirlenmelidir. Şekil 1'de insan vücudundaki bazı organların iletkenlik değerlerinin 10 MHz – 10 GHz frekans bandındaki değişimi verilmiştir (Chen ve dig., 2017). İnsan vücudunda tümörlü/kanser dokusu ile normal doku arasındaki temel ayrım elektriksel özelliklerinin farklı olmasıdır. Elektriksel özelliklerinin farklı olmasına bağlı olarak bu dokular üzerine gönderilen elektromanyetik dalgaların yansımaları da farklı olmaktadır. Bu elektriksel özellik farkını kullanmak mikrodalga görüntüleme sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Mikrodalga görüntüleme sistemlerinde elektromanyetik dalgayı doku üzerine göndermek için verici anten, doku üzerinden yansıyan bileşenlerini toplamak için de alıcı anten kullanılır. Şekil 1'den de görüldüğü gibi akciğer, beyin, karaciğer, böbrek gibi organlarda bulunan tümörleri tespit etmek için kullanılacak antenlerin çalışma bant genişliği yaklaşık 1 GHz ile 10 GHz arasında olmalıdır.



Şekil 1. İnsan vücudundaki bazı organların iletkenlik değerinin frekansla değişimi

Mikrodalga görüntüleme sistemlerinde, vücutta bulunan kanserli dokuyu/hücreyi mikroşerit anten kullanarak tespit etmek için en yaygın olarak kullanılan yöntem; verici anten ile gönderilen sinyalin vücutun ilgili bölgesindeki yansımaları alıcı anten kullanarak kaydetmek ve işaret işleme yöntemleri ile analiz etmektir. Normal doku ile tümörlü dokunun elektriksel özellikleri farklı olduğundan gönderilen sinyalin bu dokulardan yansyarak alıcıya ulaşan sinyal değerlerinin genlikleri de farklı olacaktır. Bu farklı yansıma değerleri kaydedilerek ve değişimleri incelenerek vücutun ilgilenilen bölgesinde bir tümör dokusunun var olup olmadığı bilgisine ulaşılabilir. Bu çalışmada akciğer, beyin, karaciğer, böbrek gibi organlarda bulunan tümörleri tespit etmek için kullanılmak üzere 1 GHz ile 10 GHz arasında çalışabilen küçük boyutlu bir mikroşerit anten tasarlanmıştır. Antenin pratikte kullanılması için insanın göğüs kısmına yerleştirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden kişiyi/hastayı rahatsız etmemesi için, antenin iki katmanı iletken bakır banttın, yalıtkan kısmı ise PF-4 (köpük) malzemeden olmak üzere giyilebilir/esneyebilir malzemeden yapılmıştır. Ayrıca antenin boyutları insana herhangi bir rahatsızlık vermemek adına insan vücudunun herhangi bir noktası için büyük olmayacak şekilde seçilmiştir.

Makalenin geri kalanı şu şekilde organize edilmiştir: II. Bölümde mikroşerit antenlerin tasarımında kullanılan temel eşitlikler ve tasarlanacak olan antenin fiziksel özellikleri sunulurken, III. Bölümde tasarlanan ve gerçekleştirilen anten için yapılan değerlendirmeler verilmiştir. Makale V. Bölüm olan Sonuçlar bölümü ile sonlandırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Mikroşerit anten tasarımında ilk olarak çalışma frekansı (f_r), elektriksel geçirgenlik katsayısı (ϵ_r) ve dielektrik malzemenin yüksekliği (h) değerleri belirlenir. Sonrasında bu değerler (1), (2) ve (3) eşitliklerinde yerleştirilerek yama (patch) kısmının genişliği (W), yalıtkanın geçirgenlik katsayısının etkin değeri (ϵ_{eff}), saçaklanma etkisiyle yama boyundaki değişim (ΔL) hesaplanır (Balanis, 2005).

$$W = \frac{c}{2f_r} \sqrt{\frac{2}{\epsilon_r + 1}} \quad (1)$$

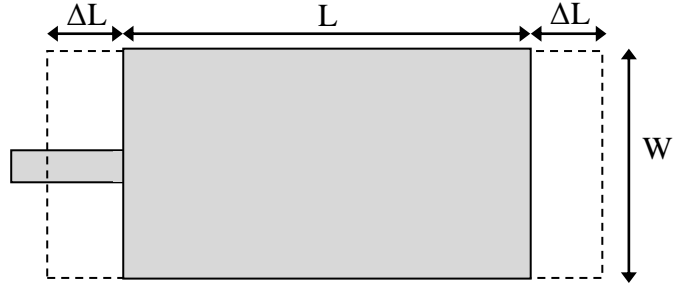
$$\epsilon_{eff} = \frac{\epsilon_r + 1}{2} + \frac{\epsilon_r - 1}{2} \left[1 + 12 \frac{h}{W} \right]^{-\frac{1}{2}} \quad (2)$$

$$\Delta L = 0.412 h \frac{(\epsilon_{eff} + 0.3) \left(\frac{W}{h} + 0.264 \right)}{(\epsilon_{eff} - 0.258) \left(\frac{W}{h} + 0.8 \right)} \quad (3)$$

Saçaklanma etkisiyle yamanın elektriksel boyu Şekil 2'de gösterildiği gibi bir artış göstermektedir. Yamanın boyutları her iki kenardan da ΔL uzunluğunda genişlediği için yamanın etkin uzunluğu (4) eşitliğinde verildiği gibi ifade edilebilir (Balanis, 2005).

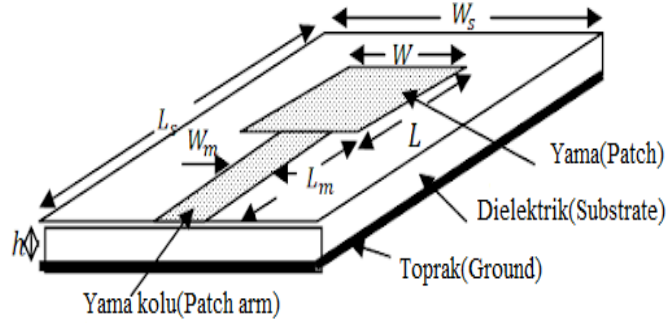
$$L_{eff} = L + 2\Delta L \quad (4)$$

$$L_{eff} = \frac{c}{2f_r \sqrt{\epsilon_{eff}}} \quad (5)$$



Şekil 2. Antenin yama kısmının üstten görünüşü

Dikdörtgen mikroşerit antenin üç boyutlu detaylı görünümü ve ilgili adlandırmalar Şekil 3’de detaylı bir şekilde verilmiştir.



Şekil 3. Dikdörtgen mikroşerit antenin üç boyutlu görünümü.

Dielektrik tabakanın kalınlığıyla ile serbet uzaydaki dalga boyu (λ_0) arasındaki ilişki (6) eşitliği ile ifade edilir (Balanis, 2005).

$$0.003\lambda_0 \leq h \leq 0.05\lambda_0 \quad (6)$$

Dielektrik tabakanın genişliği ve uzunluğuyla yamanın genişliği ve uzunluğu arasındaki ilişkiler (7) ve (8) eşitliklerinde verildiği gibidir (Balanis, 2005).

$$W_s = W + 6h \quad (7)$$

$$L_s = L + 6h \quad (8)$$

Yama kolunun genişliği (9) eşitliği ile ifade edilir (Balanis, 2005).

$$W_m = \frac{7.48 h}{e^{\left(\frac{z_0 \sqrt{\epsilon_r + 1.41}}{87}\right)}} - 1.25t \quad (9)$$

Burada t iletken malzemenin (yama ve toprak) kalınlığını göstermektedir.

Yama kolunun uzunluğu ise (10) eşitliğinde verildiği gibidir (Balanis, 2005).

$$L_m = \left(\frac{c}{f}\right) / (4 \sqrt{K}) \quad (10)$$

Burada K değeri (11), (12) ve (13) eşitliklerinde verilen katsayılar kullanılarak (14) eşitliğindeki gibi hesaplanır (Balanis, 2005).

$$G = \sqrt{4500 (\epsilon_r)^2 \left(\frac{L}{W}\right)^2 / (\epsilon_r - 1)} \quad (11)$$

$$a_3 = e^{(G\sqrt{\epsilon_r}/60)}, p = 4ha_3, q = 32h^2 \quad (12)$$

$$W_t = -\left(\frac{p}{2}\right) - \sqrt{\left(\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q\right)} \quad (13)$$

$$K = \left(\frac{\epsilon_r+1}{2}\right) + \left(\left(\frac{\epsilon_r-1}{2}\right) \times \left(\frac{1}{\sqrt{1+\left(\frac{h}{W_t}\right)}}\right)\right) \quad (14)$$

Anten değerlendirmelerinde en çok dikkat edilen parametreler yansıma katsayısı (reflection coefficient), gerilim duran dalga oranı (voltage standing wave ratio, VSWR) ve geri dönüşüm kaybıdır (return loss, RL). Bir anten için yansıma katsayısı ifadesi (15) eşitliğinde verildiği gibidir. S_{11} antenin çalışma frekans aralığını ifade etmek için kullanılan temel parametrelerdendir.

$$\Gamma = S_{11} = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} \quad (15)$$

Burada Z_L yük direncini, Z_0 ise antenin karakteristik empesansını göstermektedir.

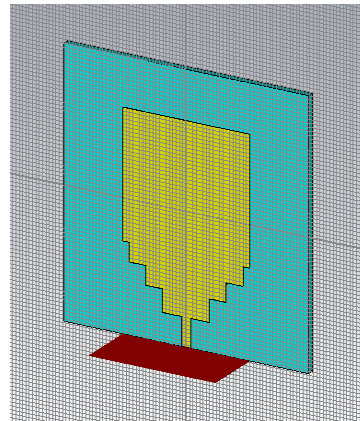
Gerilim duran daga oranı (11), geri dönüşüm kaybı ise (16) eşitliklerinde verildiği gibidir.

$$VSWR = \frac{1+|\Gamma|}{1-|\Gamma|} \quad (16)$$

Geri dönüşüm kaybı (Return Loss) ifadesi ise (17) eşitliğinde verildiği gibi hesaplanır.

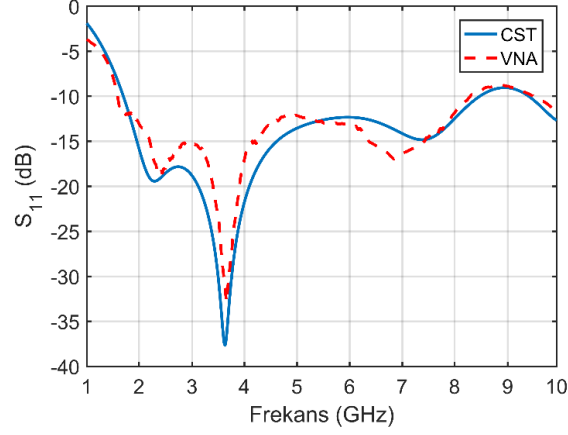
$$RL(\text{dB}) = -20 \log|\Gamma| \quad (17)$$

CST (Computer Simulation Technology) Microwave Studio programı yardımıyla tasarlanan dikdörtgen mikroşerit antene ait görsel Şekil 4'de verilmiştir. Tasarlanan dikdörtgen mikroşerit anten üç temel parçadan oluşmaktadır. Bunlar; en üstte yama, altında yalıtkan (dielektrik, substrate) malzeme ve en alt kısımda da toprak (ground) kısmıdır. Bu üç parçadan ikisi (yama ve toprak) iletken bakır banttın oluşmaktadır. Dielektrik kısım ise normal PF-4'ten oluşmuştur. Pratik olarak gerçekleştirilen antenin her üç parçasının ebatları Şekil 5'de detaylı bir Şekilde verilmiştir.



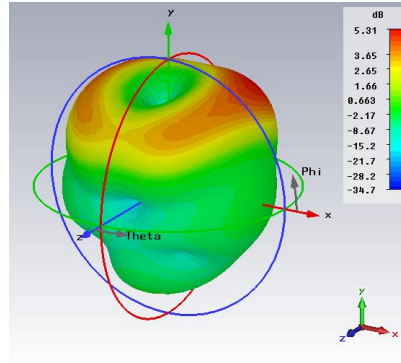
Şekil 4. CST programıyla oluşturulan dikdörtgen mikroşerit antenin görüntüsü

CST programı kullanılarak tasarlanan antenin S_{11} parametresinin CST ve VNA sonuçları Şekil 8’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi tasarlanan anten ile gerçekleştirilen antenin S_{11} parametresinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. S_{11} için -10 dB altı frekans aralığı referans alındığında CST ortamında tasarlanan antenin frekans bandı yaklaşık 6.82 GHz’dir (1.71 GHz – 8.53 GHz). Bu değer gerçekleştirilen mikroşerit anten için ise 6.75 GHz’dir (1.6 GHz- 8.35 GHz). Mikroşerit antenlerin çok dar bantlı oldukları (0.1 GHz) düşünüldüğünde çalışma kapsamında tasarlanan antenin oldukça geniş bir frekans aralığında kullanılabilir olduğu görülmektedir.



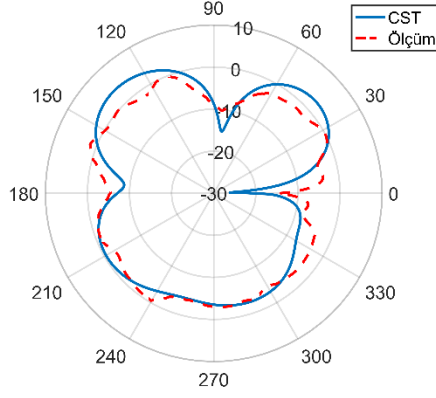
Şekil 8. Tasarlanan (CST) ve gerçekleştirilen (VNA) antenler için S_{11} değerleri

Tasarlanan antenin kazanç grafiği Şekil 9’da verilmiştir. Normalde mikroşerit antenlerde kazanç, antenlerin küçük boyutlarından dolayı oldukça küçüktür. Ancak tasarlanan antenin kazancı Şekil 9’dan da görüldüğü gibi 5.31 dB gibi yüksek bir değere sahiptir.



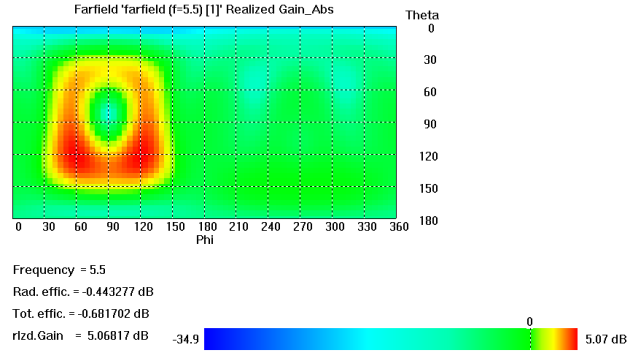
Şekil 9. Tasarlanan antenin açı değerine bağlı (phi, theta) kazanç değişimi

Kazancın kutupsal değişimi anten değerlendirmelerinde büyük bir öneme sahiptir. Bu değişime bakılarak antenin 3dB açıklığıyla, kazancın açıyla nasıl bir değişim gösterdiği kolaylıkla analiz edilebilir. Antenin iki boyutlu (2D) değişimi antenden gönderilen işaretin hangi açılarda yoğunlaştığını, antenin yönlülüğünü, alıcı anteni hangi noktaya yerleştirebileceğimizle ilgili bilgiler vermektedir. Şekil 10’da verildiği gibi antenin yönlülüğünün çok iyi olduğu, gücün yaklaşık olarak her yöne benzer yayıldığı görülmektedir.



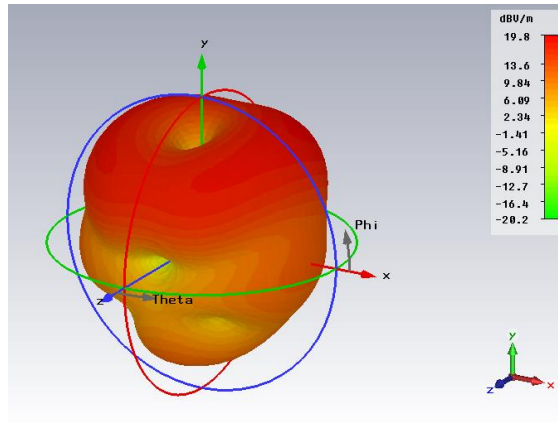
Şekil 10. Kazancın kutupsal değişimi

Antenin iki boyutlu değişimi antenden gönderilen işaretin hangi açılarda yoğunlaştığını, antenin yönlülüğünü, alıcı anteni hangi noktaya yerleştirebileceği ile ilgili bilgiler vermektedir. Tasarlanan antenin iki boyutlu kazanç değişimi Şekil 11’de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi antenin yönlülüğünün çok iyi olduğunu gücün çok dar bir alan içerisinde dağıldığı söylenebilir.



Şekil 11. Anten kazancının iki boyutlu değişimi

Elektrik alanın açılara bağlı değişimi alanın nerelerde yoğunlaştığı, değeri, alıcı anteni konumlandırma mesafesi ile ilgili bilgiler vermektedir. Şekil 12’de tasarlanan antenin etrafında oluşan elektrik alanının açıya bağlı değişimi verilmiştir. Anten etrafında elektrik alan dağılımının oldukça iyi olduğu bu değerlerin açıyla değişiminden görülebilmektedir. Elektrik alan değişimine bakılarak, pratikte bu sistemin uygulandığı kişinin maruz kaldığı elektromanyetik alanın dünya sağlık örgütünün belirlediği limit değerlerden (1 GHz – 10 GHz için en yüksek değer 35.7 dBV/m’dir (ICNIRP, 1998)) daha küçük olacak şekilde verici antenin konumlandırabileceği görülmektedir.



Şekil 12. Antenin elektrik alanının açıya (phi, theta) bağlı değişimi

4. Sonuç

Bu çalışmada akciğer, beyin, karaciğer, böbrek gibi organlarda bulunan tümörleri tespit etmek için hem alıcı hemde verici olarak mikrodalga görüntüleme sistemlerinde kullanılabilir giyilebilir dikdörtgen kesitli bir mikroşerit anten tasarlanmıştır. İlk önce CST ortamında benzetimsel olarak tasarlanan anten sonrasında gerçekleştirilmiştir. VNA ve yankısız oda koşullarında analizleri yapılan antenin CST ortamında tasarlanan antene ait parametrelerin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Tasarlanan antenin kazancı, klasik mikroşerit antenlere göre oldukça yüksektir (5.31 dB). Tasarlanan antenin çalışma frekans aralığına bakıldığında gerek teorik gerekse gerçek anten değeri için 6.8 GHz civarında olduğu görülmektedir Çok dar bandlı (0.1 GHz) klasik mikroşerit antenlerle karşılaştırıldığında bu değerlerin çok iyi olduğu görülmektedir. Antenin giyilebilir özellikte olması için dielektrik kısmı esnek bir malzeme olan PF-4 (köpük) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Böylece tasarlanan anten özellikle kanser riski yüksek olan hastaların sürekli izlemesinde rahatlıkla kullanılabilir.

Kaynakça

- Akalya, C.G., Nandalal, V., (2017). On-Body Adhesive Microstrip Antenna for Wearable Application. *International Journal of Communications*, Cilt 2, ss. 137-145.
- Albairaqdar, O.H.M. (2018) Giyilebilir Uygulamalar İçin Eşit Yama Alanına (EYA) Sahip Tekstil Dielektrik Malzeme Tabanlı Mikroşerit Antenlerin 2.4, 3 ve 5.8 GHz frekanslarındaki Performansları. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.
- Alsharif, F., Kurnaz, Ç. (2018). Wearable Microstrip Patch Ultra Wide Band Antenna for Breast Cancer Detection. 41st International Conference on Telecommunications and Signal Processing, 4-6 July 2018, Athens, Greece.
- AlShehhi, H., Alzarouni M., AlYammahi, N., Shubair, R., Ali N. (2018). Compact Low-Profile Wearable Antennas for Breast Cancer Detection. Technical Report, Cornell University.
- Balanis, C.A., (2005). *Antenna Theory: Analysis and Design*: Willey-Inter Science.
- Chahat, N., Zhadobov M., Sauleau, R., Ito, K. (2010). Design and Characterization of an UWB Wearable Antenna. *Loughborough Antennas and Propagation Conference (LAPC)*, 8-9 Nov. 2010, Loughborough, UK.
- Chen, B. Wang, J. Qi, H. Zhang, J. Chen, S. Wang, X. (2017). The Specific Absorption Rate of Tissues in Rats Exposed to Electromagnetic Plane Waves in the Frequency Range of 0.05–5GHz and SAR wb in Free-moving Rats. *Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine March*. Cilt 40, Sayı 1, ss. 21–28.
- Deschamps, G.A. (1953). *Microstrip Microwave Antennas*. 3rd USAF Symposium on Antennas.
- GCO, (2020), Türkiye Kanser İstatistikleri, <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/792-turkey-fact-sheets.pdf>, (Erişim tarihi 3 Ekim 2020).
- Georges, B., Henri, G. (1955). Flat Aerial for Ultra High Frequencies. French Patent No. 703113.
- Faria, J.V. (2015). Flexible Antennas Design and Test for Human Body Applications Scenarios. Master of thesis, Instituto Superior Tecnico Lisboa.
- Howell, J.W. (1975). Microstrip antennas. *IEEE Transactions Antennas Propagation*. Cilt AP-23, Sayı 1, ss. 90-93.
- HSGM, (2020), Türkiye Kanser İstatistikleri 2016, https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/kanser-db/istatistik/Trkiye_Kanser_statistikleri_2016.pdf, (Erişim tarihi 3 Ekim 2020).
- ICNIRP, (1998). Guidelines for Limiting Exposure to Time-varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz). *Health Physics*. Cilt 74, Sayı 4, ss.494-522.
- Lakshmanan, R., Sukumaran, S. K. (2015). Flexible Ultra Wide Band Antenna for WBAN Applications. *Procedia Technology*. Cilt 24, ss. 880-887.
- Munson, R.E. (1974). Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased Arrays. *IEEE Transactions Antennas Propagation*, Cilt AP-22, Sayı 1, ss. 74-78.
- Rajkamal, K., Immadi, G. (2018). Design and Analysis of Different Substrate Materials for UWB Antenna used for Biomedical Applications. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*. Cilt 96, Sayı 7, ss. 1992-8645.
- Sankaralingam, S., Gupta, B. (2010). Development of Textile Antennas For body Wearable Applications and Investigations On Their Performance under Bent Conditions. *Progress in Electromagnetics research*, Cilt 22, ss. 53-71.
- Singh, N. Singh, A.K., Singh V. K. (2015). Design and Performance of Wearable Ultra Wide Band Textile Antenna for Medical Applications. *Open Engineering*, Cilt 57, Sayı 5, ss.117–123.
- Tuovinen, T., Berg, M., Kamyra, Y., Matti, Y., Jari Iinatti, H. (2013). On the Evaluation of Biological Effects of Wearable Antennas on Contact with Dispersive Medium in Terms of SAR and Bio-Heat by Using FIT Technique Centre for Wireless Communications. *International Symposium on Medical Information and Communication Technology*. 6-8 March, Tokyo, Japan.
- WHO, (2020). WHO report on cancer: setting priorities, investing wisely and providing care for all, <https://www.who.int/publications/i/item/who-report-on-cancer-setting-priorities-investing-wisely-and-providing-care-for-all> (Erişim tarihi 3 Ekim 2020).
- WCRF, (2020). Worldwide cancer data Global cancer statistics for the most common cancers, <https://www.wcrf.org/dietandcancer/cancer-trends/worldwide-cancer-data>, (Erişim tarihi 3 Ekim 2020).
- Zasowski, T., Althaus, F., Stager, M., Wittneben, A., Tröster, G. (2003). UWB for Noninvasive Wireless Body Area Networks Channel Measurements And Results. *IEEE Conference on Ultra Wideband Systems and Technologies*, 6-19 November, Reston, VA, USA.



Thermal Transition and Mechanical Properties of Magnetite and Wollastonite Filled Rigid Polyurethane Foams

Doğan Berkay Altinel¹, Meral Akkoyun^{2*}

¹ Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Turkey (ORCID: 0000-0001-5804-336X)

² Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Turkey (ORCID: 0000-0002-8113-5534)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819855)

ATIF/REFERENCE: Altinel, D. B. & Akkoyun, M. (2020). Thermal Transition and Mechanical Properties of Magnetite and Wollastonite Filled Rigid Polyurethane Foams. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 138-145.

Abstract

Polyurethane (PU) foams, despite their low mechanical and thermal conductivity properties, are preferred materials in applications such as automotive, insulation and adhesives because of their ease of processing and their possibility to be produced as rigid/flexible materials. Rigid polyurethane foams are materials used in the automotive, ship and construction industries due to their low density and closed cell structure. In recent years, various properties of polyurethane foams reinforced with different additives, such as morphological, mechanical and conductive properties, have been extensively investigated. However, the effect of magnetite/wollastonite hybrid systems on thermal transition and mechanical properties of rigid PU foam composites was not studied yet. The aim of this work is to explore thermal transition temperatures and mechanical properties of wollastonite (W) and magnetite (M) filled rigid polyurethane foams. The relationships between mechanical and thermal transition properties of the foams and in particular, the effect of the weight ratio of magnetite/wollastonite (1:3, 1:1 and 3:1) hybrid systems on the PU foam properties were studied. The foams produced were characterized by a Fourier transform infrared spectrometer, differential scanning calorimeter and tensile test device. As a result of the studies, it has been determined that the chemical structure of polyurethane foams is not affected by additives (magnetite and wollastonite). Thermal transition results revealed the presence of two main behaviors. In the first case an overall increase of the glass transition temperature of hard segments is observed and this behavior can be explained by the diminution of the mobility of polyurethane chains with the inclusion of magnetite and wollastonite particles between polymer chains. In the second case a general decrease tendency of the glass transition temperature of soft segments is obtained probably due to the presence of magnetite or wollastonite into the polymer matrix which hinders the formation of entanglements of polymer chains. A more important negative impact of wollastonite is observed in tensile properties of rigid PU foams compared to magnetite.

Keywords: Rigid Polyurethane Foam, Wollastonite, Magnetite, Thermal Transition, Mechanical Properties.

Vollastonit ve Manyetit Katkılı Rijit Poliüretan Köpüklerin Isıl Geçiş ve Mekanik Özellikleri

Öz

Poliüretan (PU) köpüklerin sahip olduğu düşük mekanik ve termal iletkenlik özelliklerine karşın işleme kolaylığı ve sert/esnek olarak üretilebildiklerinden dolayı otomotiv, yalıtım ve yapıştırıcı gibi uygulamalarda tercih edilen malzemelerdir. Sert poliüretan köpükler ise sahip oldukları düşük yoğunluk ve kapalı hücre yapısı özelliklerinden dolayı otomotiv, gemi ve inşaat sektörlerinde kullanılan malzemelerdir. Son yıllarda, farklı katkılarla takviye edilmiş olan poliüretan köpüklerin morfolojik, mekanik ve iletkenlik özellikleri gibi çeşitli özellikleri yoğun bir şekilde araştırılmaktadır. Ancak manyetit/vollastonit hibrit sistemlerin sert PU köpük kompozitlerin termal geçiş ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisi henüz araştırılmamıştır. Bu çalışmanın amacı vollastonit (W) ve manyetit (M)

* Corresponding Author: Bursa Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Polymer Materials Engineering, Bursa, Turkey, ORCID: 0000-0002-8113-5534, meral.akkoyun@btu.edu.tr

takviyeli sert poliüretan köpüklerin termal geçiş sıcaklıkları ve mekanik özelliklerinin incelenmesidir. Köpüklerin mekanik ve termal geçiş özellikleri arasındaki ilişkiler ve özellikle manyetit/vollastonit (1:3, 1:1 ve 3:1) hibrit sistemlerin ağırlık oranlarının PU köpük özelliklerine etkisi incelenmiştir. Üretilen köpükler Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrometre, diferansiyel taramalı kalorimetre ve çekme testi cihazı ile karakterize edilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda, poliüretan köpüklerin kimyasal yapısının katkılardan (manyetit ve vollastonit) etkilenmediği tespit edilmiştir. Termal geçiş sonuçları iki ana davranışın varlığını ortaya çıkarmıştır. İlk durumda, sert segmentlerin camsı geçiş sıcaklığında genel bir artış gözlemlenmiştir ve bu davranış, polimer zincirleri arasında manyetit ve vollastonit partiküllerinin eklenmesinden dolayı poliüretan zincirlerinin hareketliliğinin azalması ile açıklanabilir. İkinci durumda, yumuşak segmentlerin camsı geçiş sıcaklığında gözlemlenen genel bir düşüş eğilimi, muhtemelen polimer matrisinde manyetit veya vollastonitin varlığından dolayı, polimer zincirleri arasında düğüm oluşumunun engellenmesinden kaynaklanmaktadır. Sert PU köpüklerde, vollastonitin manyetite göre çekme dayanımı özelliklerine daha belirgin bir olumsuz etkisinin olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Rijit Poliüretan Köpük, Vollastonit, Manyetit, Termal Geçiş, Mekanik Özellikler.

1. Introduction

Polyurethane is one of the most popular polymers which is used for most applications such as automobile, electronic, adhesion and insulations. These polymers are synthesized by a step-growth polymerization reaction of diisocyanate with polyether polyols and polyurethane foams are mainly classified into three different types such as rigid, flexible and semi-rigid materials. Rigid polyurethane foams, instead of their low mechanical and thermal properties, are used for most applications such as adhesion and insulation because of their low density and moisture permeability properties. At the same time, these materials are durable, comfortable and light (Ghosh, et al., 2018; Akkoyun & Akkoyun, 2019; Akkoyun & Suvaci, 2016; Usman, et al., 2016; Sattar, et al., 2015).

Magnetite is a preferred material in the development of advanced nanotechnologies for their applications in electronic devices, medical diagnostics and treatment, imaging and production of magnetic nanocomposite materials. Magnetite brings highest insulation into foams. The notable magnetic, thermal and mechanical properties of magnetite allowed this material to be used in rigid PU foam composites for numerous applications (Alavi Nikje, et al., 2015; Akkoyun & Suvaci, 2016; Moghaddam & Naimi-Jamal, 2018; Silva, et al., 2020). Wollastonite, thanks to its properties such as high brightness and white coloration, low moisture and oil absorption, low volatile content and high electrical resistivity is a useful additive which is mainly used for electrical, radio engineering, low-voltage electric insulators. Wollastonite generally effects mechanical properties of polymers (Azarov, et al., 1995).

Nowadays, various properties such as morphological, mechanical and conductivity properties of polyurethane foams reinforced with various fillers are intensively researched (Norshahli, et al., 2018; Król, et al., 2015; Paciorek-Sadowska, et al., 2012; Akkoyun & Akkoyun, 2019; Akkoyun & Suvaci, 2016). However, the effect of magnetite/wollastonite hybrid systems on the thermal transition and mechanical properties of rigid PU foam composites was not investigated yet.

This study aims to explore the impact of wollastonite, magnetite and magnetite/wollastonite hybrid systems on the mechanical and thermal transition properties of rigid polyurethane foams. The relationships between mechanical and thermal transition properties of the foams and in particular, the effect of the weight ratio of magnetite/wollastonite (1:3, 1:1 and 3:1) hybrid systems on the PU foam properties were studied.

2. Materials and Methods

2.1. Materials

Magnetite (Fe_3O_4) was purchased from KİAŞ/Turkey as macro size and was milled within 30 minutes to reduce the mean particle size from 70 μm to 5 μm . Wollastonite ($CaSiO_3$) was supplied by Quarzwerke GmbH as the supplier reference of TERMIN939 and is a surface-treated filler (iron-free grinding and coating with an organo-silicon compound). In addition to these, isocyanate and polyol were supplied by Kimpur Polyurethane (Istanbul, Turkey) through the supplier reference of Izokim RD 001 and KIMrigid RD 057 respectively. The NCO content and viscosity properties of isocyanate are 30.5-32.5% and 200 ± 40 mPa.s respectively. The polyol used in this work has a viscosity of 400 mPa.s. All materials were used as received.

2.2. Preparation of PU/M/W foam composites

PU/M, PU/W and PU/M/W rigid foam composites were obtained at various filler amount in polyol (10, 15 and 30wt.%). Furthermore, in the case of hybrid systems PU/M/W, to detect the effect of the weight ratios on the final properties of the foams, foam samples were prepared at various M:W weight ratios (1:3, 1:1 and 3:1) for 10wt.% and 30wt.% total filler content in polyol. The filler was first introduced in the polyol and then, the polyol/filler blend was stirred with an ultrasonic sonicator (Bandelin, UW 3200) during 10 min in a water bath. Afterwards, a mechanical mixer (DLAB, OS20-PRO) was used in order to mix the PU/filler suspension for an additional 1 minute at 2000 rpm. Then, the isocyanate was immediately included into the polyol/filler suspension and the mixture was stirred for extra 5 seconds. At the final stage, the mixture was poured into an aluminum mold with the dimensions 30x30x4cm. Table 1 presents the formulations of the PU foam samples prepared in this study.

Table 1. Compositions of the different magnetite and wollastonite filled rigid PU foam composites.

Samples	Magnetite content (wt.%)	Wollastonite content (wt.%)	Magnetite/Wollastonite content (wt.%)
PU_0	0	0	0
PU/M_10	10	0	0
PU/M_15	15	0	0
PU/M_30	30	0	0
PU/W_10	0	10	0
PU/W_15	0	15	0
PU/W_30	0	30	0
PU/MW_10_1:3	2.5	7.5	10
PU/MW_10_1:1	5	5	10
PU/MW_10_3:1	7.5	2.5	10
PU/MW_30_1:3	7.5	22.5	30
PU/MW_30_1:1	15	15	30
PU/MW_30_3:1	22.5	7.5	30

2.3. Characterization methods

2.3.1. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

A ThermoFisher Nicolet IS50 Fourier Transform Infrared (FTIR) spectrometer was used for the characterization of the chemical bonds characteristic of the prepared rigid PU foams. These measurements were performed between a wavelength range of 4000-400 cm^{-1} .

2.3.2. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

These measurements were realized using a TA Instrument Discovery DSC25 Differential Scanning Calorimeter (DSC). All samples were characterized under nitrogen atmosphere and between -70°C and 270°C with a heating rate of $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$.

2.2.4. Tensile Test

Specimens of each rigid PU foam samples were prepared according to ASTM D638 (Type V specimen) and the tensile test was performed with a 5kN load cell and a crosshead speed of 5mm/min.

3. Results and Discussion

3.1. Effect of magnetite/wollastonite weight ratio on FTIR spectra of rigid PU foam composites

FTIR spectra of unfilled and magnetite/wollastonite added rigid PU foams prepared at various filler content (10, 15 and 30wt.%) and different magnetite/wollastonite weight ratios (1:3, 1:1 and 3:1) were given in Figure 2. From this Figure 2, it can be seen that the main specific adsorption peaks of PU foams appear with the presence of the vibration bands for isocyanurate ring in the wavelength range of $1710 - 1690 \text{ cm}^{-1}$ and 1410 cm^{-1} but also the presence of the vibration bands for urethane group in the wavelength range of $1742 - 1700 \text{ cm}^{-1}$. All the results were well correlated with the literature (Norshahli et al. 2018; Sri-ngo 2008). In addition, from these FTIR spectra it could be depicted that spectra of PU foam composites exhibit similar peaks as the unfilled rigid PU foams. As a result, it can be concluded that the chemical structure of polyurethane foams were not really affected by the fillers (magnetite and wollastonite). In this case, no reaction occurs between fillers and polyurethane molecule.

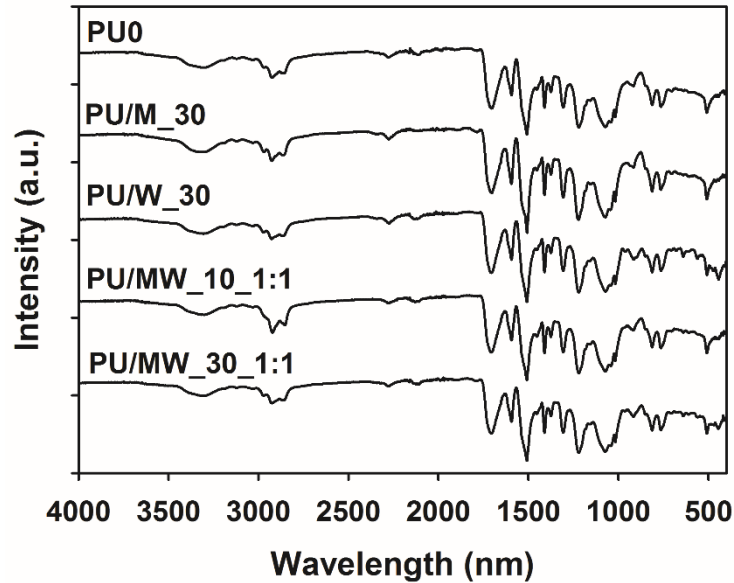


Figure 2. FTIR spectra obtained for unfilled and M/W filled PU foams prepared at various filler content

3.2. Effect of magnetite/wollastonite weight ratio on thermal transitions of rigid PU foam composites

DSC measurements were conducted on unfilled PU foam and magnetite/wollastonite filled rigid PU foam composites in order to detect the effect of the presence of fillers on the thermal transitions of rigid PU foams. These polymeric materials display two different thermal transitions with the presence of two different glass transition temperatures corresponding to two distinct behaviors of soft segments (T_{g1}) and hard segments (T_{g2}) of polyurethane molecules. The thermal transition observed for low temperatures (0-50°C) represents the glass transition temperature of soft segments whereas the one obtained for higher temperatures (80-150°C) represents the glass transition temperature of hard segments. The thermal transitions determined from DSC traces (Figures 3-6) were gathered in Table 2.

From this Table 2, two main behaviors can be observed. In the first case of hard segments characterized by the apparition of T_{g2} , an overall increase of the glass transition temperature can be observed with the introduction of fillers into polyurethane matrix with a rise from about 119°C to around 126°C in some cases. This behavior is mainly due to the diminution of the mobility of polyurethane chains with the inclusion of magnetite and wollastonite particles between polymer chains as largely discussed in the literature (Król, et al., 2015; Paciorek-Sadowska, et al., 2019). As a result, the rigidity of hard segments was augmented which induce an increase of the glass transition temperature.

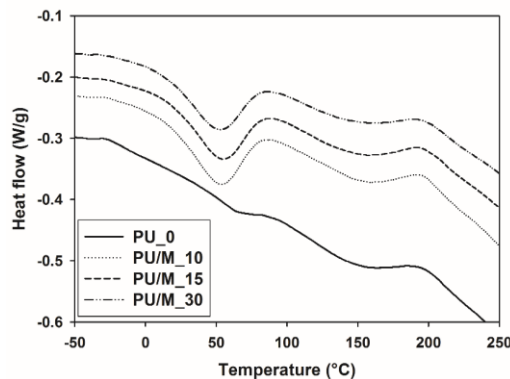


Figure 3. DSC thermograms obtained for unfilled and magnetite filled PU foams

In the second case of T_{g1} representing soft segments, a general decrease tendency of the glass transition temperature can be noticed with a drop from about 37°C to a temperature range of 21-29°C for rigid PU foams reinforced with wollastonite and magnetite. This behavior can be understood if the entanglements of polymer chains were taken into account. In fact, the presence of magnetite or wollastonite into the polymer matrix will hinder the formation of entanglements of polymer chains leading to the drop of the glass transition temperature of soft segments as mentioned in the literature (Gu, et al., 2014).

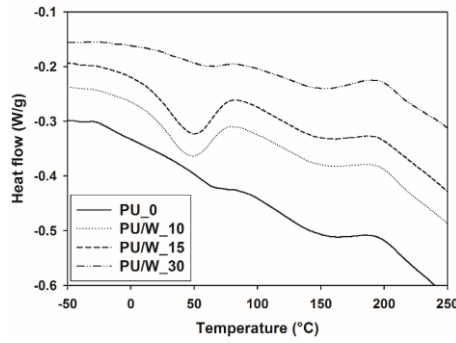


Figure 4. DSC thermograms obtained for unfilled and wollastonite filled PU foams

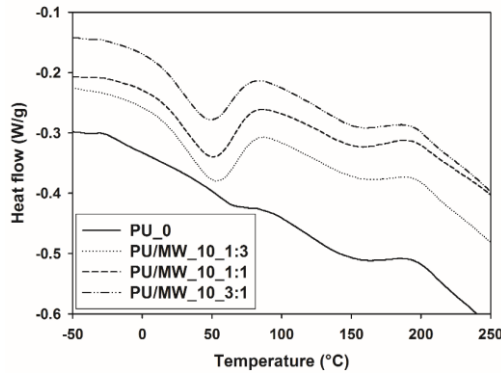


Figure 5. DSC thermograms obtained for unfilled PU and PU/M/W foams prepared at 10wt.% and various M/W weight ratios

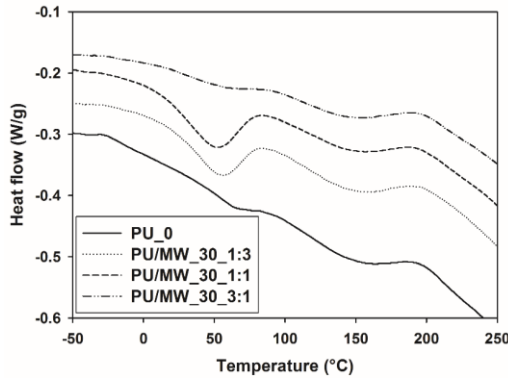


Figure 6. DSC thermograms obtained for unfilled PU and PU/M/W foams prepared at 30wt.% and various M/W weight ratios

Table 2. DSC results: glass transition temperatures of unfilled PU and PU/M/W foams (T_{g1} and T_{g2})

Samples	T_{g1} (°C)	T_{g2} (°C)
PU_0	37.51	119.98
PU/M_10	26.85	122.51
PU/M_15	27.27	119.82
PU/M_30	25.29	118.55
PU/W_10	23.86	119.11
PU/W_15	21.42	118.56
PU/W_30	29.88	122.46
PU/MW_10_1:3	24.73	126.00
PU/MW_10_1:1	25.67	126.30
PU/MW_10_3:1	22.43	125.56
PU/MW_30_1:3	25.68	114.82
PU/MW_30_1:1	23.08	118.44
PU/MW_30_3:1	27.07	119.08

3.3. Effect of magnetite/wollastonite weight ratio on mechanical properties of rigid PU foam composites

Tensile test results of unfilled and magnetite, wollastonite and magnetite/wollastonite filled rigid PU foam composites were given in Figures 7-10. In particular, the evolution of tensile strength and elongation at break with the filler content of the different foam samples were compared. From Figure 7 and 8, the results revealed a slight decrease of the tensile properties of magnetite added foams whereas a more significant drop of these properties was observed for wollastonite reinforced rigid PU foam composites and more specifically from 15wt.% of wollastonite. Then, it can be concluded that the negative impact of wollastonite in tensile properties of rigid PU foams is more important compared to magnetite. A critical filler content of 15wt.% is visible mainly in the case of PU/W foam composites which can be correlated with the percolation threshold theory where wollastonite particles create agglomerates after this critical point (Akkoyun & Akkoyun, 2019; Yang, et al., 2004). This situation facilitate the formation of local stresses with the diminution of the tensile strength of PU/W rigid foam composites. The effect of M:W weight ratio on the tensile properties of PU foam in hybrid systems was also investigated. The comparison of Figure 9 and 10 showed a reduced tensile strength and elongation at break for PU foams filled at 30wt.% compared to samples prepared at 10wt.%. These results are in correlation with the previous results. Furthermore, as expected, the impact of wollastonite on the mechanical properties can also be observed in hybrid foam composites obtained for lower amount of filler (10wt.%) with reduced tensile strength and elongation at break values for samples prepared at 1:3 M:W weight ratios. Then, the mechanical properties of hybrid rigid PU/M/W foam composites are weakened as the weight of wollastonite increases.

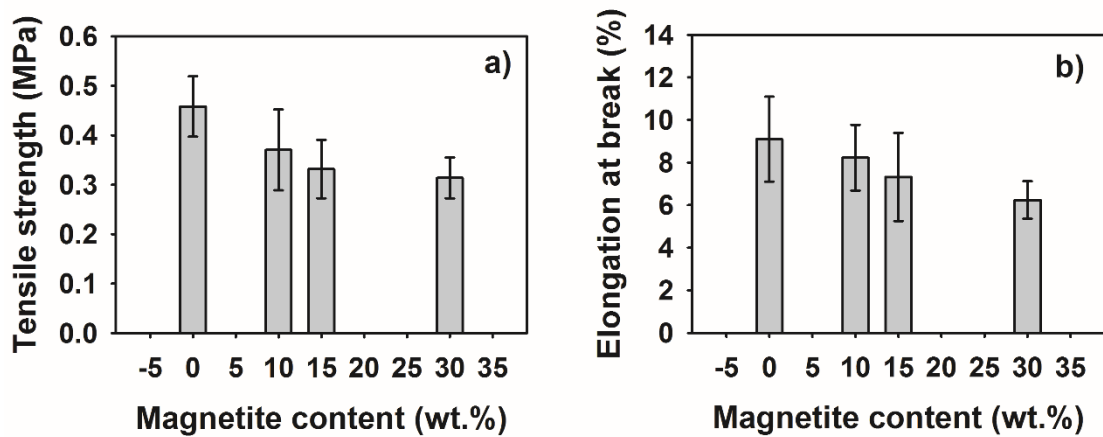


Figure 7. a) Tensile strength and b) elongation at break of unfilled PU and magnetite filled PU foams

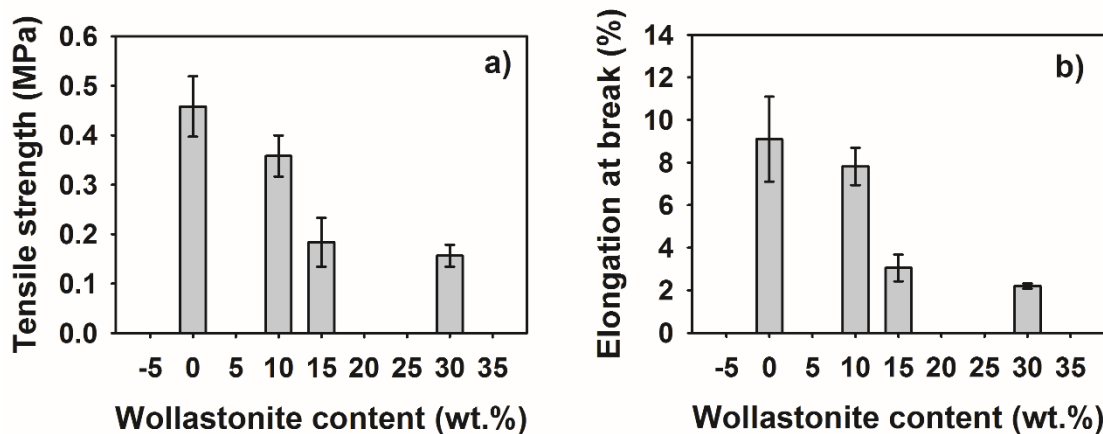


Figure 8. a) Tensile strength and b) elongation at break of unfilled PU and wollastonite filled PU foams

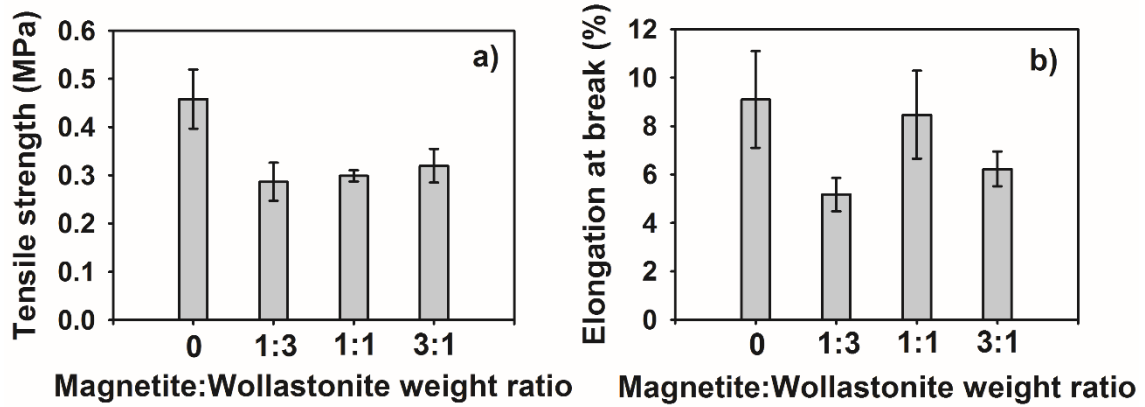


Figure 9. a) Tensile strength and b) elongation at break of unfilled PU and PU/M/W foams prepared at 10wt.% and various M/W weight ratios

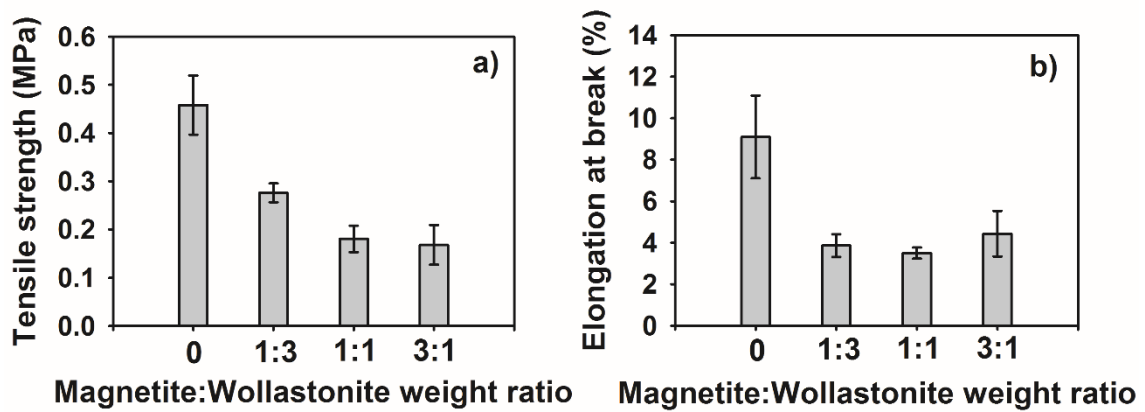


Figure 10. a) Tensile strength and b) elongation at break of unfilled PU and PU/M/W foams prepared at 30wt.% and various M/W weight ratios

4. Conclusions

The impact of wollastonite, magnetite and magnetite/wollastonite hybrid systems on the mechanical and thermal transition properties of rigid polyurethane foams was realized and in particular, the effect of the filler content and the weight ratio of magnetite/wollastonite (1:3, 1:1 and 3:1) hybrid systems on the PU foam properties was studied. From the results, it has been determined that the chemical structure of polyurethane foams is not affected by additives (magnetite and wollastonite). Thermal transition results revealed the presence of two main behaviors. In the first case, an overall increase of the glass transition temperature of hard segments is observed with a rise from about 119°C to around 126°C in some cases. This behavior can be explained by the diminution of the mobility of polyurethane chains with the inclusion of magnetite and wollastonite particles between polymer chains. In the second case a general decrease tendency of the glass transition temperature of soft segments is obtained with a drop from about 37°C to a temperature range of 21-29°C for rigid PU foams reinforced with wollastonite and magnetite. This behavior is probably due to the presence of magnetite or wollastonite into the polymer matrix which hinders the formation of entanglements of polymer chains. A more important negative impact of wollastonite in tensile properties of rigid PU foams compared to magnetite is observed. Furthermore, the mechanical properties of hybrid rigid PU/M/W foam composites are weakened as the weight of wollastonite increases.

5. Acknowledgement

Kimpur Polyurethane (Turkey) is acknowledged for the supply of isocyanate and polyol.

References

- Akkoyun , M., & Akkoyun, S. (2019). Blast furnace slag or fly ash filled rigid polyurethane composite foams: A comprehensive investigation. *Journal of Applied Polymer Science*, 136, 47433.
- Akkoyun, M., & Suvaci, E. (2016). Effects of TiO₂, ZnO, and Fe₃O₄ nanofillers on rheological behavior, microstructure, and reaction kinetics of rigid polyurethane foams. *Journal of Applied Polymer Science*, 133, 43658.

- Alavi Nikje, M. M., Akbar, R., Ghavidel, R., & Vakili, M. (2015). Preparation and Characterization of Magnetic Rigid Polyurethane Foam Reinforced with Dipodal Silane Iron Oxide Nanoparticles Fe₃O₄@APTS/GPTS. *Cellular Polymers*, 34(3), 137-156.
- Alavi Nikje, M. M., Farahmand Nejad, M. A., Shabani, K., & Haghshenas, M. (2013). Preparation of magnetic polyurethane rigid foam nanocomposites. *Colloid Polym Sci*, 291, 903–909.
- Alavi Nikje, M. M., Noruzian, M., & Moghaddam, T. S. (2015). Novel Polyurethane Rigid Foam/Organically Modified Iron oxide Nanocomposites. *Polymer Composites*, 38(5), 877-883.
- Azarov, G. M., Maiorova, E. V., Oborina, M. A., & Belyakov, A. V. (1995). Wollastonite raw materials and their applications (a review). *Glass and Ceramics*, 52, 237-240.
- Ghosh, S., Ganguly, S., Remanan, S., Mondal, S., Jana, S., Maji, P. K., Das, N. C. (2018). Ultra-light weight, water durable and flexible highly electrical conductive polyurethane foam for superior electromagnetic interference shielding materials. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 29, 10177.
- Gu, S.-Y., Liu, L.-L., & Yan, B.-b. (2014). Effects of ionic solvent-free carbon nanotube nanofluid on the properties of polyurethane thermoplastic elastomer. *J Polym Res*, 21, 356.
- Król, P., Król, B., Pielichowska, K., & Špírková, M. (2015). Composites prepared from the waterborne polyurethane cationomers—modified graphene. Part I. Synthesis, structure, and physicochemical properties. *Colloid Polym Sci*, 293, 421–431.
- Liang, K., & Shi, S. Q. (2001). Nanoclay Filled Soy-Based Polyurethane Foam. *Journal of Applied Polymer Science*, 119, 857–1863.
- Moghaddam, S. T., & Naimi-Jamal, R. M. (2018). Reinforced magnetic polyurethane rigid (PUR) foam nanocomposites and investigation of thermal, mechanical, and sound absorption properties. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 32(9), 1224-1241.
- Norshahli, M. S., Jun, L. H., & Zubir, S. A. (2018). Mechanical Properties of Palm Oil Polyol based Polyurethane Foam Reinforced Wollastonite Clay. *Journal of Physics: Conference Series* (p. 012041). Penang, Malaysia: IOP Publishing.
- Paciorek-Sadowska, J., Borowicz, M., Isbrandt, M., Czuprynski, B., & Apiecionek, L. (2019). The Use of Waste from the Production of Rapeseed Oil for Obtaining of New Polyurethane Composites. *Polymers*, 11, 1431.
- Paciorek-Sadowska, J., Czuprynski, B., Liszkowska, J., & Piszczek, K. (2012). Preparation of rigid polyurethane foams with powder filler. *J Polym Eng*, 32, 71-80.
- Patcharapon, S., Kalman, M., Timea, L.-K., & Csaba, K. (2018). Polyurethane elastomers with improved thermal conductivity part I: elaborating matrix material for thermal conductive composites. *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, 6, 2320-2092.
- Pillai, P. K., Li, S., Bouzidi, L., & Narine, S. S. (2015). Metathesized palm oil polyol for the preparation of improved bio-based rigid and flexible polyurethane foams. *Industrial Crops and Products*, 83, 568-576.
- Sarier, N., & Onder, E. (2007). Thermal characteristics of polyurethane foams incorporated with phase change materials. *Thermochimica Acta*, 454, 90–98.
- Sattar, R., Kausar, A., & Siddiq, M. (2015). Advances in thermoplastic polyurethane composites reinforced with carbon nanotubes and carbon nanofibers: A review. *Journal of Plastic Film & Sheeting*, 31(2), 86–224.
- Silva, A. M., Pereira, I. M., Silva, T. I., da Silva, M. R., Rocha, R. A., & Silva, M. C. (2020). Magnetic foams from polyurethane and magnetite applied as attenuators of electromagnetic radiation in X band. *Journal of Applied Polymer Science*, 49629.
- Sri-ngo, W. (2008). Effects of Calcium Carbonate Fillers on Mechanical Properties of Flexible Polyurethane Foam. Bangkok, Thailand: Chulalongkorn University.
- Usman, A., Zia, K. M., Zuber, M., Tabasum, S., Rehman, S., & Zia, F. (2016). Chitin and chitosan based polyurethanes: A review of recent advances and prospective biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 86, 630–645.
- Yang, Z.-G., Zhao, B., Qin, S.-L., Hu, Z.-F., Jin, Z.-K., & Wang, J.-H. (2004). Study on the Mechanical Properties of Hybrid Reinforced Rigid Polyurethane Composite Foam. *Journal of Applied Polymer Science*, 92, 1493–1500.
- Zhou, L., Li, G., An, T., & Li, Y. (2010). Synthesis and characterization of novel magnetic Fe₃O₄/polyurethane foam composite applied to the carrier of immobilized microorganisms for wastewater treatment. *Research on Chemical Intermediates*, 36, pages 277–288.



Supervisory Controller Design for Reactive Power Compensation

Ayetül Gelen^{1*}, Gökhan Gelen², Aykut Bıçak³

¹ Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4934-9644)

² Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mekatronik Müh. Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2780-3386)

³ Bursa Teknik Üniversitesi, Müh. ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8210-7543)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819857)

ATIF/REFERENCE: Gelen, A., Gelen, G. & Bıçak, A. (2020). Supervisory Controller Design for Reactive Power Compensation. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 146-154.

Abstract

The process of reducing the phase difference between current and voltage as much as possible by balancing the reactive power is known as reactive power compensation. With reactive power compensation, over currents and voltage drops in the transmission lines are prevented and higher quality, cheaper, and more efficient energy is provided. Reactive power compensation is done by switching capacitors with proper values. In a reactive power compensation system, capacitors are switched on and off by a controller. The switching behavior of this system can be characterized as a discrete event system (DES) that has discrete states and the state evolution depends on the occurrence of asynchronous events. In this paper, the control mechanism of a reactive power compensation system is considered in the sense of DES. The system is modeled by using automata and supervisory control structures are computed. The supervisors are obtained by using the supervisory control theory (SCT). Supervisors in the form of monolithic, reduced, and modular are synthesized to correct the power factor. The computed supervisors are also integrated with the system and simulated. The total size of supervisors, ie the total number of transitions and states of each, are compared. The computed supervisors in the form of modular ones have the smallest size. According to simulation results, it is demonstrated that the power factor is successfully corrected by all of the computed supervisors. The presented study shows how to calculate controllers for reactive power compensation systems by using the supervisory control theory. Since the supervisory control theory used in the study is a formal controller computation method, the presented approach enables the computation of formal controllers for reactive power compensation systems. The use of formal methods in the synthesis of controllers offers significant benefits in terms of realization and verification.

Keywords: Compensation, Power Factor, Discrete Event System, Supervisory Control, Automata.

Reaktif Güç Kompanzasyonu için Gözetimli Kontrolör Tasarımı

Öz

Reaktif gücün dengelenerek, akım ile gerilim arasındaki faz farkının olabildiğince azaltılması işlemi reaktif güç kompanzasyonu olarak bilinmektedir. Reaktif güç kompanzasyonu ile iletim hatlarındaki aşırı akımlar ve gerilim düşümleri engellenerek daha kaliteli, daha ucuz ve daha verimli bir enerji sağlanır. Reaktif güç kompanzasyonu uygun değerdeki kondansatörlerin anahtarlanması ile yapılır. Reaktif güç kompanzasyonu sistemlerinde kondansatörler bir kontrolör tarafından devreye alınıp çıkarılmaktadır. Bu sistemin anahtarlamalı davranışı, durum değişimi asenkron olayların oluşumuna bağlı olan, ayrık durumlara sahip bir ayrık olay sistemi (AOS) ile karakterize edilebilir. Bu çalışmada, reaktif güç kompanzasyon sistemlerinin kontrol mekanizması ayrık olaylı sistemler açısından ele alınmıştır. Sistem, otomat kullanılarak modellenmiş ve bazı gözetici kontrolör yapıları hesaplanmıştır. Gözeticiler, gözetimli kontrol teorisi kullanılarak elde edilmiştir. Güç faktörünü düzeltmek için yekpare, indirgenmiş ve modüler biçimde olan gözeticiler hesaplanmıştır. Hesaplanan gözeticiler sistemle entegre edilerek simüle de edilmiştir. Gözeticilerin toplam büyüklükleri yani her birinin geçiş ve durum sayılarının toplamı karşılaştırılmıştır. Hesaplanan gözeticilerden modüler yapıda olanın boyutu en küçüktür. Simülasyon sonuçlarına göre, güç faktörünün hesaplanan tüm gözeticiler tarafından başarılı bir şekilde düzeltildiği gösterilmiştir. Gözetimli kontrol teorisi kullanılarak reaktif güç kompanzasyonu sistemleri için denetleyicilerin nasıl hesaplanabileceği sunulan çalışma ile gösterilmiştir.

* Corresponding Author: Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4934-9644, ayetul.gelen@btu.edu.tr

Çalışmada kullanılan gözetimli kontrol teorisi formal (biçimsel) bir kontrolör hesaplama yöntemi olduğundan, sunulan yaklaşım reaktif güç kompanzasyon sistemleri için biçimsel denetleyicilerin hesaplanabilmesini sağlamaktadır. Denetleyicilerin sentezinde biçimsel yöntemlerin kullanılması gerçekleştirme ve doğrulama açısından önemli faydalar sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kompanzasyon, Güç Faktörü, Ayrık Olay Sistemi, Denetimsel Kontrol, Otomat

1. Introduction

In a power system, inductive loads cause the power factor to be lagging. This is very important in terms of voltage control and grid losses in power systems. Therefore, capacitors with the required size in the power system should be added automatically when needed to correct the lagging power factor. Reactive power can be controlled by switching shunt capacitors [1]. The behavior of a compensator system can be explained under the discrete event system (DES). In a DES, the system changes its states with the occurrence of physical events that are not dependent on time. Because of discrete state space and asynchronous dynamic nature, modeling of DES and design of controllers is a challenging problem. Modeling and control of many systems including manufacturing systems, robotic systems, communication systems, traffic control systems, electrical systems have been studied by different researchers in terms of DES. Although there are many modeling and computing tools in DES, two mechanisms known as Petri nets (PN) and automata are attracting more attention in academia. It is widely used in both tools in the control of DES. The supervisory control theory (SCT) that uses automata is accepted as the most general method for DES control [2, 3]. In SCT, the controller called as supervisor forces the system to act in a controlled manner by restricting the occurrence of events by using the feedback information received from the sensors about the state of the system.

In SCT, the most difficult problem encountered when computing a supervisor is the exponential increase in the number of states of the resulting model and the supervisor obtained by combining the sub-models. Some methods have been proposed to overcome this problem. Reducing the supervisor state size and computation of modular supervisors are popular ones. In classical (centralized) supervision, the whole control task is performed by a single supervisor called monolithic supervisor. In supervisor reduction [4], an algorithm that can significantly reduce supervisor size while preserving control action is used. In the modular supervisor approach [5], the DES automaton model together with a mechanism for enabling and disabling a subset of state transitions is considered. The specification can be divided into parts according to the structure of the plant. The modular supervisors are run concurrently to complete the overall supervisory task. A computer tool named as TCT [6] is widely used for computations.

Considering the works on power systems in terms of DES, some specific topics such as fault diagnosis, network reconfiguration, restoration, and reliability analysis are widely studied [7]. The switching process of capacitors in reactive power compensation systems can also be considered as a discrete system. Thus, PN modeling can be made for the control of the compensator. A discrete event systems theory application for modeling and analysis of a two-bus power transmission network can be found in Ref. [8]. This study includes the control of circuit breakers in case of failure in the transmission line. The method studied according to the simulation studies carried out in the Jarp environment enabled various failures in the power systems to be determined quickly and accurately [8]. A DES supervisory controller is designed as a dynamic flow controller in Flexible AC transmission systems (FACTS)-based power system. TCT software is successfully used to implement a supervisory controller and power flow has been carried out successfully [9]. A PN application is presented for modeling and power balance analysis of a smart grid consisting of renewable energy resources. As a result of the study, it was seen that different power sources switch-on and switch-off according to load profile and provide the energy of the load [10].

In this paper, the control mechanism of reactive power compensation systems is modeled by using automata and supervisory control structures are computed using Ramadge-Wonham's Supervisory Control Theory. The obtained supervisors that are integrated into the 2-busbar power system are verified in the simulation environment. According to the results, the power factor correction is successfully implemented by computed supervisors. It is important to use the supervisory control theory to formalize reactive power control.

In Section 2, some preliminary information on DES, Supervisory Control Theory, and the two-bus power system model is presented. DES modeling and supervisor computation are explained in Section 3. Simulation works and results for computing supervisors are provided as Section 4. Finally, conclusions are given and some future research directions are provided in Section 5.

2. Material and Method

The studied 3-phase power system has 2 busbars as a source and a load busbar. Because load compensation is made, compensators are also connected in parallel to the loads via controllable switches. In the conventional method, reactive power compensation is provided using a reactive power control relay and capacitors. The control relay selects which shunt capacitors are switched on or off according to the consumption of inductive reactive power per phase. In this system, capacitors are switched by a contactor that simulated with an external controllable ideal switch. The schematic diagram of the two-bus system is depicted in Fig. 1. The controller is synthesized using SCT. The control process was carried out according to the present reactive power value calculated from the current and voltage values measured from the load busbar and therefore the power factor of the system. The aim here is to bring the reactive power value in the system to zero and the power factor to 1 after compensation. Simulation studies were done in Matlab-Simulink as schematic and software.

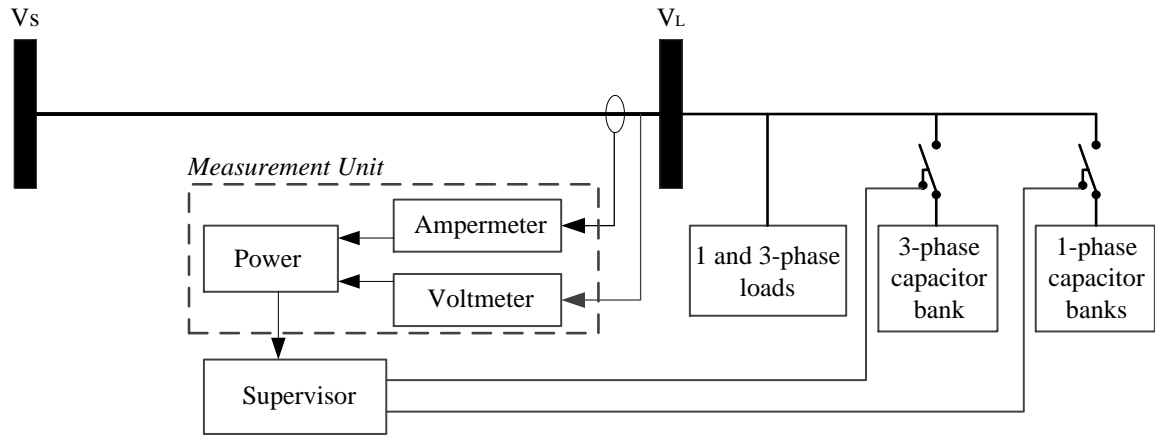


Figure 1. Studied two-bus power system

2.1. DES Modeling and Supervisory Control Theory

In supervisory control theory (SCT), the controller (supervisor) is computed to enforce some control laws named as specifications for DES. SCT uses formal languages and automat concepts for modelling and computation [2]. SCT that is known as Ramadge-Wonham (RW) method, is a well-established theory and readers can find detailed information in fundamental textbooks [2, 3]. This section only reviews some basic concepts and notation. In the method, the behavior of a plant is modeled by an automaton;

$$G = (Q, \Sigma, \delta, q_0, Q_m) \tag{1}$$

where Q is the finite state set; Σ is the finite event set. Σ is also called an alphabet in terms of language. $\delta: Q \times \Sigma \rightarrow Q$ is the transition function; $q_0 \in Q$ is the initial state; $Q_m \subseteq Q$ is the set of marker states. A marker state is a state that indicates the finishing of a task or an operation. The system events (alphabet Σ) are divided into two groups as $\Sigma = \Sigma_c \cup \Sigma_u$ where Σ_c is the set of controllable events that can be enforced to stop or start and Σ_u is the set of uncontrollable events that cannot be enforced by a controller. In DES, a physical system or a process is usually modeled as plant in the form of automaton. The behavior of the system is characterized by all possible event occurrence sequences of automaton. The automaton model of complex systems can be obtained by using the synchronous product operation.

In SCT, the controlled behavior of system can be defined by using text-based control specifications. Automata are used to model specifications. The generated language by this automaton restricts the plant to behave under control. A specification is usually the synchronous product of many smaller specifications in the form of automata. The controller called supervisor is computed based on automata models of plants and specifications. The supervisor forces the plant to comply with the specification by disabling or enabling certain controllable events that are originally able to occur in the plant. A supervisor can also be modeled by an automaton, which includes all possible event occurrence sequences in the controlled plant. A software package TCT is used for the required computations. In TCT, integer numbers are used as labels for events and states. Note that odd (respectively, even) integers are used for controllable (respectively, uncontrollable) events in the TCT software. In automata models, states can be visualized by using a circle and transitions can be visualized by a labeled arrow. A double circle is used to indicate the marker state.

2.2. Two-Bus Power System Model

The reactive power compensator given in Fig. 1 consists of a measurement unit, capacitor banks, and contactors. The reactive power for each phase is calculated by the control relay continuously from the load side via current and voltage measurements. In this method, the compensation is applied when the measured reactive power is 90% of the capacitor value for each phase. The system has both 1-phase and 3-phase ohmic-inductive static loads. Thus, both symmetrical and asymmetrical loading options are examined. The power values and timings of the loads are given in Table 1. First, the uncompensated system is examined. Then, depending on the load change, the necessary capacitor banks are switched by the automata-based supervisor.

Table 1. The Load Parameters

Number	Power	Phase	Timing
1	50 kW	3	0-3.5 s
2	30 kVAr (ind)	3	2-3 s
3	7.5 kVAr (ind)	1	0.5-2.5 s
4	7.5 kVAr (ind)	1	1-2.5 s
5	7.5 kVAr (ind)	1	1.5-2.5 s

3. Supervisory Control Design for Reactive Power Compensation

The DES models for plant components and the control logic for power factor correction are presented in this section.

3.1. DES Modeling of Plant

The reactive power compensation control system consists of a measurement unit and some switches that are used to connect capacitor bank to the system as shown in Fig. 1. The measurement unit and switches are modeled as DES and then models are synchronized to obtain the whole plant model.

Measurement Unit: This unit measures the current and voltage of phases and compute the reactive power. According to computed values, reports the following situations.

- Report reactive power of phase A is greater than a predefined upper limit (e10)
- Report reactive power of phase A is less than or equal to a predefined lower limit (e12)
- Report reactive power of phase B is greater than a predefined upper limit (e20)
- Report reactive power of phase B is less than or equal to a predefined lower limit (e22)
- Report reactive power of phase C is greater than a predefined upper limit (e30)
- Report reactive power of phase C is less than or equal to a predefined lower limit (e32)
- Report reactive power of each phase is greater than an upper limit and still, capacitive power required (e40)
- Report reactive power of each phase is less than or equal to the lower limit and capacitive power not required (e42)

By using these events, we can obtain the automaton models for each case as shown in Fig. 2. Each one of the models has two states (labeled with 0 and 1) and two transitions. The synchronous product of these models gives the DES model of the measurement unit. The DES model belongs to the measurement unit has 16 states and 64 transitions as shown in Fig. 3. The required TCT operations are shown in the following.

```
PFA = Create(PFA,[mark 0],[tran [0,10,1],[1,12,0]]) (2,2)
PFB = Create(PFB,[mark 0],[tran [0,20,1],[1,22,0]]) (2,2)
PFC = Create(PFC,[mark 0],[tran [0,30,1],[1,32,0]]) (2,2)
PFABC = Create(PFABC,[mark 0],[tran [0,40,1],[1,42,0]]) (2,2)
PF = Sync(PFA,PFB,PFC,PFABC) (16,64) Blocked_events = None
```

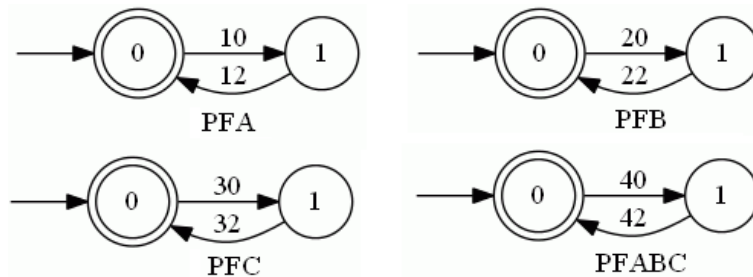


Figure 2. Submodels for measurement unit

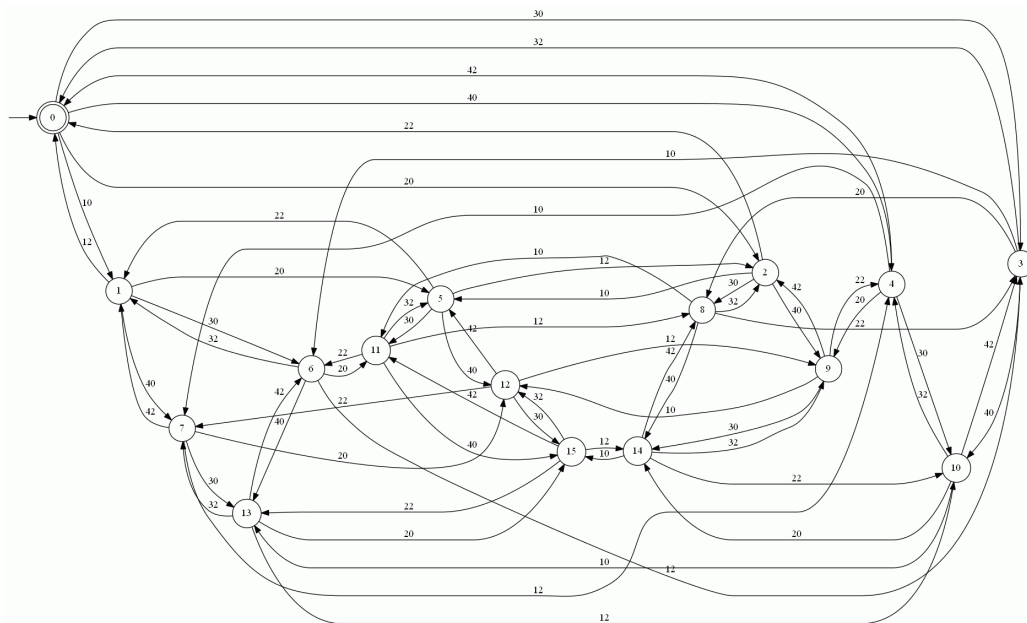


Figure 3. DES model of measurement unit

Switches: There are four switches in the system to connect capacitors to systems. Switches are labeled with SWA, SWB, and SWC that are connected to phase A, B, and C, respectively. A three-phase switch that is labeled with SWABC is used to connect a capacitor bank

to all phases. Each one of the switches can be controlled by using its external input. The automaton model of each switch are depicted in Fig. 4. Events and used labels are as follows,

- On command for the switch SWA (e11)
- Off command for the switch SWA (e13)
- On command for the switch SWB (e21)
- Off command for the switch SWB (e23)
- On command for the switch SWC (e31)
- Off command for the switch SWC (e33)
- On command for the switch SWABC (e41)
- Off command for the switch SWABC (e43)

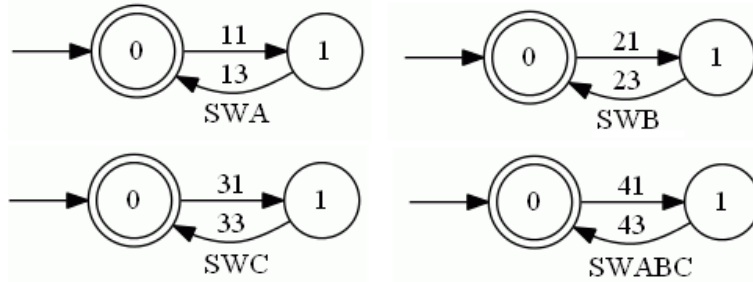


Figure 4. Automata models of switches

To create these models in TCT, the following operation are done.

```
SWA = Create(SWA,[mark 0],[tran [0,11,1],[1,13,0]]) (2,2)
SWB = Create(SWB,[mark 0],[tran [0,21,1],[1,23,0]]) (2,2)
SWC = Create(SWC,[mark 0],[tran [0,31,1],[1,33,0]]) (2,2)
SWABC = Create(SWABC,[mark 0],[tran [0,41,1],[1,43,0]]) (2,2)
SW = Sync(SWA, SWB, SWC, SWABC) (16,64) Blocked_events = None
```

We can obtain the DES model of the plant by synchronization of PF and SW models as follows. The PLANT model has 256 states and 2048 transition. The schematic of PLANT model is not presented here, because the model is very huge and there is limited space.

```
PLANT = Sync(PF, SW) (256,2048) Blocked_events = None
```

3.2. Control Specifications

The conditional control of reactive power compensation can be carried out by defining appropriate specifications. In this study, the following control specifications are considered.

Spec 1: For any phase, if the value of inductive reactive power is greater than a predefined upper limit (90% of the capacitor’s reactive power), the capacitors should be switched on. They remain on until the value of inductive reactive power is less than or equal to a predefined lower limit (20% of the capacitor’s reactive power)

Spec 2: While individual capacitors for each phase compensate single-phase inductive loads, a 3-phase capacitor block should be switched on when a 3-phase inductive load is activated.

According to the first control specification, each one of the single-phase switches that connect the capacitor bank to the load bus individually, switches on when the inductive reactive power is greater than the critical value. The switch remains on until the reactive power value goes down to a lower limit. This specification can be partially modeled by considering each one of the switches as shown in Fig. 5. As it can be seen from the figure, specifications parts are named SP1, SP2, and SP3 for switch A, B, and C respectively. For a specification part, there are two states 0 and 1. The initial and marker state is labeled by 0. Let consider SP1 as an example. Initially, the automaton is in state 0. In this state, the switch is off. By the occurrence of event 10 namely the reactive power of phase A is greater than a predefined upper limit, the automaton changes its state from 0 to 1. In the state labeled by 1, the switch is on state. The automaton changes its states from 1 to 0, by the occurrence of event 12. A selfloop added to state 0 (respectively state 1) labeled with 13 (respectively labeled with 11) to enforce on (respectively off) the switch.

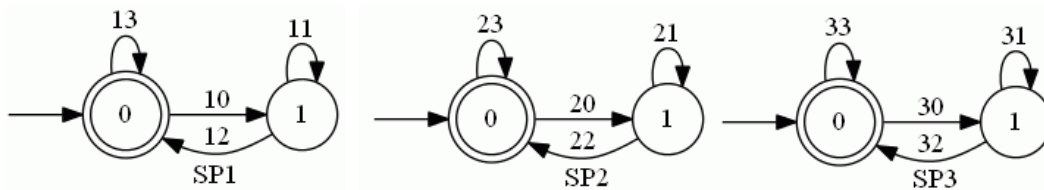


Figure 5. Automaton models for the first control specification

In the considered system, there are three single-phase contactors to switch individual capacitors, and also there is a 3-phase contactor to switch a 3-phase capacitor bank. According to the second control specification, if the required capacitive power is still less than the

predefined limit, the three-phase switch SWABC should be switched on. The related events (labeled 40 and 42) are provided by measurement unit to determine reactive power of each phase is greater or less than limits and capacitive power is required or not. The automaton model of this control specification is similar to other specifications part and is presented in Fig. 6. The model is named as SP4.

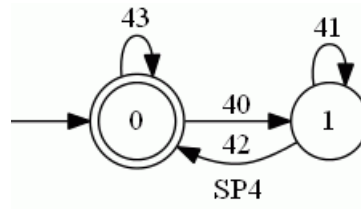


Figure 6. Automaton model for the second control specification

The following TCT procedures are carried out for defining all specifications:

- $SP1 = Create(SP1, [mark\ 0], [tran\ [0,10,1],[0,13,0],[1,11,1],[1,12,0]]) (2, 4)$
- $SP2 = Create(SP2, [mark\ 0], [tran\ [0,20,1],[0,23,0],[1,21,1],[1,22,0]]) (2, 4)$
- $SP3 = Create(SP3, [mark\ 0], [tran\ [0,30,1],[0,33,0],[1,31,1],[1,32,0]]) (2, 4)$
- $SP4 = Create(SP4, [mark\ 0], [tran\ [0,40,1],[0,43,0],[1,41,1],[1,42,0]]) (4, 4)$

3.3. Supervisor Design

According to Ramadge-Wonham method, by using the automaton model of plant and control specification the supervisor can be easily computed by using TCT tool as follows:

- $SPEC = Sync(SP1, SP2, SP3, SP4) (16, 128) Blocked_events = None$
- $SUP = Supcon(PLANT, SPEC) (256, 1536)$
- $CDAT = Condat(PLANT, SUP) Controllable.$

This monolithic supervisor has 256 states and 1536 transitions. The TCT tool has an opportunity to reduce state size. We can apply this operation as follows:

- $REDSUP = Supreduce(PLANT, SUP, CDAT) (16, 192; slb=16)$
- $REDCDAT = Condat(PLANT, REDSUP) Controllable.$

The result supervisor REDSUP has 16 states and 192 transitions. The state size is low but, there is still a huge number of transitions. In the realization step, the high number of states and passes in the models causes many problems such as high memory usage, the complexity of the code. As mentioned above sections, the best solution is to design a modular supervisor. We can design a modular supervisor by computing a simple supervisor for anyone of the specification part as follows:

- $PL1 = Sync(PFA, SWA) (4, 8) Blocked_events = None$
- $PL2 = Sync(PFB, SWB) (4, 8) Blocked_events = None$
- $PL3 = Sync(PFC, SWC) (4, 8) Blocked_events = None$
- $PL4 = Sync(PFABC, SWABC) (4, 8) Blocked_events = None$

- $SUP1 = Supcon(PL1, SP1) (4, 6)$
- $SUP2 = Supcon(PL2, SP2) (4, 6)$
- $SUP3 = Supcon(PL3, SP3) (4, 6)$
- $SUP4 = Supcon(PL4, SP4) (4, 6)$

The schematic of modular supervisor SUP1, SUP2, SUP3, and SUP4 are presented in Fig. 7. We should test that these computed modular supervisors have the same behavior as monolithic ones and we also should test that these modular supervisors have the property of non-conflicting with each other. We can do this as follows:

$TEST = Sync(SUP1, SUP2, SUP3, SUP4) (256, 1536) Blocked_events = None$

$true = Isomorph(SUP, TEST; identity)$

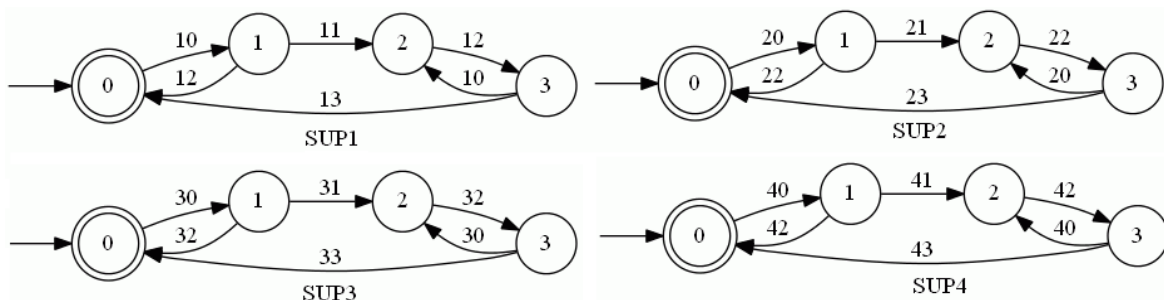


Figure 7. Automaton models of modular supervisor SUP1, SUP2, SUP3, and SUP4

In this test, the automaton model (TEST) that is the synchronous product of modular supervisor (SUP1, SUP2, SUP3, and SUP4) is compared with the monolithic supervisor (SUP). The result (true) shows that TEST and SUP are isomorphic under state correspondence. This means they have the same behavior.

The non-conflicting property of the modular supervisor’s pair is tested as follows.

- true = Nonconflict(SUP1,SUP2)
- true = Nonconflict(SUP1,SUP3)
- true = Nonconflict(SUP1,SUP4)
- true = Nonconflict(SUP2,SUP3)
- true = Nonconflict(SUP2,SUP4)
- true = Nonconflict(SUP3,SUP4)

As a comparison, the number of states, transition, and total size of computed monolithic, reduced, and modular supervisors are tabulated in the following Table 2. As can be seen from the table, the modular approach gives the best solution that has a minimum size.

Table 2. Comparison of Supervisors Size

Type of Supervisor	Number of states	Number of transitions	Total size
Monolithic	256	1536	1792
Reduced	16	192	208
Modular	16	24	40

4. Results and Discussion

4.1. System without Compensation

The load consists of 50 kW active power at the initial condition. A step that consists of 7.5 kVAR inductive reactive power is applied at t=0.5s for phase A. Similarly, a step load that 7.5 kVAR inductive reactive power is applied for phase B and phase C at t=1s and t=1.5s, respectively. At t=2s, a step load that 30 kVAR three-phase inductive reactive power is applied to the system. The variation of the reactive power and power factor of the load without compensation is shown in Fig. 8. The power factor obtained according to the power values in Fig. 8 varies between 0.69 and 1.

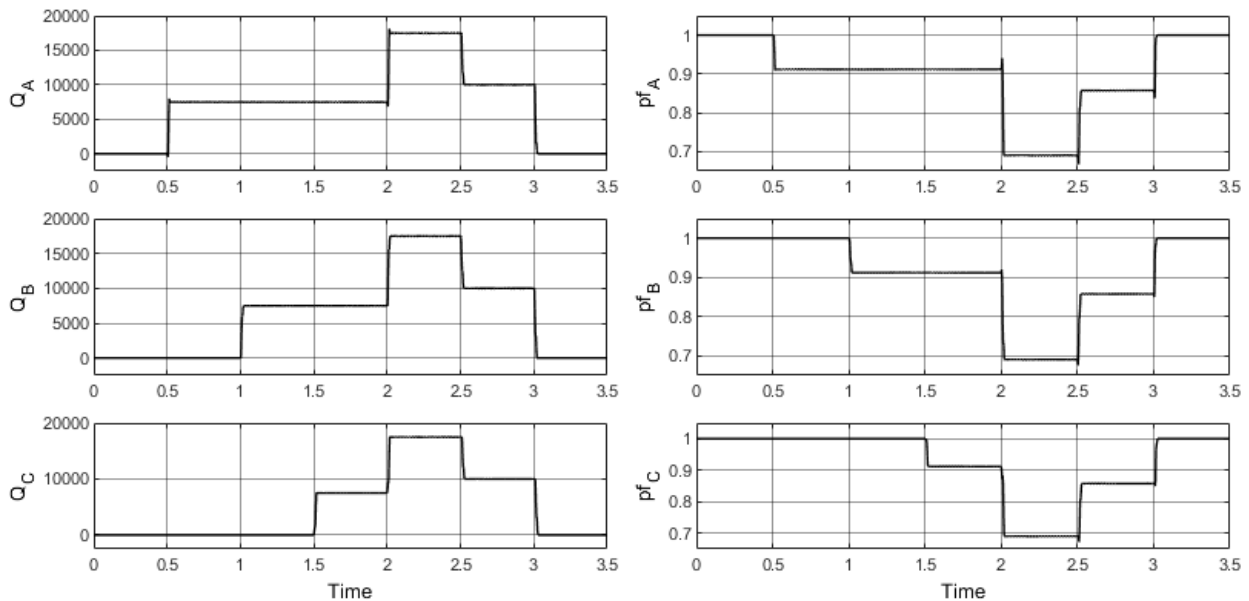


Figure 8. Reactive power and power factor measured in an uncompensated system

4.2. System with Compensation

The variation of the reactive power and power factor of the load with automata-based compensation is shown in Fig. 9. The target power factor of the load after compensation is almost equal to 1 due to using the inductive reactive load values equal to the shunt capacitor values in this study. The reactive power is peak to 6840 VAR instantaneously, when the capacitor is switched on for phase A. Also, the reactive powers are peak to 6785 VAR and 6807 VAR instantaneously when the capacitor is switched on for phase B and phase C, respectively. The reactive power is peak to 10072 VAR, 9580 VAR, and 8355 VAR when the three-phase shunt capacitor is switched on for phases A, B, and C, respectively. These values are instantaneous and can be tolerated by the system. Hence, the power factor of the load reduces transiently when shunt capacitors are switched on and off. Also, the current waveforms of the capacitors are depicted in Fig. 10. It can be seen in the figure, the switching of the capacitors have according to the need to compensate which phase.

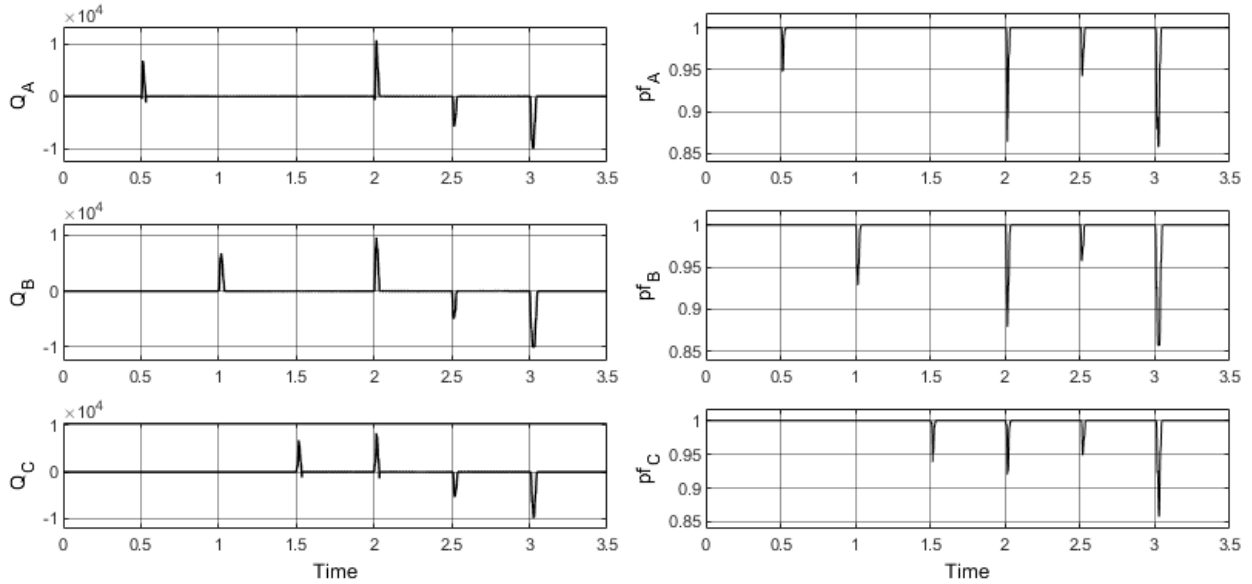


Figure 9. Reactive power and power factor measured in a compensated system

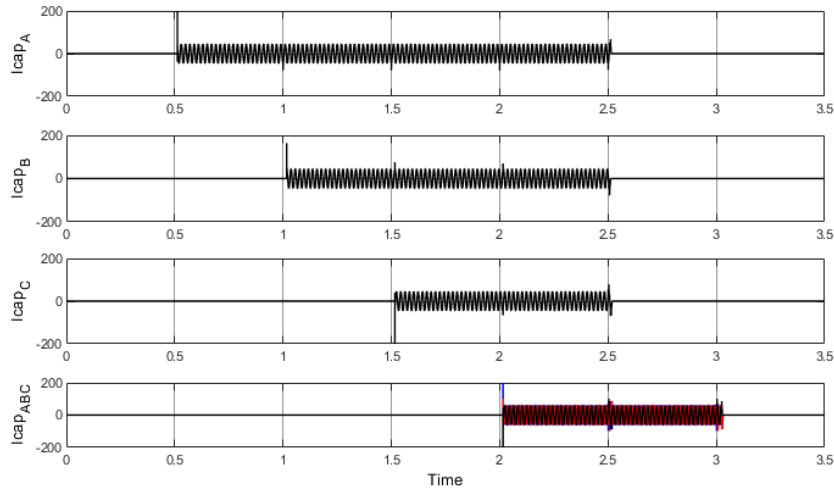


Figure 10. The current waveforms of capacitors

According to the presented results, reactive power compensation, which is the most basic application of power systems, has been successfully implemented with the automata method within the scope of DES. Thus, it has been shown that the operation of the conventional reactive power control relay can be formalized. Besides, the proposed method worked stably even in the case of imbalances that may occur in phases. However, as the structure of the system becomes more complex, the controller naturally becomes more complex. It can be said that the proposed control method is particularly suitable for group compensation systems.

5. Conclusions and Recommendations

In this work, reactive power compensation is investigated in the view of the discrete event system and supervisory control theory. Systems dynamics are modeled as automata and supervisors are computed based on monolithic, reduced, and modular approaches. It is seen that the best solution for this problem is a modular approach compared by the others in the sense of state and event numbers. Computed modular supervisors are implemented and simulated. The target power factor and reactive power values of the load are achieved by using supervisory control after compensation. In addition to the 3-phase load variation in the power system, the unbalanced load variation that occurs at different times in each phase is also taken into account. Thus, it has been seen that the proposed controller works properly not only in balanced systems but also in an unbalanced system. In the paper, a formal method based approach used to design a controller for reactive power compensation. It is possible to design scalable controllers for large-scale systems with the use of formal design methods. Besides, verification and validation of formally designed controllers can be easily done.

References

- [1] Gelen, A., & Yalçınöz, T. (2009). Tristör anahtarlama kapasitör (TSC) ve tristör anahtarlama reaktör-tabanlı statik var kompanzator'ün (TSR-tabanlı SVC) PI ile kontrolü. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 24(2), 237-244.
- [2] Wonham, W. M., & Cai, K. (2019). *Supervisory control of discrete-event systems*. Heidelberg: Springer International Publishing. e-ISSN: 2148-2683

- [3] Cassandras, C. G., & Lafortune, S. (2009). Introduction to discrete event systems. Springer Science & Business Media.
- [4] Su, R., & Wonham, W. M. (2004). Supervisor reduction for discrete-event systems. *Discrete Event Dynamic Systems*, 14(1), 31-53.
- [5] Wonham, W. M., & Ramadge, P. J. (1988). Modular supervisory control of discrete-event systems. *Mathematics of control, signals and systems*, 1(1), 13-30.
- [6] Feng, L., & Wonham, W. M. (2006, July). TCT: A computation tool for supervisory control synthesis. In 2006 8th International Workshop on Discrete Event Systems (pp. 388-389). IEEE.
- [7] Lin, Z., Wen, F., Chung, C. Y., & Wong, K. P. (2006, June). A survey on the applications of Petri net theory in power systems. In 2006 IEEE Power Engineering Society General Meeting (pp. 7-pp). IEEE.
- [8] Biswas, T., Davari, A., & Feliachi, A. (2004, October). Application of discrete event systems theory for modeling and analysis of a power transmission network. In IEEE PES Power Systems Conference and Exposition, 2004. (pp. 1024-1029). IEEE.
- [9] Afzalian, A. A., Niaki, S. A. N., Iravani, M. R., & Wonham, W. M. (2008). Discrete-event systems supervisory control for a dynamic flow controller. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 24(1), 219-230.
- [10] Halim, A. (2018). New hybrid Petri net application for modeling and analyzing complex smart microgrid system. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(9), 2713-2721.



Yapay Sinir Ağları ile Sıvı Ham Demir Tahmini ve 5.Yüksek Fırın Uygulaması

Caner Özcan^{1*}, Ertan Yavuz Köprü²

¹ Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2854-4005)

² Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8453-0011)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820018)

ATIF/REFERENCE: Özcan, C. & Köprü, E. Y. (2020). Yapay Sinir Ağları ile Sıvı Ham Demir Tahmini ve 5.Yüksek Fırın Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 155-162.

Öz

Demir cevherinden sıvı ham demir üretimi, yüksek fırın işletmesinde gerçekleşmektedir. Bu süreç, uzun ve karmaşık bir yapıya sahiptir. Bir dökümün tamamlanması, yüksek fırının üretim kapasitesine bağlı olarak, 6-8 saat sürmektedir. Bu çalışmada entegre demir-çelik fabrikasının yüksek fırınlarına ait hammadde verileri kullanılıp üretilen sıvı ham demir miktarı, yapay sinir ağları vasıtasıyla tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada yüksek fırının çalışma biçimi incelenerek giriş ve çıkış parametreleri belirlenmiştir. 2016 ve 2019 yıllarına ait 1000 adet üretim verisinin %70'i eğitim, geriye kalan %30'u test verisi olarak ayrılmıştır. Veriler ilk adımda normalize edilerek yapay sinir ağı için kullanılabilir duruma getirilmiştir. Test sürecinin ardından elde edilen sonuçlar, denormalize edilmiştir. Diğer taraftan yüksek fırının üretim yapmadığı zaman dilimleri veri setinden çıkarılmıştır. Yapay sinir ağı mimarisi için ara katmanda bulunan nöron sayıları üzerinde denemeler yapılmış ve en yüksek test başarısına sahip mimari seçilmiştir. İlk adım olarak veri setinin %70'lik kısmı yapay sinir ağına sonuçları ile beraber gösterilerek eğitim süreci tamamlanmıştır. Ardından girdi parametreleri verilen %30'luk kısım için, sonuçlar gösterilmeden, yapay sinir ağından tahmin edilmesi beklenmiştir. Eğitim sürecinde yapay sinir ağında Levenberg Marquardt, Bayesian ve Broyden-Fletcher-Golffarb-Shanno olmak üzere üç farklı öğrenme algoritması kullanılmıştır. Matlab R2016a platformunun kullanıldığı çalışmada eğitim algoritmalarına ait test sonuçları karşılaştırılmış ve %94'lük test başarı oranı ile Levenberg Marquardt Algoritması en iyi test sonucuna ulaşmıştır. İleri yönlü geri yayımlı yapının kullanıldığı yapay sinir ağında ortalama mutlak yüzde hata oranı %5,89 bulunmuştur. Son adımda, Matlab platformunda tasarlanan yapay sinir ağı Visual Studio platformuna alınmış ve tahmin sonuçları yine ortalama mutlak yüzde hata çerçevesinde karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada Matlab programının Visual Studio platformundan daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Sinir Ağı, Tahmin, Yüksek Fırın, Sıvı Hamdemir, Demir cevheri.

Estimation of Pig Raw Iron with Artificial Neural Networks and 5th Blast Furnace Application

Abstract

Liquid crude iron production from iron ore takes place in the blast furnace operation. This process has a long and complex nature. A casting takes 6-8 hours to complete, depending on the production capacity of the blast furnace. In this study, it is aimed to estimate the amount of liquid crude iron produced by using the raw material data of the blast furnaces of the integrated iron and steel factory through artificial neural networks. In this study, the working style of the blast furnace was examined and the input and output parameters were determined. 70% of 1000 production data belonging to 2016 and 2019 are reserved as training and the remaining 30% as test data. In the first step, the data are normalized and made available for the artificial neural network. The results obtained after the testing process were denormalized. On the other hand, the time periods in which the blast furnace is not producing were excluded from the data set. For artificial neural network architecture, experiments have been made on the number of neurons in the intermediate layer and the architecture with the highest test success has been selected. As the first step, the training process has been

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2854-4005, canerozcan@karabuk.edu.tr

completed by showing 70% of the data set to the artificial neural network with its results. Then, for the 30% part whose input parameters were given, it was expected to be estimated from the artificial neural network without showing the results. During the training process, three different learning algorithms, Levenberg Marquardt, Bayesian and Broyden-Fletcher-Golffarb-Shanno, were used in the neural network. In the study where Matlab R2016a platform was used, the test results of the training algorithms were compared and the Levenberg Marquardt algorithm reached the best test result with a test success rate of 94%. The average absolute percentage error rate was found to be 5.89% in the artificial neural network where the forward backward propagation structure was used. In the last step, the artificial neural network designed on the Matlab platform was taken to the Visual Studio platform and the estimation results were compared within the mean absolute percentage error. In the comparison, it was determined that Matlab program performed better than the Visual Studio platform.

Keywords: Artificial Neural Network, Prediction, Blast Furnace, Pig Iron Ore.

1. Giriş

Sıvı pik demir, demir-çelik sektörünün en önemli işlenmiş hammaddesidir. Sıvı ham demir üretimi birden fazla yöntemle gerçekleştirilebilmektedir. Elde edilen sıvı ham demir torpedo veya pota vasıtasıyla çelikhane işletmesine gönderilmektedir (Özlem, 2005). Her ne kadar sıvı ham demir üretimi, birden fazla yöntem ile gerçekleştirilse de ilgili süreç uzun ve zor bir yapıya sahiptir. İnsan bünyesinin dayanamayacağı yüksek sıcaklıkta, devreye otomasyon sistemleri girmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte otomasyon sistemlerinden alınan üretim verileri çeşitli yapay sinir ağı mimarisinde kullanılmıştır. Fırın giriş parametreleri değiştirilerek eğitilen yapay sinir ağının gerçekleştirdiği tahminlerle, sıvı ham demir içerisindeki silisyum yüzdesi kestirilmeye çalışılmıştır (Radhakrishnan & Mohamed, 2000). Bu tahmin işleminin bir benzeri olarak yapılan çalışmada sıvı ham demire ait kütle-ısı dengesini hesaplayan bir model tasarlanmıştır (Peacey & Davenport, 1979). Üretilen sıvı ham demirin sahip olduğu sıcaklığın tahmin edilebilmesi için NOE ve NARX olmak üzere iki farklı model kullanılarak elde edilen sonuçlar birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmada NOE modelinin simülasyonda, NARX modelinin kontrol sistemlerinde daha faydalı olacağı tespit edilmiştir (Jimenez, Mochon, Ayala, & Obeso, 2004). Finlandiya, Koverbarda bulunan bir yüksek fırın işletmesinde fırın içi sıcaklığı tahmin etmek amacıyla tek gizli katmana sahip yapay sinir ağı kullanılmıştır (Nikus & Saxen, 1996).

Sıvı ham çeliğin kimyasal analiz sonuçlarının önceden öngörülebilmesi işletme ünitesine büyük kolaylıklar sağlamaktadır. İstenilen çelik kalitesi elde edilirken diğer taraftan üretim maliyetlerinin de düşürülmesine yardımcı olacaktır. Bu amaçla yapılan çalışmada yapay sinir ağından faydalanılmıştır (Bozkurt, 2007). Yüksek fırın, üretim aşamaları sebebiyle karmaşık bir yapıya sahiptir. Bu karmaşıklığın önüne geçebilmek ve sıvı ham çelik üretiminde optimum değerler yakalayabilmek için parametreler üzerinde uzun süren çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Yapay sinir ağlarından önce kullanılan klasik, matematiksel hesaplamalarda istenilen çelik kalitesi elde edilememiştir (GE, 1999). Sıvı ham demir üretiminde kullanılan ham maddelerin maliyeti, üretim miktarına paralel olarak artmaktadır. Üretim sürecinin kontrolü ve sürdürülebilirliği sağlamak büyük önem arz etmektedir. Bu sebeple yüksek fırınlarda yakıt olarak kullanılan kok miktarı üzerine yapılan çalışmada yapay sinir ağı kullanılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan kok miktarının, üretilecek sıvı ham demir miktarı ile ilişkisi modellenmiştir. Bu modellemede yakıt miktarı ve sıcak metal içerisindeki kükürt oranları baz alınmıştır. Elde edilen sonuçlar ise modelin üretim sürecinde tesise yardımcı olabileceği yönündedir (Assis, Carvalho, & Ansarbay, 2019).

Yapay sinir ağlarının güçlü olduğu özelliklerinden birisi tesise bağlı kalmamasıdır. Diğer bir ifade ile tasarlanan yapay sinir ağı, bir tesiste aktif olarak kullanılıp başka bir tesiste de kullanılabilir. Önemli olan nokta ise giriş ve çıkış parametrelerinin doğru bir şekilde analiz edilmesidir. Yüksek fırınlar işletmesinden bir önceki ünite olan sinter tesislerinde gerçekleştirilen çalışmada, yüksek fırınlara şarj edilen demir cevheri verimini arttırmak amacıyla yapay sinir ağlarından faydalanılmıştır (Beşkardeş & Özdemir, Sinter Makinesinin Örüntü Tanıma Tabanlı Otomatik Hız Kontrolü, 2017). Yapay sinir ağları farklı tesislerde olduğu gibi farklı sektör ve alanlarda da kullanılabilir. Sağlık sektörü için yapılan çalışmada son yıllarda azalan doğurganlık oranları üzerinde çalışma yapılmıştır. Laboratuvar ortamında alınan veriler, makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak tahmin modeli oluşturulmuştur. Doğrusal Ayırt Edici, K en yakın Komşuluk ve Lojistik Rerasyon yöntemlerinin kullanıldığı çalışmada başarı oranları karşılaştırılmıştır (Karadağ, 2020). Jelatin çözeltilerinin dinamik viskozitesini tahmin edebilmek için yapılan çalışmada ileri beslemeli yapay sinir ağı modeli kullanılmıştır. Oluşturulan model karesel hata, ortalama mutlak hata gibi birden fazla değerlendirme kriterine tabii tutulmuştur. İstatistiksel veriler neticesinde modelin tahmin için kullanılabilir olduğuna karar verilmiştir (Demirbay, Karakullukçu, & Acar, 2020).

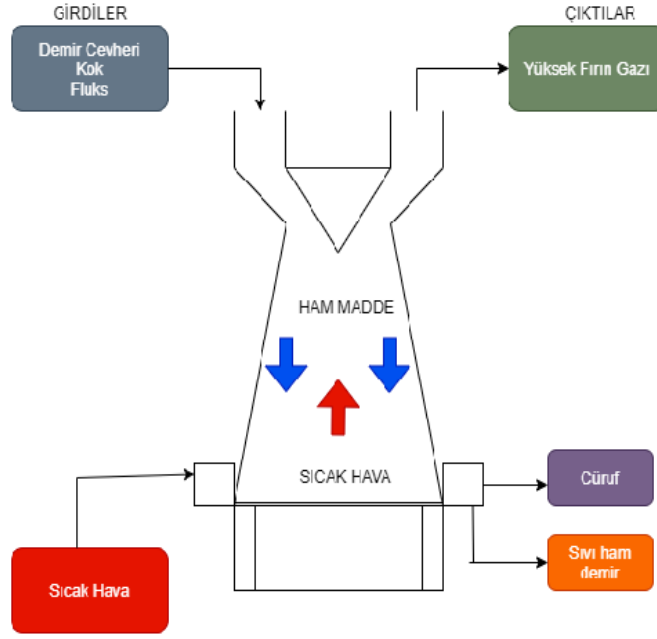
Günümüzde teknolojik gelişmelerin insan hayatına etkisi daha yoğun olarak hissedilmektedir “Akıllı Ev” adı verilen ve otomasyon sistemlerine bağlı olarak tasarlanan yeni evler günümüzün bir parçası olmuştur. Akıllı ev uzmanları ve yapılan literatür çalışmaları neticesinde oluşturulan veriler, SWOT metodu çerçevesinde değerlendirilip etkileri araştırılmıştır (Tomaş & Dostoğlu, 2020). Farklı sıcaklıklara sahip birden fazla akışkanlar arasında gerçekleşen ısı değişimi mühendislik alanında büyük bir problem teşkil etmektedir. Bu noktada kullanılan ısı eşanjörleri akışkanlar arasındaki enerji farkını ortadan kaldırmaktadır. Bu çalışma için tasarlanan modellemede, birbirinden farklı algoritmaların kullanıldığı yapay sinir ağlarından faydalanılmıştır (Demir, 2020). Gelişen teknoloji ile beraber haberleşme sistemlerindeki alt yapılar da güncellenmektedir. Fakat bu değişimlerin, özellikle 5G gibi yeni haberleşme teknolojilerinde, matematiksel olarak modellenmesi oldukça zordur 5G'nin yeni bir iletişim teknolojisi olması, araştırma ve geliştirmede kaynak yetersizliğini de beraberinde getirmiştir. Derin öğrenme tabanlı gerçekleştirilen çalışmada yeni nesil teknoloji için çalışma alanları araştırılmıştır (Yıldırım, Sokullu, & Pehlivan, 2020). Sağlık sorunlarının en büyük sebepleri arasında hava kirliliği gelmektedir. Bu durumun önüne geçilmesi için hava kirliliği model çerçevesinde değerlendirilmiştir. Kastamonu iline ait meteorolojik veriler yapay sinir ağında kullanılmıştır. Çeşitli normalizasyon tekniklerinin kullanıldığı çalışmada problemin çözümüne en uygun sınıflandırma algoritması tespit edilmeye çalışılmıştır (Gültepe, 2019).

Yüksek fırınlarda bir dökümün tamamlanması, fırının üretim kapasitesine bağlı olarak, 6-8 saat sürmektedir. Çalışmada entegre demir-çelik fabrikasının yüksek fırınlarına ait hammadde verileri kullanılıp üretilen sıvı ham demir miktarı, yapay sinir ağları vasıtasıyla tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu sayede üretim için gerekli olan bekleme süresi ortadan kaldırılacak ve işletme ünitesine yardımcı olunacaktır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Giriş ve Çıkış Parametrelerinin Belirlenmesi

Yüksek fırın, demir cevherinden sıvı ham demir üretildiği tesislerdir. Bu üretim yüksek sıcaklık ve basınç altında birtakım fiziksel, kimyasal reaksiyonların gerçekleşmesi neticesinde meydana gelir. Üretim sürecinin tamamlanmasının akabinde sıvı ham demir, torpedo veya pota yardımıyla bir sonraki tesis olan çelikhaneye gönderilir. Çelikhane işletmesinin son ünitesi olan sürekli dökümler biriminde kütük, yuvarlak kütük gibi yarı mamul üretilir. Yarı mamulün katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülebilmesi amacıyla entegre tesislerin son işletmesi olan haddehanelere gönderilmekte ve nihai ürün satışa hazır hâle getirilmektedir.



Şekil 1. Yüksek fırında sıvı ham demir üretimi

Demir cevherinin indirgenme ve karburizasyon reaksiyonları 1200-1600 °C aralığında gerçekleşir. Bu ortam, refrakter adı verilen yüksek sıcaklıklara dayanıklı özel tuğlalar ile sağlanır. Fırının dış yapısı ise çelik zırh ile çevrilidir ve bu zırh yüksek fırını ayakta tutar. Fırının üst kısmından şarj edilen kok, demir cevheri ve fluks karışımı tabana doğru ilerlemeye başlar. Bu süreçte karışım sıcak hava ile karşılaşır. Artan sıcaklık ile birlikte demir cevheri ergime durumuna geçer ve yüksek fırının alt kısmında birikmeye başlar. Tepkimeler tamamlandığında fırının alt kısmında sıvı ham demir ve cüruf olmak üzere iki çeşit ürün elde edilir. Cüruf, yoğunluğu düşük olması sebebi ile sıvı ham demirin üzerinde kalır. İşletme tarafından gerçekleştirilen müdahale ile sıvı ham demirin üzerinden alınır ve bu sayede haznede sadece sıvı ham demir kalır. Geriye kalan sıvı ham demir torpedo veya pota ile bir sonraki işletme ünitesi olan çelikhaneye gönderilir.

Yapılan çalışmada, demir-çelik entegre tesisinde bulunan yüksek fırının, 2016 ve 2019 yılları arasına ait 1000 adet üretim verisi kullanılmıştır. Bu veri kümesinin %70'i eğitim, geriye kalan %30'u test verisi olarak kullanılmak üzere ayrılmıştır. Tasarlanan yapay sinir ağı ile üretime başlayan yüksek fırının sekiz saat sonra alacağı döküm miktarını tahmin etmesi hedeflenmiştir.

Sıvı ham demir üretiminde çok çeşitli ham madde kullanılmaktadır. Bu durumun sebebi sıvı ham demir üretiminin karışık bir yapıya sahip olmasıdır. Daha önce yapılan çalışmalar incelenip Tablo 1'de verilen üretimde hangi giriş ve çıkış parametrelerinin kullanıldığı tespit edilmiştir (Beşkardeş, Türkoğlu, & Acı, Prediction of the hot metal silicon content in the Blast Furnace, 2016).

Tablo 1. Yüksek fırın giriş parametreleri

Parametre Adı	Ölçü Birimi	Açıklama
Kok	ton	Yakıt
Cevher	ton	Demir Cevheri
Fluks	ton	Cüruf Yapıcı Malzeme
Sıcak Hava	°C	Tüyerden üflenen sıcak hava

Kok, yüksek fırınların yakıtı olarak adlandırılmaktadır. Girdi parametrelerinin yaklaşık %50-%60'ını oluşturmaktadır. Demir cevherinin sıvı ham demire dönüşümü sırasında gerçekleşen reaksiyonlar için gereken yüksek sıcaklık, kok sayesinde sağlanır. Fakat kok, direkt olarak yüksek fırınlara şarj edilemez. Bunun için kok bataryaları adı verilen tesiste önhazırlık işlemlerine tabii tutulur. Kok malzemesinde aranılan fiziksel boyut 6-8 mm çapa sahip olmasıdır.

Demir cevher, yüksek fırının ana girdi malzemeleri arasındadır. Tıpkı kok malzemesinde olduğu gibi demir cevheri de direkt olarak yüksek fırınlara şarj edilemez. Yüksek fırınlarda kullanılabilmesi için eleme, kırma gibi önhazırlıktan geçirilir. Demir cevherinin ideal çapı 6-8 mmdir. Bu değer aralıklarında demir cevheri, reaksiyonlarda katı-sıvı dengesini çok iyi yakalamaktadır. Demir cevherinin yapısında Silika ve Alimuna gibi istenmeyen bileşenler bulunmaktadır. Bu bileşenler sıvı ham demir içerisinde yoğun olarak bulunduğu takdirde çelik kalitesini düşürecektir. Ayrıca yarı mamul aşamasında kanamalara, kırılmalara sebebiyet verebilmektedir.

Fluks adı verilen dolomit, kireçtaşı gibi malzemeler yapısı gereği istenmeyen bileşenlere yapışarak sıvı ham demirin içerisinde ayrışmasını sağlar. Fırının alt bölümünde bulunan ve tüyer adı verilen özel hava kanallarından üflenen sıcak hava reaksiyonların gerçekleşmesinde önemli rol oynar. Demir cevherinin sıvı forma geçebilmesi için 1500 °C dolaylarındaki sıcaklık bu şekilde sağlanır.

Tablo 2. Yüksek fırın çıkış parametresi

Parametre Adı	Ölçü Birimi	Açıklama
Sıvı Ham Demir	ton	Yüksek fırından alınan sıvı ham demir

Sıvı ham demir, demir-çelik sektörünün ana ürünüdür. Hem demir cevherinden hem de hurda malzemesinden üretilmektedir. Yüksek fırınlarda demir cevheri yüksek sıcaklık ve basınç altında ergiyik duruma geçmesi sonucunda sıvı ham demir oluşmaktadır. Çalışmada kullanılan üretim verileri, yüksek fırın otomasyon sisteminden alınmıştır. Bir sonraki adım olarak veriler, yapay sinir ağına kullanılabilmek için normalize edilmiştir.

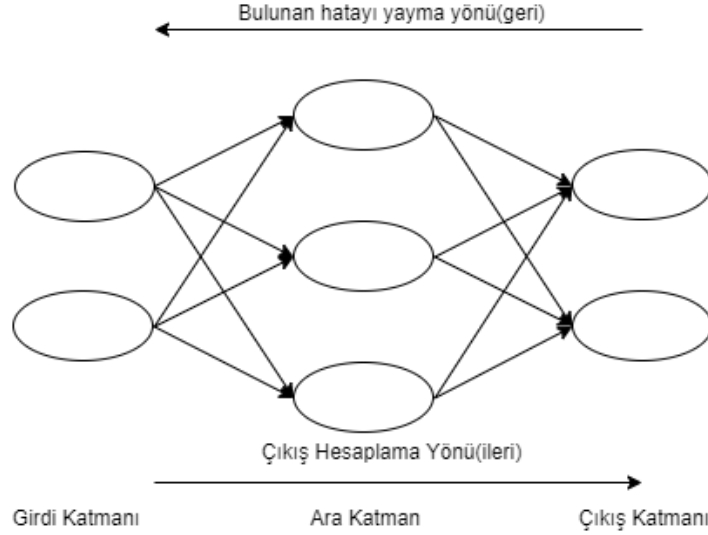
$$x' = 0.8 * \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} + 0.1 \quad (1)$$

Burada x' normalizasyonu yapılmış veriyi, x_i iterasyondaki veriyi, x_{max} ve x_{min} değerleri ise veri setindeki minimum ve maksimum değerleri ifade etmektedir.

2.2. Yapay Sinir Ağı Mimarisi

Yapay sinir ağına; insan beyninin gerçekleştirebildiği öğrenme, düşünme, karar verebilme gibi niteliklere sahip olduğu ve tasarım olarak insan beynini andırdığı için bu isim verilmiştir. Yapay sinir ağının çalışma prensibi beyin ile hemen hemen aynıdır. Duyu organlarından beyne gelen sinyaller ara katmanda bulunan nöronlara aktarılır. Bu değerler matematiksel hesaplaması ağırlık değerlerinin, kendi değerleri ile çarpılması sonucunda bulunur ve bir sonraki katmana iletilirler. Ara katmanda toplanan sinyaller bir sonraki katmana iletilir. Yapay sinir ağına ise bu sistem, aktivasyon fonksiyonu ile sağlanmaktadır (Şahin, 2018).

İleri yönlü geri beslemeli ağ modeli başarılarından ötürü uygulamalarda sıklıkla kullanılmaktadır. Çok katmanlı yapının tercih edildiği modelde girdi, ara ve çıktı katmanları bulunmaktadır (Aksu, 2019). Model, iki aşamalı olarak tasarlanmıştır. İlk aşamada veri akışı girdi katmanından çıktı katmanına doğru ilerler ve sinir ağı bir tahmin üretir. İkinci aşamada ise tahmini değer ile gerçek değer arasındaki fark kadar yapay sinir ağındaki nöronların ağırlıkları güncellenir. Güncelleme işlemindeki amaç çıktı değerlerinin arasındaki farkı her adımda azaltmak ve tahmini değerleri gerçek değerlere yaklaştırmaktır (Keleşoğlu, 2006).



Şekil 2. Geri beslemeli yapay sinir ağı mimarisi

Yapay sinir ağındaki nöronların çıkış değerleri şu şekilde hesaplanmaktadır. İlk adım olarak iterasyondaki nörona gelen bağlantıya ait ağırlık ile komşu nöronun ağırlığı çarpılarak toplanır.

$$y_i = \sum_{i=1}^n w_i x_i \quad (2)$$

İterasyon sayısı i , w_i nöronun bağlı bulunduğu ağırlık, x_i komşu nöronun sahip olduğu ağırlığı, n iterasyondaki son adımı ifade etmektedir.

Yapay sinir ağına gerçekleştirildiği tahmin ile gerçek değer arasındaki fark bulunur.

$$E = \frac{1}{2} \sum (d_i - y_i)^2 \quad (3)$$

d_i gerçek değer ve y_i yapay sinir ağına ait tahmini değerdir.

$$\Delta w_i = \eta \delta_i y_i \quad (4)$$

Δ değişim miktarını, η öğrenme katsayısını, δ_i azalma miktarını göstermektedir. Son adımda ise mevcut ağırlıklar güncellenir.

$$w_i^{yeni} = w_i^{eski} + \Delta w_i \quad (5)$$

Hata miktarı istenilen seviyeye yaklaşıncaya kadar bu döngü devam eder.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

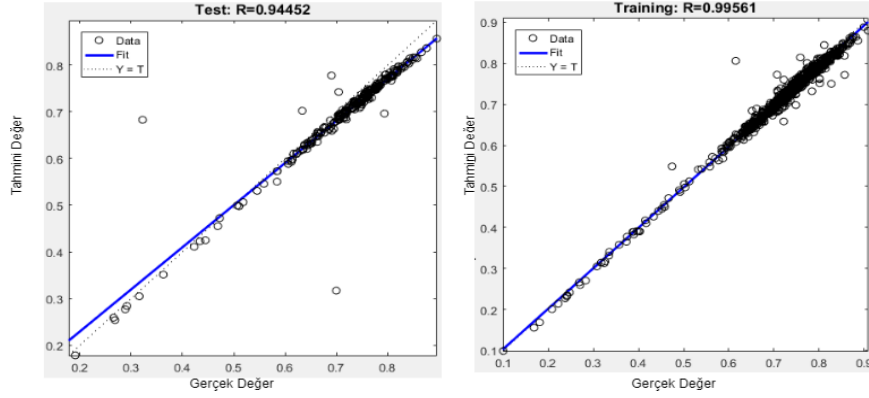
Çalışmada, yüksek fırınının üretimde kullandığı ham maddeler giriş parametreleri, sıvı ham demir ise çıktı parametresi olarak belirlenmiştir. Fırının diğer çıktıları olan cüruf ve yüksek fırın gazı çalışma dışında tutulmuştur. Bu sebeple, başlangıç aşamasında dört adet giriş ve bir adet çıkışa sahip ileri yönlü geri yayımlı yapay sinir ağı mimarisi tasarlanmıştır. Tek gizli katmanın bulunduğu tasarımda, ara katmandaki nöron sayısının belirlenmesi için denemeler yapılmıştır. Matlab R2016a platformunun kullanıldığı çalışmada, ara katmandaki nöron sayısı değiştirilerek elde edilen test sonuçlarına istinaden en iyi mimari belirlenmiştir. Ara katmanda sırası ile bir, iki, üç ve dört adet nöron kullanılıp sonuçlar kayıt altına alınmıştır.

Model karşılaştırılmasında Matlab platformunun kullanıcılarına sunduğu varsayılan ayarları tercih edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu *logsig*, öğrenme fonksiyonu *trainlm*, çıkış fonksiyonu olarak *linear* fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 3. Modellerin karşılaştırılması ve test sonuçları

Model Adı	Eğitim Başarı Oranı (%)	Test Başarı Oranı (%)
Model 1	98,94	94,20
Model 2	99,42	94,03
Model 3	99,56	94,45
Model 4	99,50	93,88

Tüm modellerde eğitim başarı oranı %98'in üzerinde olduğu görülmüştür. Bu yüksek başarının sebebi veriler arasında salınımın olmamasıdır. Test başarı oranları ise %93'ün üzerindedir. Modellere ait sonuçlar incelendiğinde ilk sırada Model 3, ikinci sırada Model 2, üçüncü sırada Model 1 ve dördüncü sırada Model 4 yer almaktadır. Ara katmanda bulunan nöron sayısının artması, her zaman test başarı oranını arttırmamaktadır. Model 3 ve Model 4 karşılaştırıldığında ara katmanda üç nöronu bulunan modelin, ara katmanında dört nöronu bulunan modelden daha yüksek test başarı oranına sahip olduğu görülmektedir. Şekil 2'de Model 3'e ait eğitim ve test sonuçlarının grafikleri gösterilmiştir.



Şekil 3. Model 3'e ait eğitim ve test sonuçları

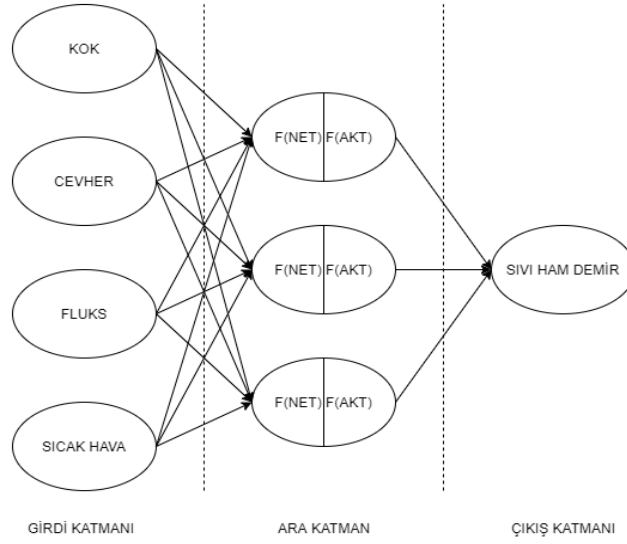
Grafiklerdeki fit doğrusu, YSA'nın eğitim ve test süreci boyunca gerçekleştirdiği yönelimleri ifade etmektedir. $Y=T$ doğrusunda ise Y , YSA'nın vermiş olduğu çıktıları temsil ederken T test çıktılarını göstermektedir. Bir YSA'nın fit ile $Y=T$ doğrusu birbirine ne kadar yakın ise sonuç o kadar yüksek olacak ve ilgili süreç o kadar başarılı sayılacaktır. Grafiklerdeki yuvarlak noktalar, eğitim ve test için ayrılan verileridir. Daha önce eğitim ve test için ayrılan veriler, YSA'ya normalize edilerek gösterildiği için değer aralıkları 0.1-0.9 arasındadır. Ara katmanda üç nöronu bulunan YSA mimarisi, eğitim aşamasını yaklaşık %99 gibi çok yüksek bir başarı oranı, test aşamasını %94'lük bir başarı oranı ile tamamlamıştır. Yapılan ilk iki denemelerden farklı olarak $Y=T$ doğrusuna en yakın oranı bu mimari yakalamıştır. Test aşamasında, Matlab programının varsayılan ayarları tercih edilmiştir. Aktivasyon fonksiyonu olarak \log_{sig} , öğrenme fonksiyonu $trainlm$, çıkış fonksiyonu ise lineer fonksiyonu kullanılmıştır.

Yapay sinir ağı mimarisinin belirlenmesinin ardından, yapay sinir ağların eğitiminde sıklıkla kullanılan Levenberg Marquardt Algoritması (LM), Bayesian Algoritması (BR) ve Broyden-Fletcher-Golgarb-Shanno Algoritması (BFGS) ile eğitim ve test denemeleri yapılmıştır (Toraman, 2019).

Tablo 4. Algoritmaların eğitim ve test sonuçları

Algoritma/Kriter	LM	BR	BFGS
Eğitim	%99,56	%99,47	%99,39
Test	%94,45	%94,21	%90,29
İterasyon Sayısı	53	78	71

Eğitim aşamasını her üç algoritma da yüksek başarı oranı ile tamamlamıştır. Her ne kadar test başarı oranları yakın olsa da Levenberg Marquardt algoritması, Bayesian ve Broyden-Fletcher-Golgarb-Shanno algoritmasından daha yüksek bir oran elde etmiştir. İterasyon sayısı incelendiğinde Bayesian algoritmasının daha yavaş çalıştığı tespit edilmiştir. Çalışmanın son adımında platform değişikliği yapılmış ve aynı mimari Visual Studio ortamına alınmıştır. Şekil 4'te yapay sinir ağının son hali gösterilmiştir.



Şekil 4. Yapay sinir ağı mimarisi

Matlab platformunda en yüksek test başarısına ulaşan Model 3, Visual Studio 2017 platformunda da kullanılmıştır. İki farklı platforma ait tahminler ortalama mutlak yüzde hata çerçevesinde değerlendirilmiştir.

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{n=1}^n \frac{|y_g - y_t|}{y_g} \quad (6)$$

Eşitlikte n tahmin yapılan iterasyonu, y_g iterasyondaki gerçek değer, y_t iterasyona ait yapay sinir ağının gerçekleştirdiği tahmini değeri ifade etmektedir.

Tablo 5. Platform değişikliğinin analizi

Kriter/Platform	Matlab Platformu	Visual Studio Platformu
Eğitim	%99,56	%99,83
MAPE	%5,89	%7,83
İterasyon Sayısı	78	153

İki farklı platformda da eğitim başarı oranı %99'un üzerinde olduğu görülmektedir. MAPE oranları incelendiğinde sıfıra yakın olan taraf %5,89 ile Matlab platformu olmuştur. Visual Studio platformu ise %7,83 ile onu takip etmektedir. İterasyon sayısına bakıldığında Matlab platformunun Visual Studio platformundan daha az iterasyona ihtiyaç duyduğu görülmektedir. Bu duruma paralel olarak Matlab'ın çalışma süresi Visual Studio'dan daha kısa olduğu söylenebilir.

4. Sonuç

Yapılan çalışma sonucunda, yüksek fırınlardan alınan veriler Levenberg Marquardt algoritması kullanılarak daha başarılı test sonuçları vermiş ve üretilecek sıvı ham demir miktarı, 8 saat beklemeden öngörülebilir hale gelmiştir. Kullanılan yapay sinir ağının daha doğru tahminler yapabilmesi için parametreler artırılabilir. Başlangıçta, teorik üretimde ihmal edilen cüruf ve yüksek fırın gazı hesaplamalara dahil edilerek işletme ünitesi için daha kullanışlı bir model ortaya konulabilir.

Giriş parametreleri PLC, SCADA, DCS gibi canlı sistemlerden alınarak yapılan tahminler anlık olarak takip edilebilir. Üretim süreci anlık olarak takip edildiği için çelikhane işletmesi ile daha kolay bir şekilde entegre olabilecektir. Diğer bir ifade ile tesisler arası haberleşmeye büyük katkı sağlayacaktır. Diğer taraftan, ham madde hazırlama ünitesine düşük maliyetli demir cevheri karışımını hazırlayabilmesi için yardımcı olabilir.

Kaynakça

- Aksu, Y. (2019). İleri Beslemeli Geri Yayılımlı Yapay Sinir Ağlarının İncelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü*, Van.
- Assis, P., Carvalho, L., & Ansarbay, I. (2019). Artificial Neural Network-Based Committee Machine for Predicting Fuel Rate and Sulfur Contents of a Coke Blast Furnace. *International Journal of Science and Research*, 1492-1495.
- Beşkardeş, A., & Özdemir, M. E. (2017). Sinter Makinesinin Örüntü Tanıma Tabanlı Otomatik Hız Kontrolü. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 808-820.
- Beşkardeş, A., Türkoğlu, S., & Acı, Ç. (2016). Prediction of the hot metal silicon content in the Blast Furnace. *24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU)*, (s. 709-712). Zonguldak.
- Bozkurt, E. (2007). Yüksek Fırın Analizi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya.
- Demir, M. H. (2020). Thermal Modeling and Performance Analysis for a Chevron Type. *European Journal of Science and Technology*, 779-789.
- Demirbay, B., Karakullukçu, B., & Acar, F. G. (2020). Artificial Neural Network (ANN) Approach for Dynamic Viscosity of Aqueous Gelatin Solutions: A Soft Computing Study. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 465-475.
- GE, A. X. (1999). A Neural Network Approach To The Modeling of Blast Furnace. *MEng Thesis, MIT Department of Electrical Engineering and Computer Science*.
- Gültepe, Y. (2019). Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Hava Kirliliği Tahmini Üzerine Karşılaştırmalı Bir Değerlendirme . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8-15.
- Jimenez, J., Mochon, J., Ayala, J. S., & Obeso, F. (2004). Blast Furnace Hot Metal Temperature Prediction Through Neural Networks-Based Models. *ISIJ Journal*, 573-580.
- Karadağ, K. (2020). Makine Öğren Yöntemleri ile Semen Kalitesi Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 306-311.
- Keleşoğlu, Ö. (2006). Yapay Sinir Ağları ile Betonarme Kiriş Kesitleri Analizi. *İMO Teknik Dergi*, 3935-3942.
- Nikus, M., & Saxen, H. (1996). Prediction of A Blast Furnace Burden Distribution Variable. *ISIJ International*, 1142-1150.
- Özlem, A. (2005). Yüksek Fırın İşletmeciliğinde Optimizasyon. *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.
- Peacey, J. G., & Davenport, W. G. (1979). *The Iron Blast Furnace: Theory and Practice*. Pergamon Yayınları.
- Radhakrishnan, V. R., & Mohamed, A. (2000). Neural networks for the identification and control of blast furnace hot metal quality. *Journal of Process Control*, (s. 509-524).
- Şahin, M. (2018). Karar Ağaçları ve Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Kasko Sigortalarında Risk Değerlendirme. *Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi İstatistik Bölümü Anabilim Dalı*, İstanbul.
- Tomaş, M., & Dostoğlu, N. (2020). Smart House with Artificial Intelligence. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 486-493.
- Toraman, M. (2019). Uçakların İtici Kuvvetinin Yapay Sinir Ağları ile Tahmini. *Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri.
- Yıldırım, M., Sokullu, R., & Pehlivan, S. (2020). Deep Learning for Communication Systems. *European Journal of Science and Technology*, 1012-1025.



Ters Sarkaç Sistemi İçin LQR Kontrolcü Tasarımında Genetik Algoritma Optimizasyonu

Mehmet Tayyip Özdemir¹, Muhammet Mevlüt Karaca², Ali Tahir Karaşahin^{3*}

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4290-0045)

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9644-3663)

³ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7440-1312)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820337)

ATIF/REFERENCE: Özdemir, M.T., Karaca, M.M., & Karaşahin, A.T. (2020). Ters Sarkaç Sistemi İçin LQR Kontrolcü Tasarımında Genetik Algoritma Optimizasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 163-171.

Öz

Bu çalışmada kontrol tekniklerinin performanslarını incelemek için sıklıkla tercih edilen ters sarkaç sistemi ele alınmıştır. Ters sarkaç sisteminin doğrusal olmayan yapısı nedeniyle de kontrolü zor bir mühendislik problemidir. Ters sarkaç problemine yönelik sistemin hareket denklemleri çıkartılmış, durum-uzay formunda ifade edilmiş ve tasarım kriterleri belirlenmiştir. Ters sarkaç sisteminde tasarım kriteri olarak arabanın ve sarkacın pozisyonlarını kontrol etmek hedeflenmiştir. Bu hedeflere uygun olarak kontrol tekniği belirlenmiştir. Kontrolcü olarak Lineer Kuadratik Regülatör (LQR) tekniği kullanılmıştır. LQR kontrolcüsü ile birden fazla durum değişkenleri kontrol edilebildiği için ters sarkaç sisteminde tercih edilmiştir. Gerçekleştirilen çalışmada LQR kontrolcüsünün performansını doğrudan etkileyen Q ve R matrisleri Genetik Algoritma ile optimize edilmiştir. Optimize edilmiş LQR kontrolcüsü ve standart LQR kontrolcüsü olarak iki farklı yöntem uygulanmıştır. Genetik Algoritma geniş arama algoritmalarının aksine en iyiye ulaşmak için bir yaklaşımı olmadığından en iyiye ulaşamayabilir fakat zaman kısıtlamalarını dikkate almada en iyi algoritmalarından birisi olduğu için tercih edilmiştir. Ters sarkaç sisteminde yapılan optimizasyonlarda amaç fonksiyonları genellikle referans değere yükselme süresi, oturma süresi ve kalıcı durum hatalarının toplanması olarak kullanılmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmada farklı olarak Genetik Algoritmanın uygunluk fonksiyonu için bir öneri sunulmuştur. Bu öneri, arabanın referans pozisyon değeri ile arabanın pozisyon değeri arasındaki farkın minimize edilmesi şeklinde tasarlanmıştır. Genetik Algoritma (GA) uygunluk fonksiyonunun çalışmada önerilen formül ile kullanıldığında kabul edilebilir sonuçlar ürettiği gösterilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonucunda Genetik Algoritma ile optimizasyonu yapılan LQR kontrolcüsü, deneme yanılma yöntemiyle bulunan değerler ile çalışan LQR kontrolcüsüne göre daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Aynı zamanda Q ve R matrisleri Genetik Algoritma ile belirlendiği için bu katsayıların belirlenmesinde kaybedilen zamanın önüne geçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Genetik Algoritma, LQR Kontrol, Optimizasyon, Ters Sarkaç.

Genetic Algorithm Optimization in LQR Controller Design for Inverted Pendulum System

Abstract

In this study, the frequently preferred inverted pendulum system is handled to examine the performance of control techniques. It is a difficult engineering problem to control due to the nonlinear nature of the inverted pendulum system. The motion equations of the system for the inverted pendulum problem were extracted, expressed in state-space form, and design criteria were determined. In the inverted pendulum system, it is aimed to control the positions of the cart and the pendulum as a design criterion. The Control technique has been determined by these goals. Linear Quadratic Regulator (LQR) technique is used as the controller. Since multiple state variables can be controlled with the LQR controller, it was preferred in the inverted pendulum system. The Q and R matrices that directly affect the performance of the LQR controller in the work carried out were optimized with the Genetic Algorithm. Two

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7440-1312, tahirkarasahin@karabuk.edu.tr

different methods were applied as an optimized LQR controller and standard LQR controller. Unlike the wide search algorithms, the Genetic Algorithm may not reach the best because it does not have an approach to reach the best, but it was preferred because it is one of the best algorithms to consider time constraints. In the optimizations made in the inverted pendulum system, the fitness functions are generally used as the rise time to the reference value, the settling time, and the summation of the steady-state errors. In the study, a different proposal was presented for the fitness function of the Genetic Algorithm. This proposal is designed to minimize the difference between the car's reference position value and the car's current position value. The Genetic Algorithm fitness function has been shown to produce acceptable results when used with the formula suggested in the study. As a result of the experiments carried out, it was observed that the LQR controller, which was optimized with the Genetic Algorithm, was more successful than the LQR controller working with the values found by the trial and error method. At the same time, since the Q and R matrices are determined by the Genetic Algorithm, the time lost in determining these coefficients has been prevented.

Keywords: Genetic Algorithm, Inverted Pendulum, LQR Control, Optimization.

1. Giriş

Ters sarkaç sistemi kararsız ve doğrusal olmayan bir yapıya sahip olduğun için, çok sayıdaki kontrol metotlarının uygulanmasının ve doğrulanmasının test edilebileceği önemli bir kontrol mekanizmasıdır(Bilgiç vd., 2014). Bu sistemde kontrolün ana amacı, sarkacı dik konumda sabitlemektir. Bu işlem genellikle sarkaç çubuğunun takılı olduğu nesneyi(araba) hareket ettirerek gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, araba konumu ikincil bir değişken parametredir(Bakarac vd., 2018). Ters sarkaç sistemi, robot kollarındaki tekli mafsalların kontrolü, yürüyen robotların denge kontrolü gibi birçok yeni teknolojinin temelini oluşturmaktadır(Yeung & Chen, 1990).

Ters sarkaç sistemiyle ilgili geçmişten günümüze kadar çok sayıda çalışmalar mevcut olup halen bu konu üzerinde çalışmalar devam etmektedir. Anderson 1989 yılında yapmış olduğu çalışmada, Ters sarkaç mekanizmasında sinir ağları uygulamasının diğer uygulamalarının aksine, performans geri beslemesinin her adımda kullanılmadığı ve yalnızca sarkaç düştüğünde veya yatay bir yolun sınırlarına ulaştığında bir başarısızlık sinyali olarak görüldüğünü varsayımıştır. Bu problemi çözmek için, kontrolör gecikmiş performans değerlendirme, belirsizlik altında öğrenme ve doğrusal olmayan fonksiyonların öğrenilmesi konularını ele almıştır. Kararsız koşullardan kaçınmak ve sarkacı dengelemek için bu konuları ele alan pekiştirme ve zamansal fark öğrenme yöntemlerini sunmuştur(Anderson, 1989).

Mahfouz ve arkadaşları yaptığı çalışmada, matematiksel modelleri türetmek, karşılık gelen Simulink modelleri oluşturmak ve özellikle bir mekatroniği tasarlamak, inşa etmek ve kontrol etmek için mekatronik hareket kontrol uygulamalarında kullanılan elektrik DC motor sisteminin dinamik analizini yapmak için kullanılan farklı yaklaşımları ele almışlardır. Tek serbestlik derecesine sahip robot kolunu MATLAB/Simulink kullanarak doğrulamıştır(Mahfouz vd., 2013). Housner 1963 yılında yapmış olduğu çalışmada uzun ve ince binaların depreme karşı kalın binalara göre daha dayanıklı olduğunu görmüştür. Bu sebeple ters sarkaç tipi binaların deprem esnasında davranışını gözlemlemiştir. Binaları blok olarak modelleyip sabit, yatay bir ivme, tek bir sinüs darbesi ve bir deprem tipi uyarma ile devrilmesini analiz etmiştir(Housner, 1963).

Wang yapmış olduğu çalışmada, üç tipteki ters sarkacı kararlı hale getirmek ve davranışlarını gözlemek için PID denetleyicisi tasarlamıştır. Üç tür ters sarkaç arasındaki ilişkileri, Lagrange denklem modelleri ve durum denklem modelleri açısından analiz etmiştir. PID kontrolörleri ile üç tip ters sarkacın stabilizasyonu ve izleme kontrolünü gerçekleştirmiştir. Kontrol şeması sadece iyi bir dinamik performansa sahip olmakla kalmamış, aynı zamanda dıştaki büyük ve hızlı tepkilere karşı dayanıklılığa da sahip olmuştur(Wang, 2011). Okubanjo ve Oyetola 2019 yılında yaptıkları çalışmada, ters çevrilmiş bir sarkacın sistem dinamiklerini açıkça modelleyerek ve yatay konumda arabaya uygulanan giriş kuvvetini kontrol ederek sarkacı dikey konumda stabilize edecek farklı kontrol algoritmaları uygulamışlardır. Matematiksel model Lagrange yaklaşımının enerji özelliğine dayalı olarak türeterek ve kontrol algoritmaları MATLAB/Simulink ortamında türeterek matematiksel model üzerinde genişletmişlerdir. Bu nedenle, doğrusallaştırılmış ters sarkaç sisteminin kontrolü için Oransal-İntegral-Türev denetleyicisi (PID), Kutup Yerleştirmeli Geri Besleme denetleyicisi (PPFC), Lineer Karesel Regülatör denetleyicisi (LQR) ve Tahminsel (LQR + Tahminci) Doğrusal Karesel Regülatör denetleyicisi olmak üzere dört farklı kontrol algoritması önermişlerdir. Bu çalışma, önerilen kontrol algoritmalarını sistem yanıtı ve performansı açısından karşılaştırmaktadır(Okubanjo & Oyetola, 2019).

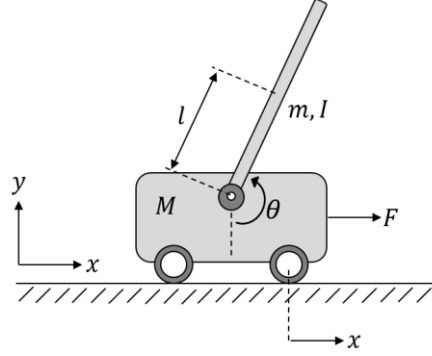
Mevcut çalışmanın temel amacı, serbest konumda olan bir sarkacı yukarı sallamak ve sarkacı dik pozisyonda dengelemek ve sarkaç arabasını en kısa sürede sarkaç rayında belirli bir konuma taşımaya hedeflemiştirler. Farklı kontrol stratejilerini deneylerle karşılaştırmışlar ve test etmişlerdir. Bulanık salınım algoritmasının enerji tabanlı salınım stratejileriyle karşılaştırılmışlar, doğrusal olmayan gerçek zamanlı uygulamalarda bulanık kontrol teorisini kullanmanın avantajlarını göstermişlerdir(Muskinja & Tovornik, 2006). Razzaghi ve Jalali, ters sarkaç sisteminin kontrol etmek için PID kontrolörlerini kullanan iki yöntem önermişlerdir. Birinci yöntem, sarkaç açısı altındaki araba pozisyonunun kontrolü, ikincisi ise araba pozisyonu altındaki sarkaç açısının kontrolüdür. Bu iki yöntemi birbiriyle karşılaştırarak, ikinci yöntemin daha iyi sonuçlar verdiği gösterilmiştir(Razzaghi & Jalali, 2012). Shehu ve diğerleri bir ters sarkacın kontrolü için önerilen LQR, iki PID ve kutup yerleştirme kontrol yöntemi ve gerçekleştirdikleri sistem kontrolünün simülasyon sonuçlarını bu üç yöntemle karşılaştırmışlardır. Harici bozucu etki olması veya olmaması durumunda LQR kontrolörü ile en iyi performansı elde edilmiştir(Shehu vd., 2015). Prasad ve arkadaşları ters sarkaç sisteminin kontrolünü PID ve LQR kontrolörleri ile gerçekleştirmiş ve PID + LQR kontrol yönteminin PID kontrol yönteminden daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir (Prasad vd., 2014). Ghanbari ve Farrokhi, çift eksenli ters sarkaç kontrolüne yeni bir yaklaşım getirmiştir. İlk olarak, iki eksenli ters sarkaç sisteminin, merkezi olmayan kontrol teorisini yardımcıyla iki ayrı alt sisteme bölünmüştür. Daha sonra, kayan mod yöntemini kontrol etmek için bir ayırma yöntemi kullanarak her bir alt sistemi iki yüzeye ayırırlar. Kayma modlu kontrolörler ayrıca iki bulanık sinir ağını öğrenmek için de kullanılmaktadır(Ghanbari & Farrokhi, 2006).

2. Materyal ve Metot

Ters sarkaç sistemine uygulanan F kuvveti arabanın x ekseninde pozisyon değişimine sebep olurken sarkaç kısmında ise θ açısının değişimine etki etmektedir. Öncelikle ters sarkaç sisteminin dinamik hareket denklemleri çıkarılacaktır. Dinamik hareket denklemleri belirli yaklaşımlarla doğrusallaştırıldıktan sonra kontrolcü tasarımına geçilecektir. Lineer sistemler için maliyet fonksiyonu tabanlı çalışan LQR kontrolcüsü ile ters sarkaç sistemi kontrol edilecektir. Tasarım kriterlerinden birisi arabanın referans konuma gönderilmesidir. Diğer tasarım kriteri ise arabanın referans takibi esnasında sarkacın açısının dengelenmesidir. LQR kontrolcü kazanç matrisleri GA ile optimize edilecektir. Kontrolcü tasarımı sonucunda standart ve GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsünün performansları karşılaştırılacaktır.

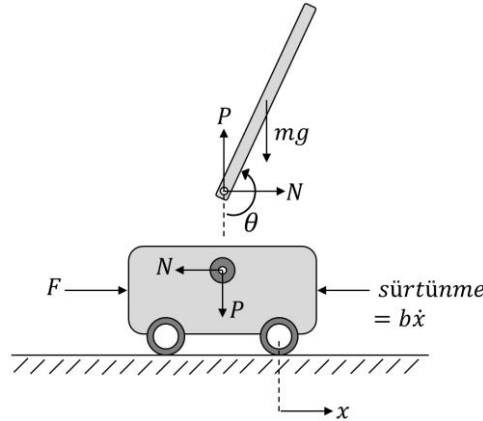
2.1. Matematiksel Modelleme

Araba üzerinde konumlanmış ters sarkaç sistemi (M) kütleli araba ile serbest dönme hareketi yapabilen (m) kütleli ve (l) boyundaki bir sarkaçtan oluşmaktadır.



Şekil 1. Arabalı ters sarkaç modeli

Araba üzerinde konumlanmış sarkacın iki denge noktası mevcuttur. Bunlardan biri θ açısının sıfır olduğu kararsız denge noktasıdır. Diğerisi ise π olduğu kararlı denge noktasıdır. Bu çalışmadaki amaç ise sarkacın y eksenine ile yaptığı θ açısını sıfır olarak dengede tutmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için arabaya x ekseninde F girişi kullanılacaktır. Çıktılar ise sarkaç açısı olan θ ve arabanın konumu olan x durum değişkenleridir.



Şekil 2. Ters sarkaç sisteminin serbest cisim diyagramı

Yatay yöndeki arabanın serbest cisim diyagramındaki kuvvetleri toplanarak, aşağıdaki hareket denklemi elde edilmiştir (Control Tutorials for MATLAB and Simulink - Inverted Pendulum: System Modeling, t.y.).

$$M\ddot{x} + b\dot{x} + N = F \quad (1)$$

Sarkacın serbest cisim diyagramındaki kuvvetleri yatay yönde toplanarak, reaksiyon kuvveti için aşağıdaki denklem oluşturulmuştur.

$$N = m\ddot{x} + ml\ddot{\theta} \cos \theta - ml\dot{\theta}^2 \sin \theta \quad (2)$$

Bu denklem ilk denkleme konulursa, bu sistem için iki yönetim denkleminde biri aşağıda gibi gösterilmiştir.

$$(M + m)\ddot{x} + b\dot{x} + ml\ddot{\theta} \cos \theta - ml\dot{\theta}^2 \sin \theta = F \quad (3)$$

Bu sistem için ikinci hareket denklemini elde etmek için sarkaca dik olan kuvvetler toplanır. Sistemi bu eksen boyunca çözmek matematiği büyük ölçüde basitleştirir. Bunun için aşağıdaki denklem kullanılmıştır.

$$P \sin \theta + N \cos \theta - mg \sin \theta = ml\ddot{\theta} + m\dot{x} \cos \theta \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemde P ve N terimlerinden kurtulmak ve aşağıdaki denklemi elde etmek için sarkacın ağırlık merkeziyle ilgili momentler ifade edilmiştir.

$$-Pl \sin \theta - Nl \cos \theta = I\ddot{\theta} \quad (5)$$

Bu son iki ifadeyi birleştirerek, ikinci yönetim denklemini elde edilmiştir.

$$(I + ml^2)\ddot{\theta} + mgl \sin \theta = -ml\dot{x} \cos \theta \quad (6)$$

Bu çalışmada kullanılacak analiz ve kontrol tasarım teknikleri yalnızca doğrusal sistemler için geçerli olduğundan, bu denklem setinin doğrusallaştırılması gerekmektedir. Spesifik olarak, dikey olarak yukarı doğru denge konumu, $\theta = \pi$ ile ilgili denklemler doğrusallaştırılacak ve sistemin bu dengenin küçük bir yapısı içinde kaldığı varsayılacaktır. Kontrol altında sarkacın dikey olarak yukarı pozisyondan 20 dereceden fazla sapmaması istendiği için bu varsayım makul olarak geçerli olmalıdır. \emptyset , sarkaç pozisyonunun dengeden sapmasını, yani $\theta = \pi + \emptyset$ ifadesini temsil etsin. Yine dengeden küçük bir sapma (\emptyset) varsayılırsa, sistem denklemlerinde doğrusal olmayan fonksiyonların aşağıdaki küçük açı yaklaşımları kullanılabilir:

$$\cos \theta = \cos(\pi + \emptyset) \approx -1 \quad (7)$$

$$\sin \theta = \sin(\pi + \emptyset) \approx -\emptyset \quad (8)$$

$$\dot{\theta}^2 = \dot{\emptyset}^2 \approx 0 \quad (9)$$

Yukarıdaki yaklaşımlar doğrusal olmayan yönetim denklemlerine yerleştirildikten sonra, lineerleştirilmiş iki hareket denklemine ulaşılır. U girişinin F ile değiştirildiğine dikkat edilmesi gerekmektedir.

$$(I + ml^2)\ddot{\emptyset} - mgl\emptyset = ml\dot{x} \quad (10)$$

$$(M + m)\ddot{x} + b\dot{x} - ml\ddot{\emptyset} = u \quad (11)$$

Tablo 1. Ters Sarkaç Sistemi Parametreleri

Sembol	Açıklama	Değer
M	Arabanın Kütlesi	0,5 kg
m	Sarkacın Kütlesi	0,2 kg
b	Sürtünme Katsayısı	0,1 N/m.s ⁻¹
l	Sarkacın Kütle Merkezinden İtibaren Uzaklığı	0,3 m
I	Sarkacın Atalet Momenti	0,006 kg.m ²
F	Arabaya Uygulanan Kuvvet	N
θ	Sarkacın Düşey Eksenle Yaptığı Açı	Radyan
g	Yerçekimi İvmesi	9,81 m/s ²

Ters sarkaç sisteminin dinamik hareket denklemleri Eşitlik 10 ve 11'de elde edilmiştir. Bu hareket denklemlerine göre LQR kontrolcüsü tasarlanacaktır. LQR kontrolcüsü durum-uzay formunda Eşitlik 12'de gösterildiği modele göre tasarlanacaktır.

$$\begin{aligned} \dot{x} &= Ax + Bu, \\ y &= Cx + Du \end{aligned} \quad (12)$$

Eşitlik 10 ve 11'de ifade edilen dinamik hareket denklemleri durum-uzay formuna göre modellenme halinde matris gösterimleri Eşitlik 13 ve 14'te ifade edilmiştir.

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \ddot{x} \\ \dot{\phi} \\ \ddot{\phi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{-(I + ml^2)b}{I(M + m) + Mml^2} & \frac{-(I + ml^2)b}{I(M + m) + Mml^2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \frac{-mlb}{I(M + m) + Mml^2} & \frac{mgl(M + m)}{I(M + m) + Mml^2} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ \phi \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{I + ml^2}{I(M + m) + Mml^2} \\ 0 \\ \frac{ml}{I(M + m) + Mml^2} \end{bmatrix} \cdot u \quad (13)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ \dot{x} \\ \phi \\ \dot{\phi} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot u \quad (14)$$

2.2. LQR Kontrolcü Tasarımı

LQR kontrol tekniği çeşitli alanlarda sıklıkla tercih edilen bir kontrol algoritmasıdır. Lineer sistemler için durum-uzay tabanlı tasarlanan bir kontrolcüdür. Herhangi bir sistemin lineer modelinin karesel formda yazıldığında sistemin durumları ile kontrol girişi arasındaki ilişkinin optimize edilmesidir. LQR kontrolcüsü optimize edilmiş kontrol girişini uygulayabilmek için durum değişkenlerini ve maliyet fonksiyonu olan J değerini kullanmaktadır. J değerinin hesaplanıp minimize edilmesiyle optimizasyon işlemi gerçekleştirilmektedir. Ters sarkaç sistemi Eşitlik 12’de belirtildiği şekilde durum-uzay formunda modellenmiştir.

LQR kontrolcüsü tarafında sisteme uygulanacak kontrol girişinin hesaplanmasında kullanılan formüllerden birisi de Eşitlik 15’te ifade edilen J maliyet fonksiyonudur.

$$J = \int_0^{\infty} x^T(t) \cdot Q \cdot x(t) + u^T(t) \cdot R \cdot u(t) \cdot dt \quad (15)$$

Eşitlik 15’te belirtilen formül içerisinde yer alan Q ve R kazanç matrisleriyle kontrol girişinin tepkileri ayarlanmaktadır. Q kazanç matrisiyle kontrol işleminin hassasiyeti, R kazanç matrisiyle sistem girişleri veya bozucu etkilere karşı verilen agresiflik ayarlanmaktadır. LQR kazanç vektörü aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$K = R^{-1}B^T P \quad (16)$$

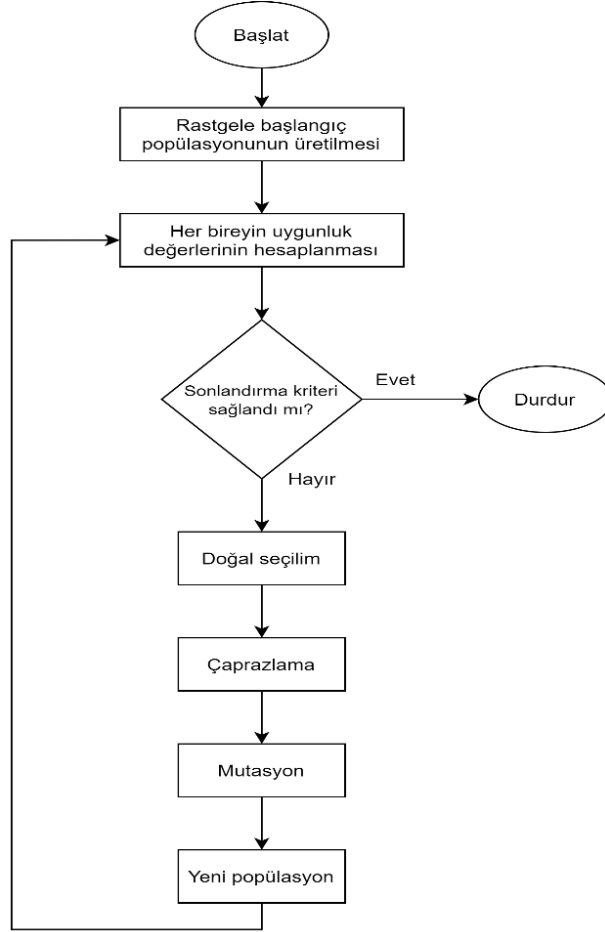
Eşitlik 16’da belirtilen P değeri, Eşitlik 17’de cebirsel Ricatti denkleminin çözümünden elde edilen matrisdir.

$$A^T P + AP - PBR^{-1}B^T P + Q = 0 \quad (17)$$

LQR kontrolcü parametrelerini belirlemede genellikle deneme yanılma yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem kullanıcının zamanını aldığı gibi belirlenen parametrelerin en iyi olduğu konusunda da bir tespiti bulunmamaktadır. Parametrelerin ayarlanmasında hem zaman almayacak hemde en iyiyi arama yaklaşımı içinde olan optimizasyon algoritmaları burada devreye girmektedir. Optimizasyon algoritmaları hesaplama yükünü artırmasına rağmen en iyi parametre değerinin bulunması garanti etmektedir.

2.3. Genetik Algoritma

GA optimizasyon probleminin en uygun sonucunu bulmak için çalışan bir arama algoritmasıdır. John Holland tarafından 1975’te önerilmiştir. GA temel olarak doğal seçim, mutasyon ve çaprazlama operatörlerinden oluşmaktadır. GA popülasyon tabanlı bir arama algoritması olup belirlenen tasarım kriterini optimize edecek sonuçlar bulmayı hedeflemektedir. Popülasyon içerisindeki güçlü bireyleri çaprazlama işlemiyle bir sonraki nesile aktarma yaklaşımıyla en iyi sonuca ulaşabilmektedir. GA şematik akış diyagramı Şekil 3’te gösterilmiştir.



Şekil 3. Genetik algoritma akış diyagramı

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

LQR kontrolcüsünün kazanç matrislerini deneme yanılma yöntemiyle bulunmasındaki zorluklardan ve kaybedilen zamandan bahsedilmiştir. Bu durumun önüne geçmek için optimizasyon algoritmalarıyla LQR kontrolcüsünün parametreleri için en iyiyi bulmaya yönelik çeşitli çalışmalar mevcuttur (Ata & Çoban, 2017; Önen vd., t.y.). Bu çalışmada deneme yanılma yöntemiyle bulunan LQR kontrolcü parametreleri (*Control Tutorials for MATLAB and Simulink - Inverted Pendulum: System Modeling*, t.y.) ile GA sayesinde tespit edilen parametreler karşılaştırılacaktır. Ayrıca GA uygunluk fonksiyonunda farklı olarak kullanılan formülasyondan bahsedilecektir.

GA, Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) ve Yapay Arı Kolonisi (ABC) gibi optimizasyon algoritmalarıyla LQR kontrolcüsünün Q ve R parametreleri optimize edilirken uygunluk fonksiyonlar genellikle referans sinyal değerinin; yükselme zamanı, oturma zamanı ve kalıcı durum hatası üzerinden işlem yapılmaktadır (Ata & Çoban, 2017; Önen vd., t.y.). Bu çalışmada farklı olarak kullanılan uygunluk fonksiyonu Eşitlik 18’de belirtilmiştir.

$$f_{uygunluk} = referans_{sinyali} - x_{rms} \quad (18)$$

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2} \quad (19)$$

Eşitlik 18’de uygunluk fonksiyonu, ters sarkaç sistemine referans olarak verilen arabanın konumu ve kazanç matrisleri belirlenmiş kontrolcü girişinin uygulanması sonucunda arabanın mevcut konumunun kare ortalamalarının karekök değeri alınarak elde edilen sonucun birbirinden çıkartılmasına dayanmaktadır. Deneme yanılma yöntemiyle tespit edilen LQR kontrolcü parametreleri Eşitlik 20’de gösterilmiştir. Q ve R parametleri sonucunda elde edilen K geri besleme kazanç matrisi de aşağıda gösterilmiştir.

$$Q_{man} = \begin{bmatrix} 5000 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 100 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (20)$$

$$R_{man} = [1]$$

$$K_{man} = [-70.7107 \quad -37.8345 \quad 105.5298 \quad 20.9238]$$

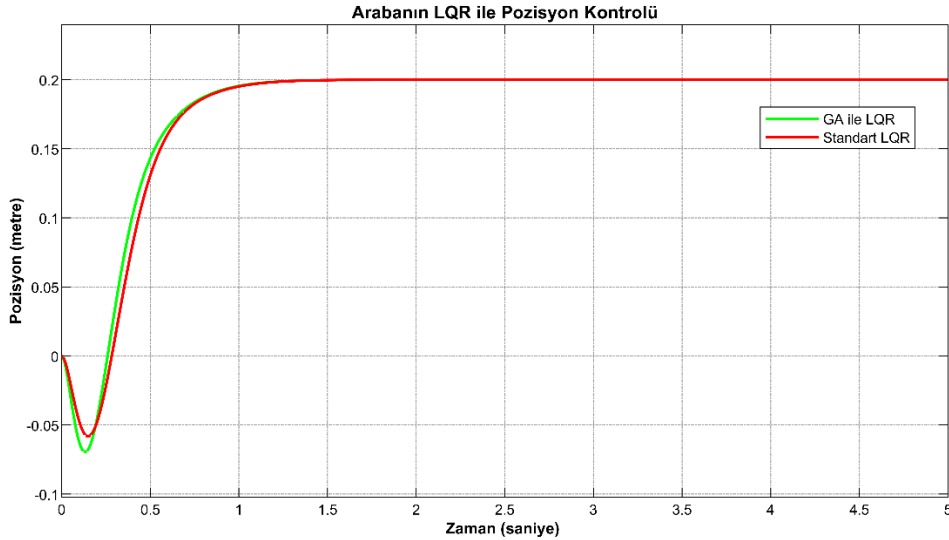
Eşitlik 18’de belirtilen uygunluk fonksiyonu kullanılarak GA ile tespit edilen Q ve R parametreleri Eşitlik 21’de gösterilmiştir. Tespit edilen kontrolcü parametreleriyle hesaplanan K geri besleme kazanç matrisi de aynı eşitlikte ifade edilmiştir.

$$Q_{GA} = 1e3 \cdot \begin{bmatrix} 7.2924 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.1306 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$R_{GA} = [0.059]$$

$$K_{GA} = [-109.7086 \quad -55.8749 \quad 145.8017 \quad 29.0067]$$

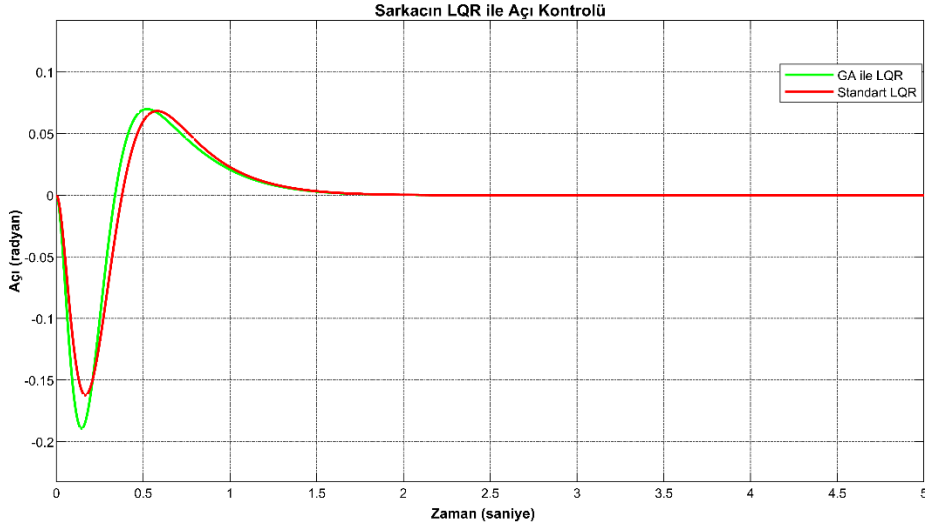
Deneme yanılma yöntemiyle ve GA ile tespit edilen K geri besleme kazanç matrisini karşılaştırmak Matlab/Simulink modeli tasarlanmıştır. LQR kontrolcüsüyle sarkacın açısını dengede tutmak hedeflerden birisidir. Diğer bir hedef ise arabayı da istenilen referans konuma gönderilmesini sağlamaktır. Kurulan Simulink modelinde ters sarkaç sisteminde araba 0,2 metre ileriye gidecek şekilde referans sinyali uygulanmaktadır. Verilen referans değerine karşı standart LQR ve GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsünün karşılaştırmaları Şekil 4’te gösterilmiştir.



Şekil 4. LQR kontrolcü ile pozisyon hedefine ulaşma durumlarının karşılaştırılması

Referans sinyale yükselme süreleri karşılaştırıldığında standart LQR kontrolcüsü 0,412 saniyede ulaşırken, GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsü 0,424 saniyede ulaşmıştır. Referans sinyale oturma süreleri karşılaştırıldığında standart LQR kontrolcüsü 0,988 saniyede ulaşırken, GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsü 0,965 saniyede ulaştığı görülmüştür. Yükselme ve oturma zamanları toplandığında GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsünün daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

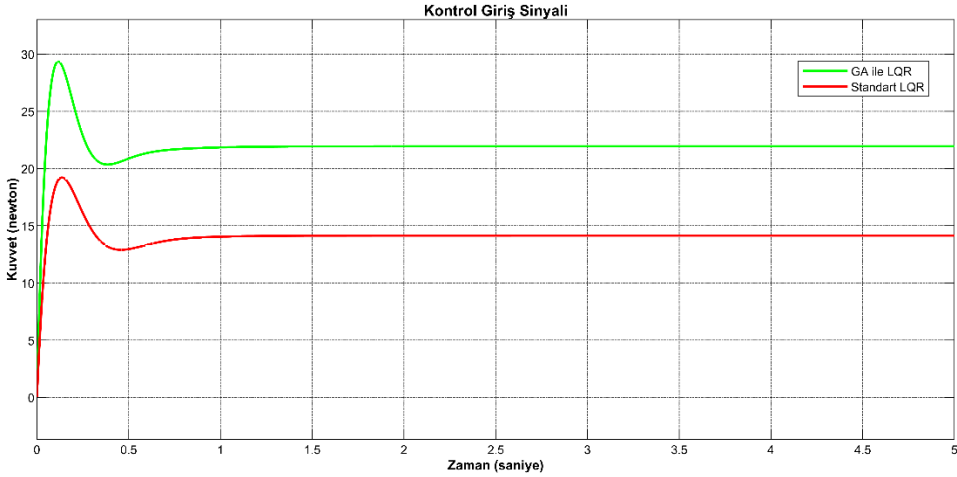
LQR kontrolcüsünün iki tasarım kriteri olduğu daha öncesinde belirtilmiştir. Simulink modelinde 0,2 metre referans sinyali uygulanırken ters sarkaçta dengelenmiş durumda olması gerekmektedir. Belirlenen referans pozisyon bilgisine ulaşırken aynı zamanda sarkacında dengelenmesi gerekmektedir. Sarkacın aldığı açı değerleri Şekil 5’te gösterilmiştir.



Şekil 5. LQR kontrolcü ile sarkacın dengelenmesinin karşılaştırılması

Sarkacın dengelenmesindeki performansları oturma sürelerine göre karşılaştırıldığında standart LQR kontrolcüsü 1,501 saniyede ulaşırken, GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsü 1,441 saniyede ulaştığı görülmüştür. Sarkacın dengelenmesinde oturma zamanları incelendiğinde GA ile optimize edilmiş LQR kontrolcüsünün daha başarılı olduğu gözlemlenmiştir.

Ters sarkacın belirlenen pozisyon değerine ulaşabilmesi için bir kontrol girişi uygulanması gerekmektedir. LQR kontrolcüsünün ürettiği olduğu kontrol sinyal girişlerinin karşılaştırması Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6. LQR kontrolcü tarafından ters sarkaca uygulanan kontrol girişleri

Ters sarkacın verilen referans pozisyonunda tutulması için uygulanması gereken kontrol sinyal girişleri incelendiğinde GA ile optimize edilmiş kontrolcüsünün 21,941 N kuvvete ihtiyacı olurken, standart LQR kontrolcüsünün 14,142 N kuvvete ihtiyacı olduğu gözlemlenmiştir. Ters sarkaç sisteminin deneysel olarak gerçekleşmesi durumunda tasarım parametrelerine göre ortaya çıkan kuvvet değerinin göz önüne alınması için kontrol sinyal girişinin değerleri gösterilmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada LQR kontrol algoritması parametreleri GA ile belirlenmiştir. GA uygunluk fonksiyonu olarak mevcut çalışmalarda kullanılan referans sinyale yükselme süresi, oturma süresi ve kalıcı durum hatası gibi değerlendirme kriterlerinin aksine farklı bir yaklaşım önerilmiştir. Önerilen yaklaşım ile tespit edilen LQR kontrolcü parametreleri, deneme yanılma yöntemiyle tespit edilen parametrelere göre daha başarılı olmuştur. Kontrolcü parametrelerinin deneme yanılma yöntemiyle bulunmasında kaybedilen zamanında önüne geçilmiştir.

Simulink ortamında modellenen ters sarkaç sistemi ileride yapılacak çalışmalarda GA, PSO ve ABC gibi optimizasyon algoritmalarıyla kontrolcü parametrelerinin tespit edilmesi ve performanslarının karşılaştırılması planlanmaktadır. Aynı zamanda Simulink ortamında modellenen sistemin deney düzeneği kurularak kontrolcü performansının uygulama üzerinde gözlemlenmesi hedeflenmektedir. LQR kontrolcü parametrelerinin optimizasyon algoritmalarıyla belirlenmesinin haricinde farklı kontrol teknikleri ile de karşılaştırılması ileride yapılacak çalışmalar arasındadır. Özellikle ters sarkaç parametre değişimlerine ve belirsizliklerine karşı gürbüz kontrol tekniğinin uygulanması düşünülmektedir.

Kaynakça

- Anderson, C. W. (1989). Learning to Control and Inverted Pendulum Using Neural Networks. *IEEE Control Systems Magazine*, 9(3), 31-37. <https://doi.org/10.1109/37.24809>
- Ata, B., & Çoban, R. (2017). *Linear Quadratic Optimal Control of an Inverted Pendulum on a Cart Using Artificial Bee Colony Algorithm: An Experimental Study*. 16.
- Bakarac, P., Klauco, M., & Fikar, M. (2018). Comparison of Inverted Pendulum Stabilization with PID, LQ, and MPC Control. *2018 Cybernetics & Informatics (K&I)*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/CYBERI.2018.8337540>
- Bilgiç, H. H., Şen, M. A., Kalyoncu, M., & Yapıcı, A. (2014). *Doğrusal Ters Sarkacın Denge Kontrolü için Yapay Sinir Ağı Tabanlı Bulanık Mantık & LQR Kontrolcü Tasarımı*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4983.7204>
- Control Tutorials for MATLAB and Simulink—Inverted Pendulum: System Modeling*. (t.y.). Geliş tarihi 09 Ekim 2020, gönderen <http://ctms.engin.umich.edu/CTMS/index.php?example=InvertedPendulum§ion=SystemModeling>
- Ghanbari, A., & Farrokhi, M. (2006). Decentralized Neuro-Fuzzy Controller Design Using Decoupled Sliding-Mode Structure for Two-Dimensional Inverted Pendulum. *2006 IEEE International Conference on Engineering of Intelligent Systems*, 1-6. <https://doi.org/10.1109/ICEIS.2006.1703155>
- Housner, G. W. (1963). The Behavior of Inverted Pendulum Structures During Earthquakes. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 53(2), 403-417.
- Mahfouz, A. A., M. K., M., & Salem, F. A. (2013). Modeling, Simulation and Dynamics Analysis Issues of Electric Motor, for Mechatronics Applications, Using Different Approaches and Verification by MATLAB/Simulink. *International Journal of Intelligent Systems and Applications*, 5(5), 39-57. <https://doi.org/10.5815/ijisa.2013.05.06>
- Muskinja, N., & Tovornik, B. (2006). Swinging Up and Stabilization of a Real Inverted Pendulum. *Industrial Electronics, IEEE Transactions on*, 53, 631-639. <https://doi.org/10.1109/TIE.2006.870667>
- Okubanjo, A. A., & Oyetola, O. K. (2019). Dynamic Mathematical Modeling and Control Algorithms Design of an Inverted Pendulum System (IPS). *Turkish Journal of Engineering*, 1-10. <https://doi.org/10.31127/tuje.435028>
- Önen, Ü., Çakan, A., & İlhan, İ. (t.y.). *Performance comparison of optimization algorithms in LQR controller design for a nonlinear system*. 16.
- Prasad, L., Tyagi, B., & Gupta, H. (2014). Optimal Control of Nonlinear Inverted Pendulum System Using PID Controller and LQR: Performance Analysis Without and With Disturbance Input. *International Journal of Automation and Computing*, 11, 661-670. <https://doi.org/10.1007/s11633-014-0818-1>
- Razzaghi, K., & Jalali, A. A. (2012). A New Approach on Stabilization Control of an Inverted Pendulum, Using PID Controller. *Advanced Materials Research*, 4674-4680. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.403-408.4674>
- Shehu, M., Ahmad, M. R., Shehu, A., & Alhassan, A. (2015). LQR, Double-PID and Pole Placement Stabilization and Tracking Control of Single Link Inverted Pendulum. *2015 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering (ICCSCE)*, 218-223. <https://doi.org/10.1109/ICCSCE.2015.7482187>
- Wang, J.-J. (2011). Simulation Studies of Inverted Pendulum Based on PID Controllers. *Simulation Modelling Practice and Theory*, 19(1), 440-449. <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2010.08.003>
- Yeung, K. S., & Chen, Y. P. (1990). Sliding Mode Controller Design of a Single-Link Flexible Manipulator Under Gravity. *International Journal of Control*, 52(1), 101-117. <https://doi.org/10.1080/00207179008953526>



Analysis of Communication Time Delayed Automatic Generation Control via SMA with 2 DOF PI^λD^μ Controller for Interconnected Power System

Mustafa Saka^{1*}, İbrahim Eke², M. Cengiz Taplamacıoğlu³

¹ Gazi University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0003-4157-2980)

² Kırıkkale University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Kırıkkale, Turkey (ORCID: 0000-0003-4792-238X)

³ Gazi University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0001-5283-8866)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820449)

ATIF/REFERENCE: Saka M., Eke I., Taplamacıoğlu M.C. (2020). Analysis of Communication Time Delayed Automatic Generation Control via SMA with 2 DOF PI^λD^μ Controller for Interconnected Power System. *European Journal of Science and Technology*, (Apecial Issue), 172-180.

Abstract

Automatic generation control (AGC) is a vital process for the design and operation of electrical power systems. Quality of electrical energy is generated with effective AGC and sent to the consumers. Interconnected power systems are large and complex systems since they consist of more than one control area and they are connected to each other. Therefore, it is very difficult to control these systems. In this study, two different interconnected power systems are considered for AGC. First, an AGC system having reheat without time delay is analyzed. Secondly, an AGC system with communication time delay (CTD) is examined in order to make control analysis closer to real system. These CTDs are observed the AGC systems because of communication networks, phasor measurement units (PMUs), wide - area measurement - monitoring systems (WAMSs), supervisory control and data acquisition (SCADA) units etc. AGC becomes much more complicate and complex with the addition of CTDs to the system. Because of high flexibility and capability ratio, two degree of freedom fractional order proportional – integral - derivative (2 DOF PI^λD^μ) controller has been used for both reheated and time delayed power systems. A new meta heuristic Slime Mold Algorithm (SMA) is used to set of the 2 DOF PI^λD^μ controller parameters. SMA is based on nature of oscillation mode of slime mould and this algorithm is developed in 2020. System performances are examined in terms of settling time (for %0.005 band width), overshoot and undershoot for frequency deviation of each region and tie line power deviation. All results are expressed both numerically and graphically. It is clear that the results obtained with the proposed 2 DOF PI^λD^μ and SMA are more successful than the defined as the more realistic AGC systems in literature and also improved the system performance.

Keywords: Automatic generation control, Slime mould algorithm, Communication time delay, Interconnected power systems.

Enterkonnekte Güç Sistemleri için Haberleşme Zaman Gecikmeli Otomatik Üretim Kontrolünün SMA Aracılığıyla 2 DOF PI^λD^μ Kontrolör ile Analizi

Öz

Elektrik güç sistemlerinin tasarım ve işletimi için otomatik üretim kontrolü (AGC) hayati derecede önemli bir işlemdir. AGC ile kaliteli elektrik enerjisi üretilir ve tüketiciye gönderilir. Enterkonnekte sistemler birbirleriyle bağlantılı birden fazla kontrol bölgesinden oluştuğu için büyük ve karmaşık güç sistemleridir. Bu nedenle bu sistemlerin kontrolü oldukça zordur. Bu çalışmada

* Corresponding Author: Gazi University, Engineering Faculty, Electrical and Electronics Engineering Department, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0003-4157-2980), msaka@gazi.edu.tr

AGC için iki farklı enterkonnekte güç sistemi dikkate alınmıştır. Öncelikle, ara ısıtmalı zaman gecikmesi dahil edilmeyen bir AGC sistemi analiz edilmiştir. Sonrasında, gerçeğe daha yakın kontrol analizleri yapmak amacıyla haberleşme zaman gecikmesine (CTD) sahip bir AGC sistemi incelenmiştir. Haberleşme ağları, fazör ölçüm üniteleri (PMUs), geniş alan ölçüm – izleme sistemleri (WAMSSs), merkezi denetleme kontrol ve veri toplama (SCADA) gibi birimlerden dolayı AGC sistemlerinde CTDs gözlemlenir. CTD'nin sisteme eklenmesi ile birlikte, AGC sistemi çok daha karmaşık ve kompleks olmaktadır. Hem ara ısıtmalı hem de zaman gecikmeli güç sistemi için yüksek esneklik ve kabiliyet oranına sahip olduğundan dolayı iki serbestlik dereceli kesirli mertebeden oransal – integral - türev (2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$) kontrolör kullanılmıştır. 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ kontrolör parametrelerinin ayarlanmasında yeni sezgisel Balçık Küfü Algoritması (SMA) kullanılmıştır. SMA, balçık küflerinin salınım modunun doğasına dayanmaktadır ve bu algoritma 2020' de geliştirilmiştir. Sistem performansları, her bir bölge frekans değişimi ve ara bağlantı güç değişimi için oturma zamanı (%0.005 bant aralığı için), maksimum aşım ve minimum aşım açısından incelenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar hem sayısal olarak ifade edilmiş hem de grafiksel olarak gösterilmiştir. Önerilen 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ ve SMA ile elde edilen sonuçların, literatürde daha gerçekçi olduğu belirtilen AGC sistemlerinden daha başarılı olduğu ve sistem performanslarını güçlendirdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Otomatik üretim kontrolü, Balçık küfü algoritması, Haberleşme zaman gecikmesi, Enterkonnekte güç sistemleri.

1. Introduction

Automatic generation control is one of the essential issues to operate power systems in stable. Especially for interconnected systems, AGC is a complex and complicate problem. When the communication time delay occurs in communication units such as RTUs, SCADA etc. is added to these systems, the power systems become both more realistic and more complex. CDTs reduce system dynamic performances, make the system more difficult to control and even make the unstable system (Sonmez, Ayasun, & Nwankpa, 2016). Fundamental goal of AGC is to reduce the frequency deviation of each area and tie line power and make the steady state error zero (Kundur, 1994).

Different multi area power systems have been analyzed from past to present for automatic generation control. Various methods and different controllers are used in the analysis of these systems. Bacterial Foraging Optimization Algorithm (BFOA) (Ali & Abd-Elazim, 2013), Ecological Technique and Coefficient Diagram Method (CDM+ECO) (Mohamed, Shabib, & Ali, 2016), Cuckoo Search Algorithm (CSO) (Abdelaziz & Ali, 2015), Grey Wolf Optimization (GWO) (Guha, Roy, & Banerjee, 2016), Hybrid Differential Evolution Particle Swarm Optimization (DEPSO) (Sahu, Pati, & Panda, 2014) and Decentralized Sliding Mode Control (DSMC) (Mi, Fu, Wang, & Wang, 2013), Artificial Bee Colony (ABC) (Gark & Kaur) et. are the some of using techniques for AGC. When modeling power systems, communication time delay is included in the systems to create a more realistic model. For this reason, (Sonmez & Ayasun, 2016) and (Saxena & Hote, 2018) are studied single area having delay system for $\tau=2.28$ sec. PI controller parameters are founded for both study for control of AGC.

Mentioned techniques and controllers may give good results. However, these may exhibit weakness performance capability for large and complicate systems. Therefore, 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller, which is more capable and flexible than PI/PID controller, is used for interconnected power systems in this study. Slime Mould Algorithm (Li, Chen, Wang, Heidari, & Mirjalili, 2020), which is new optimization technique developed in 2020, selected for better convergence behaviour and applied for tuning of 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller. In this study, two different interconnected power system (having reheater system and time delayed system) are considered to shown effectiveness proposed controller and technique. Main contributions of this work; (i) interconnected systems performances are enhanced, (ii) errors are minimized and (iii) peak to peak of frequency deviation is decreased.

The other sections of this paper: Interconnected power systems for AGC, 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller and SMA are defined in Section 2. Obtained numerical and graphical results are given in Section 3. Conclusions of the study are given in Section 4.

2. Material and Method

2.1. Automatic Generation Control

Frequency control is necessary for quality energy in electrical power systems. Active power change in the system affects the frequency. Changes in frequency disrupt the stability of the system. Especially for interconnected systems, the frequency deviation of each region and the power deviation in the tie line should be examined. Changes in any region affects other regions as well. AGC minimizes the deviations that may occur in frequency and power of tie line and keeps it within a certain range (Kundur, 1994). A linear model of power systems can be used for AGC. The interconnected system considered in this study is shown as follows:

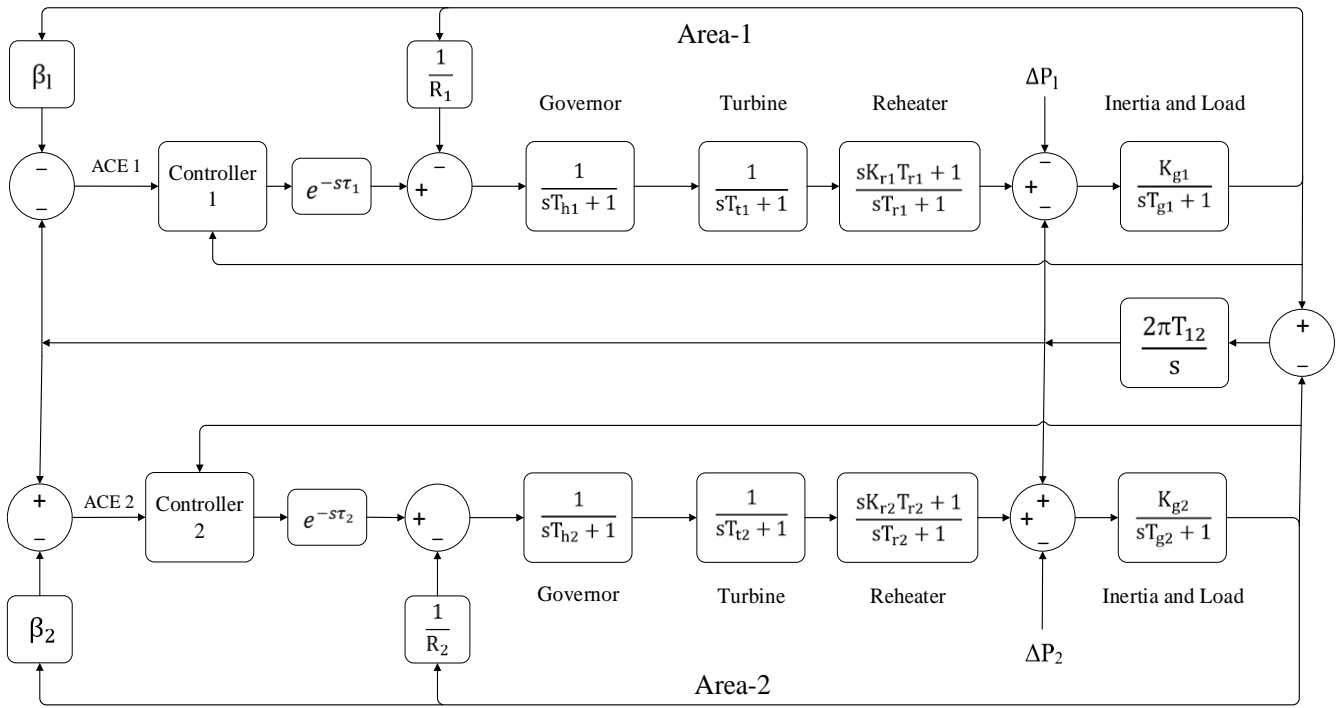


Figure 1. Linear model of the considered power system

This model is formed two regions and a tie line. Each area has governor, turbine, reheater, inertia and load blocks. In here, β is bias factor of frequency, R is droop characteristic and τ is communication time delay. Each controller is selected as 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ for this study.

Area control error (ACE) can be described as follows (Topno & Chanana, 2016):

$$ACE\ 1 = \beta_1 \Delta f_1 + \Delta P_{tie\ 1} \tag{1}$$

$$ACE\ 2 = \beta_2 \Delta f_2 - \Delta P_{tie\ 2} \tag{2}$$

where; Δf_1 and Δf_2 is frequency deviation of area 1 and area 2 respectively. ΔP_{tie} is tie line power deviation.

2.2. 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ Controller

PID is very useful and ability controller. However, sometimes this controller may not give desired system performance. For this reason, 2 DOF PID controller can be used. This controller has extra two parameters from PID. First is proportional set point coefficient (P_c) and second is derivative set point coefficient (D_c). 2 DOF PID is used ACE signal and output of system signal as inputs (Mohapatra, Dey, & Sahu, 2019). For large systems this controller may exhibit insufficient performance. Thus, fractional terms are added to 2 DOF PID to improve effectiveness and capability. In this way, 2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ controller may give better results according to the 2 DOF PID and PID controller.

PID can be described as follows:

$$u = K_p ACE_i + K_i \int ACE_i + K_d \frac{d}{dt} [ACE_i] \tag{3}$$

2 DOF PID can be described as follows:

$$u = K_p [ACE_i P_c - \Delta f_i] + K_i \int [ACE_i - \Delta f_i] + K_d \frac{d}{dt} [ACE_i D_c - \Delta f_i] \tag{4}$$

2 DOF $PI^{\lambda}D^{\mu}$ can be described as follows:

$$u = K_p [ACE_i P_c - \Delta f_i] + K_i \frac{d^{-\lambda}}{dt^{-\lambda}} [ACE_i - \Delta f_i] + K_d \frac{d^{\mu}}{dt^{\mu}} [ACE_i D_c - \Delta f_i] \tag{5}$$

In here; i is i th control area; u is output signal, K_p is proportional, K_i is integral and K_d is derivative gain of controller.

2.3. Slime Mould Algorithm

Slime mould algorithm is recently developed meta heuristic algorithm. It's based on slime mould behavior for food seek in the nature. If the initial found food has lower quality, slime mould seek higher quality food in their surroundings (Li et al., 2020). Slime mould's behavior towards food is described as follows:

$$X(t+1) = \begin{cases} X_b(t) + vb \cdot (W \cdot X_A(t) - X_B(t)) & ; \quad r < p \\ vc \cdot X(t) & ; \quad r \geq p \end{cases} \quad (6)$$

In here; X_A and X_B are random chosen two slime mould, X is location. vb can be decribed as follows:

$$vb = [-a, a] \quad (7)$$

In here, a can be represented as follows:

$$a = \text{arctanh}\left(-\left(\frac{t}{\text{max}_t}\right) + 1\right) \quad (8)$$

p is given as follows:

$$p = \tanh |S(i) - DF| \quad (9)$$

W is weight of slime mould and it can be expressed as follows:

$$W(\text{SmellIndex}(i)) = \begin{cases} 1 + r \cdot \log\left(\frac{bF-S(i)}{bF-wF}\right) + 1 & ; \quad \text{condition} \\ 1 - r \cdot \log\left(\frac{bF-S(i)}{bF-wF}\right) + 1 & ; \quad \text{others} \end{cases} \quad (10)$$

$$\text{SmellIndex} = \text{sort}(S) \quad (11)$$

In here; bF is best fitness, wF is worst fitness, r is random number, $S(i)$ is fitness of X and condition is $S(i)$ ranks first half of the population.

Slime mould updates the position as following equation:

$$X^* = \begin{cases} \text{rand} \cdot (UB - LB) + LB & ; \quad \text{rand} < z \\ X_b(t) + vb \cdot (W \cdot X_A(t) - X_B(t)) & ; \quad r < p \\ vc \cdot X(t) & ; \quad r \geq p \end{cases} \quad (12)$$

In here; LB is represents lower bound and UB is represents upper bound.

Detail information about SMA and expression of mathematical equations of this method can be found out from (Li et al., 2020).

In this paper, integral time absolute error (ITAE) function is selected as objective function. ITAE can be described as follows:

$$ITAE = \int (\text{time}|\text{error}|)dt \quad (13)$$

The main objective function used in this study is given as follows:

$$J = \int w_1(t|\Delta f_1|) + w_2(t|\Delta f_2|) + w_3(t|\Delta P_{tie}|)dt \quad (14)$$

In here; w_1 , w_2 and w_3 are weight coefficients.

3. Results and Discussions

In this section, two different multi area system are analyzed. All results are examined in terms of settling time for %0.005 band width, overshoot and undershoot values of the signal.

3.1. AGC for Reheater System

Reheater turbine power system is considered for AGC. System parameters are given in (Gozde, Cengiz Taplamacioglu, & Kocaarslan, 2012). τ_1 and τ_2 are equalued to 0 for this system. Obtained control parameters are given in Table 1.

Table 1. Controller parameters

Area 1							
Reference	K_{p1}	K_{i1}	K_{d1}	λ_1	μ_1	P_{c1}	D_{c1}
Proposed	5.000	5.000	1.8536	0.9387	1.2615	5.000	0.4076
(Abdel-Magid & Abido, 2003)	-0.0360	0.4900	---	---	---	---	---
(Gozde et al., 2012)	1.9660	9.5902	3.9320	---	---	---	---
Area 2							
Reference	K_{p2}	K_{i2}	K_{d2}	λ_2	μ_2	P_{c2}	D_{c2}
Proposed	4.5542	4.2583	1.4700	1.1420	0.9734	1.6920	0.1547
(Abdel-Magid & Abido, 2003)	-0.0360	0.4900	---	---	---	---	---
(Gozde et al., 2012)	0.7100	0.6827	0.7420	---	---	---	---

Comparative frequency deviations of each are shown in Figure 2 and Figure 3 respectively.

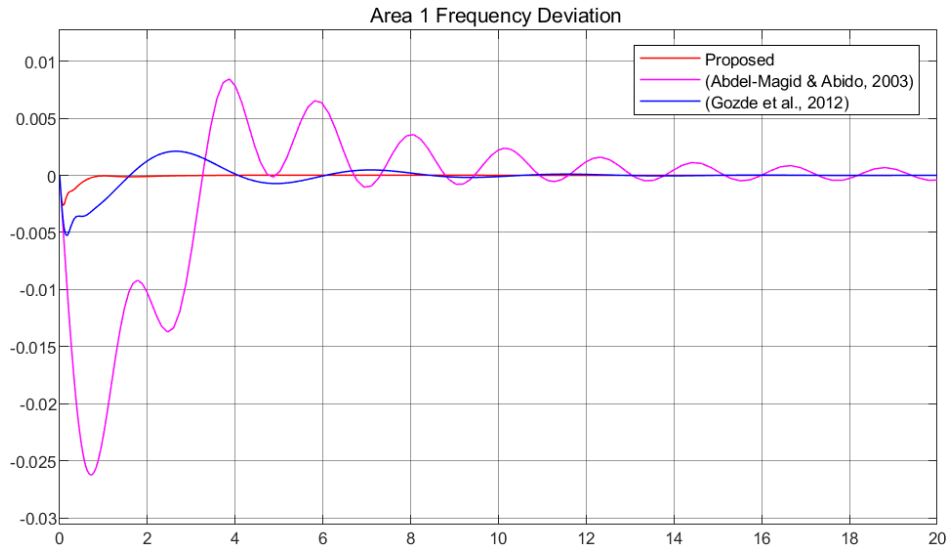


Figure 2. Comparative frequency deviations for Area 1

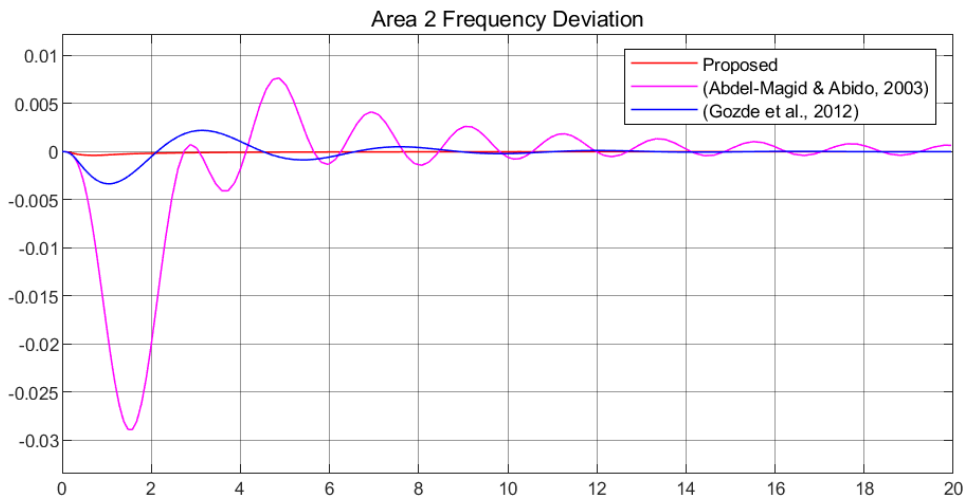


Figure 3. Comparative frequency deviations for Area 2

Comparative tie line power deviations are shown in Figure 4.

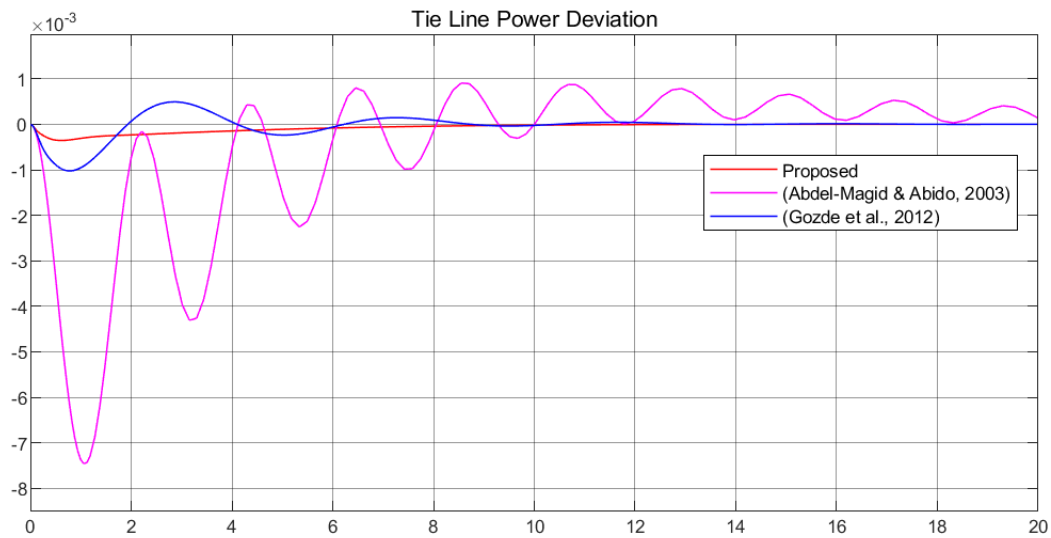


Figure 4. Comparative power deviations for Tie line

Obtained numerical results are given for this system in Table 2.

Table 2. Comparative results of reheater system

Area 1				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed	SMA	2.435	1.411e-5	-2.625e-3
(Abdel-Magid & Abido, 2003)	PSO	---	8.443e-3	-2.623e-2
(Gozde et al., 2012)	ABC	12.368	2.109e-3	-5.256e-3
Area 2				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed	SMA	4.759	8.524e-7	-3.806e-4
(Abdel-Magid & Abido, 2003)	PSO	---	7.661e-3	-2.889e-2
(Gozde et al., 2012)	ABC	12.928	2.216e-3	3.343e-3
Tie Line				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed	SMA	7.346	2.873e-6	-3.536e-4
(Abdel-Magid & Abido, 2003)	PSO	---	9.095e-4	-7.460e-3
(Gozde et al., 2012)	ABC	8.332	4.963e-4	-1.023e-3

When obtained results are analysed, PSO is not settled to %0.005 band width. Settling time is improved 5.08 times for Area 1 and 2.71 times for Area 2. overshoot is; 314.88 times lower than PSO and 149.47 times lower than ABC for Area 1, 8987 times lower than PSO and 2599 times lower than ABC for Area 2, 316.56 times lower than PSO and 172.74 times lower than ABC for tie line. % undershoot is; 9.99 times lower than PSO and 2.0 times lower than ABC for Area 1, 75.9 times lower than PSO and 8.78 times lower than ABC for Area 2, 21.09 times lower than PSO and 2.89 times lower than ABC for tie line.

3.2. AGC for Delayed System

Non-reheat turbine having communication time delayed power system is considered for AGC. System parameters are given in (Sönmez, 2019). Because of non-reheat turbine system is considered, K_{r1} , K_{r2} , T_{r1} , and T_{r2} are equaled to zero. Obtained control parameters are given in Table 3.

Table 3. Controller parameters

Area 1							
Reference	K_{p1}	K_{i1}	K_{d1}	λ_1	μ_1	P_{c1}	D_{c1}
Proposed	0.6369	0.4711	0.5606	1.0278	0.9884	0.7698	0.3971
(Sönmez, 2019)	0.5000	0.6190	---	---	---	---	---
Area 2							
Reference	K_{p2}	K_{i2}	K_{d2}	λ_2	μ_2	P_{c2}	D_{c2}
Proposed	0.4716	0.4887	0.7762	1.0254	0.6092	0.6926	0.2155
(Sönmez, 2019)	0.5000	0.6190	---	---	---	---	---

Comparative frequency deviations of each area shown in Figure 5 and Figure 6 respectively.

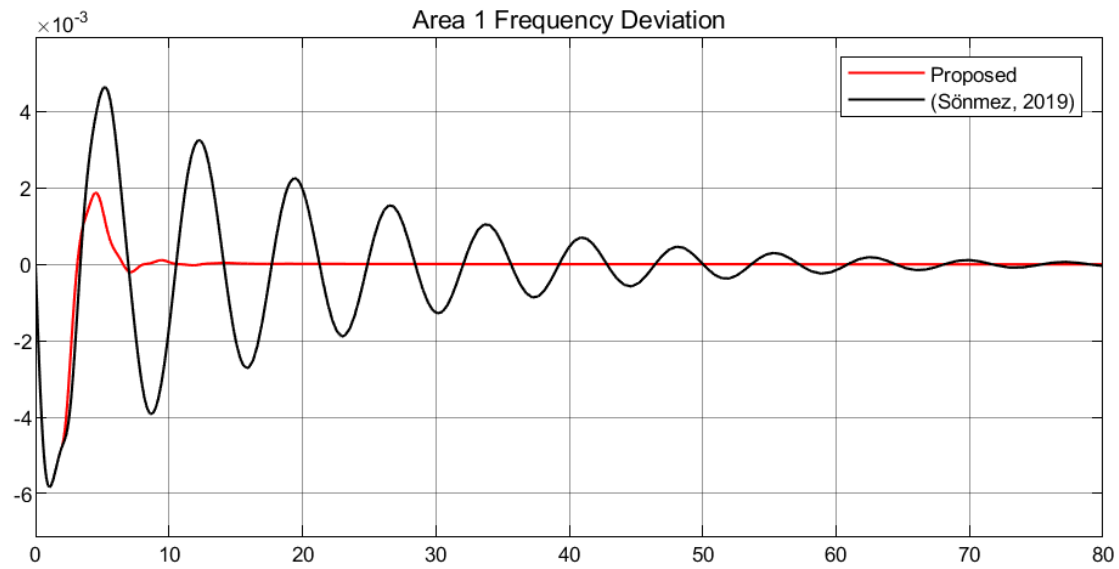


Figure 5. Comparative frequency deviations for Area 1

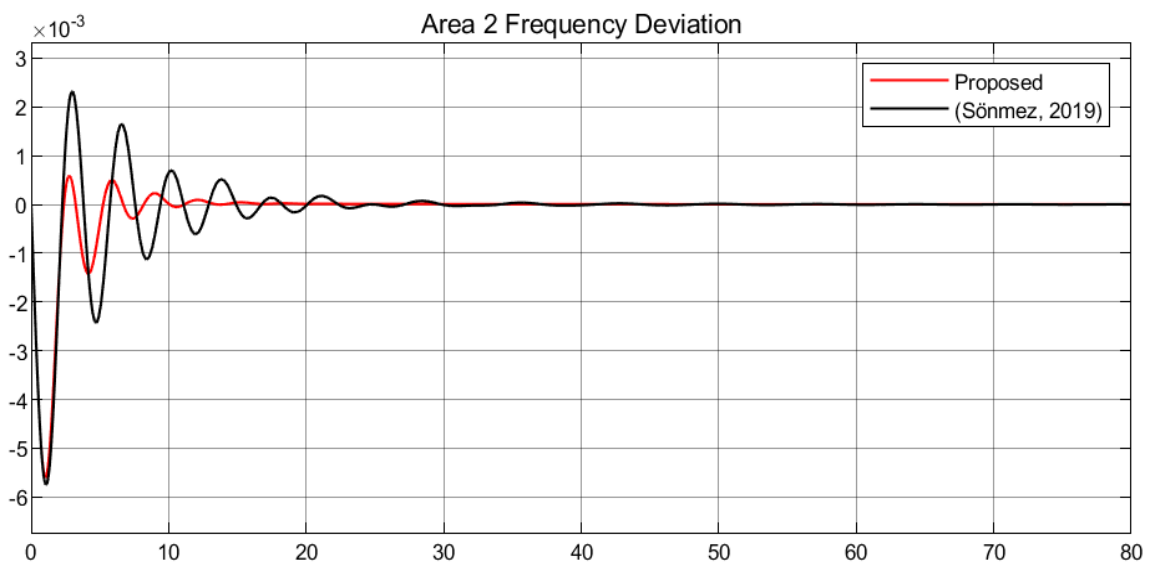


Figure 6. Comparative frequency deviations for Area 2

Comparative tie line power deviations are shown in Figure 7.

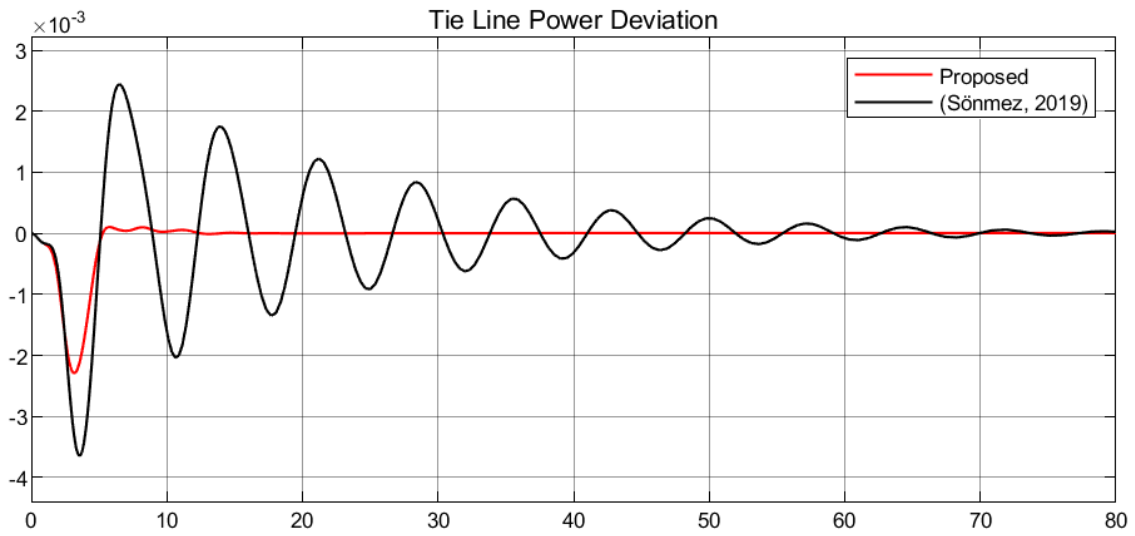


Figure 7. Comparative power deviations for Tie line

Obtained numerical results are given for time delayed system in Table 4.

Table 4. Comparative results of delayed system

Area 1				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed (Sönmez, 2019)	SMA	10.071	1.875e-3	-5.831e-3
	SBL	77.759	4.641e-3	-5.831e-3
Area 2				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed (Sönmez, 2019)	SMA	12.821	5.922e-4	-5.604e-3
	SBL	29.078	2.318e-3	-5.746e-3
Tie Line				
Reference	Method	Settling Time	Overshoot	Undershoot
Proposed (Sönmez, 2019)	SMA	11.476	1.051e-4	-2.296e-3
	SBL	72.324	2.446e-3	-3.651e-3

When Area 1 results are analysed, the frequency signal is settled to %0.005 band width 7.72 times faster. Overshoot is decreased approximately 2.5 times but undershoot is not change. When Area 2 results are analysed, frequency signal is settled to %0.005 band width 2.27 times faster. Overshoot is decreased approximately 3.91 times and % undershoot is obtained at lower value. When tie line results are analysed, signal is settled to %0.005 band width 6,3 times faster. Overshoot and undershoot are decreased approximately 23.27 times and 1.6 times respectively.

4. Conclusions

In this study two different type AGC systems are analyzed via SMA with 2 DOF PI^λD^μ. Reheater system AGC is performed for first case and time delayed AGC system is performed for second case. When all obtained results are analysed, lower settling time, overshoot and undershoot values are found (except for Area 1 of delayed system) against the compared studies. It is explicitly understood that, system performances highly improved for both cases with proposed method and controller. Based on these results, proposed controller and technique can be used for much larger and also hybrid systems for future studies.

References

- Abdel-Magid, Y., & Abido, M. (2003). *AGC tuning of interconnected reheat thermal systems with particle swarm optimization*. Paper presented at the 10th IEEE international conference on electronics, circuits and systems.
- Abdelaziz, A. Y., & Ali, E. S. (2015). Cuckoo Search algorithm based load frequency controller design for nonlinear interconnected power system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 73, 632-643. doi:10.1016/j.ijepes.2015.05.050
- Ali, E. S., & Abd-Elazim, S. M. (2013). BFOA based design of PID controller for two area Load Frequency Control with nonlinearities. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 51, 224-231. doi:10.1016/j.ijepes.2013.02.030
- Gark, K., & Kaur, J. Particle Swarm Optimization Based Automatic Generation Control of Two Area Interconnected Power System. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(1), 1-8.
- Gozde, H., Cengiz Taplamacioglu, M., & Kocaarslan, İ. (2012). Comparative performance analysis of Artificial Bee Colony algorithm in automatic generation control for interconnected reheat thermal power system. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 42(1), 167-178. doi:10.1016/j.ijepes.2012.03.039
- Guha, D., Roy, P. K., & Banerjee, S. (2016). Load frequency control of interconnected power system using grey wolf optimization. *Swarm and Evolutionary Computation*, 27, 97-115. doi:10.1016/j.swevo.2015.10.004
- Kundur, P. (1994). *Power system stability and control*. New-York: McGraw Hill.
- Li, S., Chen, H., Wang, M., Heidari, A. A., & Mirjalili, S. (2020). Slime mould algorithm: A new method for stochastic optimization. *Future Generation Computer Systems*, 111, 300-323. doi:10.1016/j.future.2020.03.055
- Mi, Y., Fu, Y., Wang, C., & Wang, P. (2013). Decentralized Sliding Mode Load Frequency Control for Multi-Area Power Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(4), 4301-4309. doi:10.1109/tpwrs.2013.2277131
- Mohamed, T. H., Shabib, G., & Ali, H. (2016). Distributed load frequency control in an interconnected power system using ecological technique and coefficient diagram method. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 82, 496-507. doi:10.1016/j.ijepes.2016.04.023
- Mohapatra, T. K. M., Dey, A. K., & Sahu, B. K. (2019). Implementation of SSA based two-degree-of freedom fractional order PID controller for AGC with diverse source of generations. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7(6S2), 346-356.
- Sahu, B. K., Pati, S., & Panda, S. (2014). Hybrid differential evolution particle swarm optimisation optimised fuzzy proportional-integral derivative controller for automatic generation control of interconnected power system. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 8(11), 1789-1800. doi:10.1049/iet-gtd.2014.0097
- Saxena, S., & Hote, Y. V. (2018). PI Controller Based Load Frequency Control Approach for Single-Area Power System Having Communication Delay. *IFAC PapersOnLine*, 51(4), 622-626.
- Sonmez, S., & Ayasun, S. (2016). Stability Region in the Parameter Space of PI Controller for a Single-Area Load Frequency Control System With Time Delay. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(1), 829-830. doi:10.1109/tpwrs.2015.2412678
- Sonmez, S., Ayasun, S., & Nwankpa, C. O. (2016). An Exact Method for Computing Delay Margin for Stability of Load Frequency Control Systems With Constant Communication Delays. *IEEE Transactions on Power Systems*, 31(1), 370-377. doi:10.1109/tpwrs.2015.2403865
- Sönmez, Ş. (2019). Computation of stability regions for load frequency control systems including incommensurate time delays. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 27(6), 4596-4607. doi:10.3906/elk-1904-6
- Topno, P. N., & Chanana, S. (2016). Load frequency control of a two-area multi-source power system using a tilt integral derivative controller. *Journal of Vibration and Control*, 24(1), 110-125. doi:10.1177/1077546316634562



Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler

Erkut Yiğit^{1*}, A.Erdem Öner², Orçun Yöntem³

¹ Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. Ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8912-7267)

² Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. Ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3865-7054)

³ Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. Ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7149-9169)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820722)

ATIF/REFERENCE: Yiğit, E., & Öner, A. E., & Yöntem, O. (2020). Otonom Araçların Otomotiv Sektörüne Etkileri ve Beraberinde Getirdiği Yenilikler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 181-186.

Öz

Günümüzde neredeyse tüm otomobil üreticileri, elektronik ve bilişim sektöründen tanınmış birçok şirket sürücüsüz otomobiller için çalışmalar yürütmektedir. Otomobillerde otonom sürüş işlevlerinin tanıtımları yapılmakta, bu teknolojinin insanlar ve çevre için potansiyelleri, faydaları ve risklerini yoğun bir şekilde tartışılmaktadır. Sürüş yardımı işlevine sahip araçların, hatta yolcu ve eşya taşımacılığına yönelik otonom araçların (AV) günlük trafikte giderek artan bir paya sahip olması beklenmektedir. Gerçek sürücüsüz otomobiller, yapay zekânın otomobili tamamen kendi başına sürdüğü ve sürüş görevi sırasında herhangi bir insan yardımı olmadığı araçlardır. Otomotiv Mühendisleri Topluluğu (SAE, Society for Automotive Engineers) otonom araçlar için 0 ila 5. seviye arasında değişen standart (J3016) yayınlamıştır. Seviye “0” otomasyon olmayan basit model araçlara işaret ederken, seviye “5” gerçek bir sürücüsüz otomobili belirtmektedir. Sürücüsüz araç teknolojilerinde hedeflenen, mevcut durumda kullanılan ve insanlar tarafından yapılan faaliyetlerin devre dışı bırakılması, insanların araç idaresi sırasındaki algılama yeteneklerinin teknoloji vasıtasıyla yapılması, daha az risk taşıyacak şekilde araçların üretilmesi ve yaygınlaştırılmasıdır. Bu araçlar hareket kabiliyetini kullanırken insanların duyu organları yerine geçen, daha az hata yapan, daha kısa zamanda karar verebilen; radar, lidar, kamera, sensör, GPS, bilgisayar ve ileri derecede gelişmiş kontrol sistemleri kullanılmaktadır. AV'lerin güvenliği ve konforu artıracığı, trafik sıkışıklığını, kirliliği, yakıt tüketimini azaltacağı ve aynı zamanda engelliler ve yaşlı insanlar için mobilite erişilebilirliğini daha da kolaylaştıracağı tahmin edilmektedir. Ayrıca, otonom sürüşün kaza ve çarpışmaların sayısını da azaltacağı öngörülmektedir. Bütün bu veriler otonom araçların önümüzdeki yıllara damga vuracak teknolojiler arasında yer alacağını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Otonom Araçlar, Sürücüsüz Araçlar, Mobilite, Araçlar Arası İletişim, Yapay Zekâ.

The Effects of Autonomous Vehicles on the Automotive Sector and Innovations

Abstract

Today, almost all automobile manufacturers, many well-known companies from the electronics and information sector are working for driverless cars. Autonomous driving functions are promoted in automobiles, and the potential, benefits and risks of this technology for people and the environment are discussed extensively. It is expected that vehicles with driving assistance functions and even autonomous vehicles (AV) for passenger and goods transportation will have an increasing share in daily traffic. Real driverless cars are vehicles where the artificial intelligence drives the car completely on its own and there is no human assistance during the driving mission. The Society of Automotive Engineers (SAE) has published a standard for autonomous vehicles ranging from level 0 to level 5 (J3016). Level "0" refers to the base model vehicles without automation, while level "5" refers to a true driverless car. The aim of driverless vehicle technologies is to disable the activities that are currently used and carried out by people, to make people's perception skills during vehicle management through technology, to produce and spread vehicles with less risk. These tools replace

* Sorumlu Yazar: Toyotetsu Otomotiv Parçaları San. Ve Tic. A.Ş. AR-GE Merkezi, Kocaeli, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8912-7267, yigite@toyotetsu.com.tr

the sensory organs of people while using their mobility, making less mistakes, making decisions in a shorter time; it uses radar, lidar, camera, sensor, GPS, computer and advanced control systems. It is predicted that AVs will increase safety and comfort, reduce traffic congestion, pollution, fuel consumption, and also facilitate mobility accessibility for disabled people and older people. In addition, it is predicted that autonomous driving will reduce the number of accidents and collisions. All these data show that autonomous vehicles will be among the technologies that will mark the coming years.

Keywords: Autonomous Vehicles, Self-Driving Cars, Mobility, V2V Communication, Artificial Intelligence.

1. Giriş

Dünya; dijital, fiziksel ve biyolojik dünyaları birleştiren Dördüncü Sanayi Devrimine tanıklık etmektedir (Cohen ve Hopkins, 2019). Bu çağın yapay zekâ (AI), robotik, kuantum hesaplama, nesnelerin interneti (IoT) ve beşinci nesil kablosuz teknolojiler (5G) gibi gelişmiş teknolojilerde öne çıkacağı savunulmaktadır. Öte yandan, iklim değişikliği, nüfus artışı, ulaşım, uluslararası güvenlik sorunları ve küreselleşme, gelecekteki kentsel gelişim için temel zorluk olarak görülmektedir. Bu nedenle, gelişen teknolojilerin ve ihtiyaçların doğru bir şekilde bir araya getirilmesi, gelecekteki şehir hedeflerine ulaşmamızı sağlayacaktır (Wikipedia, 2020).

Dijital ve fiziksel dünyaları birleştirmenin en önemli uygulaması olan otonom araçlar yeni ulaşım konseptlerine ve fırsatlarına yol açacağı gibi, ulaşım sistemi kapasitesini ve verimliliğini de artıracaktır. Bu teknolojiler, ulaşım altyapısını kökten değiştirecek ve gelecekteki planlamayı etkileyecektir. AV'lerin gelecekteki akıllı şehirlerde benimsenmesi birçok avantaj sunmaktadır. Bununla birlikte, mevcut literatürün analizinden, birçok akademisyenin güvenlikle ilgili kaygıları olduğu da görülmektedir. AV'lerin sürüş sistemlerinin havacılık standartları kadar sağlam olması gerektiği savunulmaktadır (Kaur ve Rampersad, 2018). Otonom araçların nasıl performans göstereceğini ve davrandığını anlamak için farklı otomasyon seviyeleri vardır. Araçların sağladığı yardım düzeyini ne kadar çok bilgisayar yapıyorsa ve işlev ne kadar çoksa, o kadar otomatikleştirilmiş düzey yükselmektedir.

AV'lerin güvenliği ve konforu artıracığı; trafik sıkışıklığını, kirliliği, yakıt tüketimini azaltacağı ve aynı zamanda engelliler ve yaşlı insanlar için mobilite erişilebilirliğini daha da kolaylaştıracağı tahmin edilmektedir. Ayrıca otonom sürüşün, kaza ve çarpışmaların sayısını azaltacağı öngörülmektedir (Mordue ve ark., 2020). İnternetin ortaya çıkmasından bu yana AV'lerin toplumlarda ve şehirlerde gerçekleşecek en önemli değişim ve geçiş olacağı savunulmaktadır.

Bu makalede 2. bölümde otonom sürüş seviyelerinden bahsedilmekte, 3. bölümde otonom araçlarda kullanılan teknolojilere değinilmektedir. 4. bölümde otonom araç geliştiren şirketler tanıtılmakta ve 5. bölümde otonom araç geliştirmenin zorlukları anlatılmaktadır. Son olarak, 6. bölümde temel bulgular özetlenmiştir.

2. Otonom Sürüş Seviyeleri

Otomotiv Mühendisleri Derneği (SAE), bir aracın kendi kendine sürüş yeteneklerine sahip olma derecesini değerlendirmek için altı seviye sunmuştur. SAE, "Karayolu Motorlu Taşıtlar için Sürüş Otomasyon Sistemlerine İlişkin Terimlerin Sınıflandırması ve Tanımları" standardını ilk kez 2014 yılında açıklamış ve son güncellemesini 2018 (J3016_201806) yılında yapmıştır. Bu standart araç otonomisini değerlendirmenin en yaygın kabul gören yöntemi haline gelmiştir. SAE standardına göre, farklı otonom sürüş seviyeleri vardır. Şekil 1'de görüldüğü üzere Seviye "0", bir sürücü tarafından tamamen kontrol edilen eski model araçları temsil etmektedir. SAE seviyesinin yükselmesiyle, otomatik sürüş fonksiyonlarının payı da artmaktadır.

Seviye "1" ve "2", belirli trafik durumlarında şoförü destekleyen sürüş yardımını içermektedir (Örn. otomatik hız sabitleyici, şerit asistanı, otoyol asistanı). Bu teknoloji seviyelerinde, araç sürücüsünün müdahaleleri gerçekleştirebilmek için sürüş durumlarına sürekli olarak hâkim olması gerekmektedir.

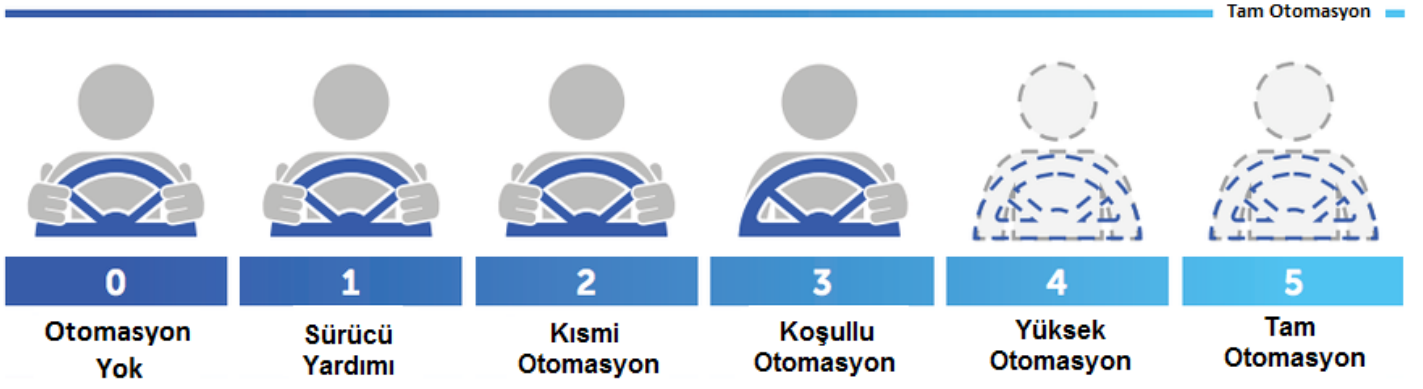
Seviye "3" ten itibaren, araç belirli trafik koşullarında kontrolü ele almaktadır (Örn. otoyol şoförü veya trafik sıkışıklığı asistanı). Bu seviyede sürücü araçta okuma, yazma veya dinlenme gibi davranışlarda bulunabilir ancak "3" seviyesinin önemli bir sorunu, otomatik fonksiyonlar bozulursa veya araç karmaşık trafik durumlarıyla başa çıkamazsa sürücünün kontrolü ele alması gerektiğidir.

Seviye "4" de, tam otomatik fonksiyonlar, hiç bir insan müdahalesine gerek kalmadan sürüş kontrolünün gerekli tüm işlemlerini sağlar. Sistem yalnızca belirli ortamlar ve belirli koşullar altında çalışabilir. Bu durum, yağmur yağmaya başladığında veya başka bir şehire gitmek istendiğinde, otonom aracın gidemeyeceği anlamına gelmektedir. Sürücünün, sistem işlevlerinin bozulması veya kişisel isteği ile ele alma ve aracı elle yönlendirme imkânı vardır, ancak genel olarak otomobil kendi kendine sürüşü gerçekleştirebilir.

Son olarak seviye "5", artık insan etkileşimine ihtiyaç duymayan tam otonom aracı temsil eder. Bu seviyede araçlar, yolcuları veya eşyaları bağımsız olarak taşıyan robotlardır. Seviye 4 ve Seviye 5 dâhil standardın tüm seviyeleri yalnızca karayolu sürüşü için geçerlidir ve bu nedenle, arazi sürüşü standart tarafından bir gereklilik değildir.

Günümüzde popüler olan Tesla model araçlar seviye 2 olarak kabul edilir ve AutoPilot'un genişletilmesiyle kademeli olarak Seviye 3'e yaklaşmaktadır. Seviye 3'e ulaşmak için, şirketler son derece farklı yaklaşımlar benimsemektedir. Örneğin, Seviye 3 yelpazesinin bir ucunda Toyota'nın Koruyucu (Guardian) sistemi bulunur. Burada, normal durumlarda sürücü aracın birincil kontrolünü elinde tutar ve sistem olası bir tehlike tespit ederse otomatik olarak eylemi gerçekleştirir. Toyota 5. Seviye tam otonom araç teknolojisini sağlayabilmek amacıyla Şoför (Chauffeur) projesini de yürütmektedir. Seviye 3 için Audi tarafından sunulan bir diğer sistemde; bölünmüş otoyollarda ve yavaş akan trafikte sürücünün otonom sürüş sistemini etkinleştirmesine ve ellerini direksiyondan çekmesine olanak tanır. Bu nedenle, Seviye 3 ve üzeri sistemler geliştikçe, otonom araç karar verme sürecini yönetmek için protokoller ve standartlar geliştirme ihtiyacı artacaktır. (Eliot,2019).

SAE OTONOM ARAÇ SEVİYELERİ



Şekil 1: Otonom Sürüş Seviyeleri [SAE]

2017 yılında, önde gelen firmalar 2020'lerin başlarında Seviye 4 yeteneklerine erişmeyi tahmin etmekteydi. Son zamanlarda bu haberlere büyük ölçüde güven azalmıştır. Bazı önde gelen şirketler, 2020'lerin başından ortasına kadar Seviye 4 özellikli araçlar için orta ölçekli tahminler sunmaya devam ederken, diğer otomobil üreticilerinin tahminleri, bu tür yeteneklerle donatılacak araçlara ilişkin olumsuzdur. Her koşulda çalışabilen tam otonom araç hakkındaki tahminler önemli ölçüde henüz belirsizdir. Buna rağmen bazı üreticiler yakın gelecekte kablosuz güncelleme yoluyla tam otonom sürüş yeteneklerini araç yazılımlarına ekleyeceğini iddia etmektedir.

3. Otonom Araçlarda Kullanılan Teknolojiler

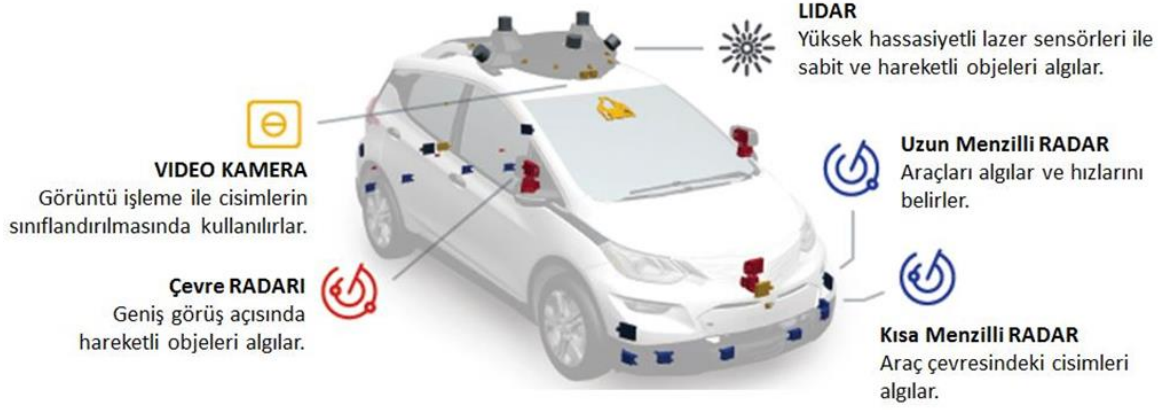
Otonom araç seviyesine ulaşabilmek için otomobil üreticileri tarafından ara teknolojiler üretilmeye devam edilmektedir. Her bir ara teknoloji bizleri sonuca daha da yaklaştırmaktadır. Kullanılan ara teknolojiler; fren kilitlemeyi önleyen sistem (Anti-Lock Braking Systems (ABS)), hız kontrol sistemi (Cruise Control), park etme sırasında yardımcı olan park sensörü (parking sensors), otomatik acil fren destek sistemi (automatic emergency braking), şerit takip sistemi (lane departure warning), elektronik denge kontrol sistemi, (electronic stability control) ve benzeri sistemlerdir (Yetim, 2016).

Şekil 2'de çevre ve nesne tanıma için araç içi sensör sistemlerine uygulanabilen teknolojiler gösterilmektedir. Yıllardan beri çok yaygın olan, yaklaşık 2 metre çalışma aralığına sahip ultrasonik sensörler otopark asistanı işlevleri için kullanılmıştır. Görüntü işleme teknolojisiyle birlikte kamera sistemleri de devreye girmiştir. Bu teknoloji, nesne tanımlama için uygun maliyetli olmasına rağmen algılama kalitesi büyük ölçüde çevresel koşullara bağlıdır (Örn. hava koşulları ve ışık yansımaları). Kullanılan gece görüş teknolojisi ise, kızılötesi kamera sistemlerine dayanmaktadır. Radar sensörler, 250 metreye kadar uzun bir çalışma aralığına sahiptir ve farklı hava koşullarında doğru sonuçlar vermektedir. Uzun menzilli radar sistemleri, yoldaki diğer araçları tanımlamak için otomatik hız sabitleyici işlevlerinde kullanılır. 30 ilâ 150 metre menzile sahip ön ve arka orta menzilli radar sistemleri, acil durum fren asistanlarında ve yüksek yol asistanlarında (otomatikleştirilmiş sollama işlemleri) kullanılmaktadır. Son olarak, yüksek maliyetli olan lazer tarayıcı sistemlerde (LIDAR) doğruluk payı oldukça yüksektir. LIDAR, dönen lazer ışık darbelerinin kullanılmasıyla, 100 metreden fazla bir çalışma menzilini tarayarak çevredeki ortamın ayrıntılı üç boyutlu haritalarını oluşturabilir (Hirz ve Walzel, 2018). Kamera tabanlı teknolojiler, nesne yüzeyi ve görünüm özellikleri hakkında ayrıntılı bilgi sağlar, ancak kötü hava ve düşük ışık koşullarında konum, hız ve yörünge belirleme performansı kısıtlıdır. Radar sistemleri, kötü çevre koşulları altında bile nesne konumu ve hızı hakkında güvenilir bilgi sağlar, ancak uygulanan teknoloji nedeniyle nesne türü, geometri ve yüzey bilgileri hakkında veri sağlayamazlar. Son olarak lazer sensörler, hareketli nesnelerin mesafesi, hızı ve yörüngesi hakkında ayrıntılı bilgilerin yanı sıra çevrenin ve çevredeki öğelerin ayrıntılı geometri verilerini sağlayabilir. Tek olumsuz yanı, lazer sensörler yüzeylerdeki bilgileri tanyamamaktadır (Örn. trafik işaretleri üzerindeki uyarılar). Otonom araçlar için nesne tanıma teknolojilerindeki eğilim, kamera tabanlı teknolojileri radar veya lazer sensörle birleştiren yapı yönünde ilerlemektedir. Böylece her bir teknolojinin avantajları etkili bir şekilde kullanılabilir.

Bahsedilen sensör teknolojileri, uygulama alanlarına göre kullanılmakta ve küresel konumlandırma sistemleri (GPS) ile birleştirilmektedir. Harici bilgiler araç ile haberleşen (V2X, Vehicle to everything) diğer sistemler tarafından alınmaktadır (Örn. 3B haritalar, trafik durumları, yol üzerindeki inşaat alanları veya tehlikeli yol ve hava durumları). Sensörler ile konumlandırma ve haberleşme sistemleri tarafından iletilen tüm verilerin birleşimiyle veriler arasındaki ilişki yorumlanarak gerçek trafik durumu tahmini yapılabilmektedir.

Bazı otomobil üreticileri daha pahalı olduğu ve kameradan daha etkili olmadığına inandıkları için araçlarına LiDAR sistemleri eklemekten çekinmekte, ancak yine de kameralarının etkinliğini doğrulamak için LiDAR'ı kullanmaktadır. Bununla birlikte bazı üreticiler de otonom araçlarındaki sensör düzenlemelerinin temel bir parçası olarak bir kamera ve LiDAR kombinasyonuna

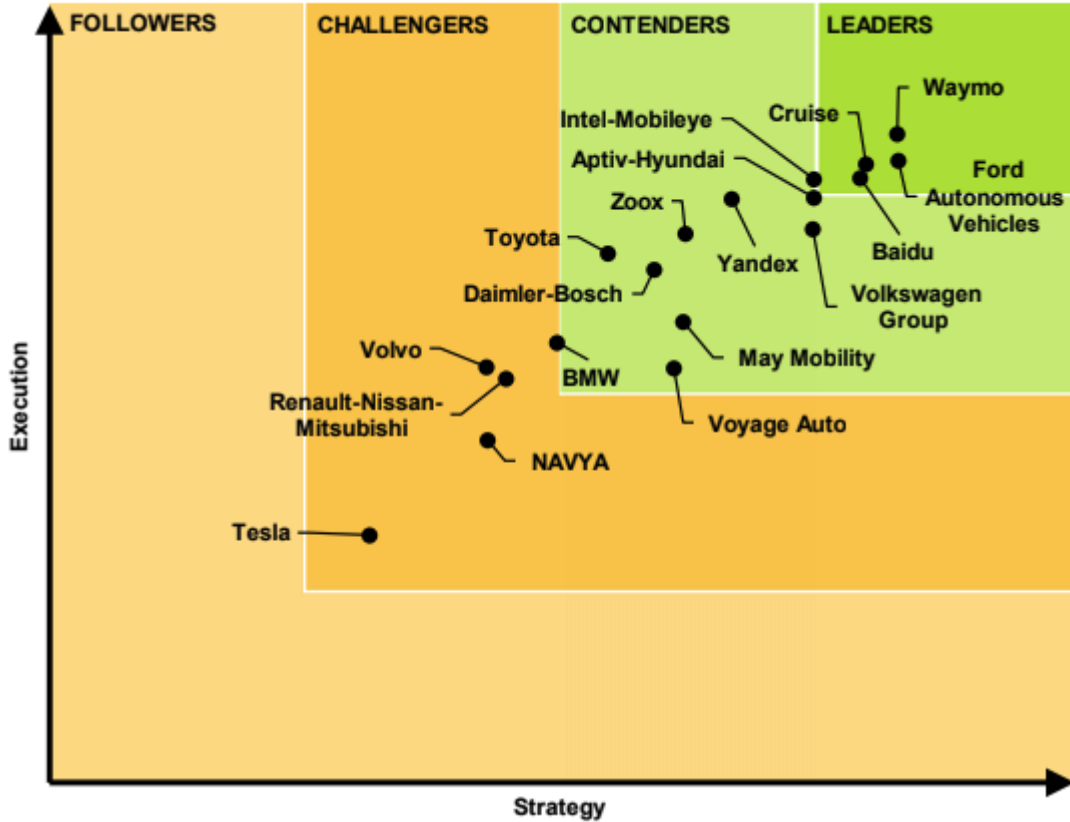
güvenmektedir.



Şekil 2: Otonom Araçlarda Kullanılan Sensörler (GM 2018 Self Driving Safety Report)

4. Otonom Araç Geliştiren Şirketler

Günümüzde otonom araçların geliştirilmesi konusunda çalışma yapan ve test sürüşlerini devam ettiren birçok şirket vardır. Bu şirketlerin isimleri ve yürüttükleri projeler ise; Toyota'nın "Guardian" ve "Chauffeur", Audi'nin "Piloted Driving", BMW'nin "Electronic co-pilot system", Ford'un "Automated Fusion Hybrid", General Motor'un "Super Cruise" ve "Chevy EN-V", Lexus'un "Advanced Active Safety Research Vehicle", Mercedes-Benz'in "Mercedes-Benz Intelligent Drive", Nissan'ın "Autonomous Drive", Tesla'nın "Auto Pilot", Volkswagen'in "Temporary Auto Pilot", Volvo'nun "Drive Me", Google'nin "Driverless Car Project" ve Bosch'un "Autonomous Vehicle" projeleridir. Mercedes-Benz firması, diğer firmalardan farklı şekilde çalışacak otonom araçlarla birlikte Uber yolcu taşımacılığı hizmetleri gibi bir kısım hizmetleri de vermeyi hedeflemektedir. Car2go ve MyTaxi bu projelerin başlıcalarındandır. Uber firması da kendilerine ait otonom araçların testlerini 2015 yılı başından itibaren yapmaya başlamıştır. Otonom araçlarla ilgili çalışma yapan şirketlerin çoğunun ABD ve Almanya patentli olduğu görülmektedir. Bu durum ilerleyen aşamalarda otonom araçların üretimi konusunda bir tekelin oluşabileceğinin de göstergesidir (Webb ve ark., 2019).



Şekil 3: Navigant Research Araştırması (Mart 2020)

Navigant Research şirketi her yıl, otonom araç teknolojisi için çalışan önde gelen şirketleri içeren otomatik sürüş liderlik tablosu yayınlamaktadır. Yayımlanan bu yılki liste, 18 şirketi teknolojilerine, vizyonlarına, pazara açılma stratejilerine, ürünlerine, ortaklıklarına ve diğer birçok özelliğine göre sıralamıştır. Araştırmaya göre "Liderler" kategorisinde Google'ın yan şirketi Waymo, Ford'un AV, General Motors'un Cruise, Çin'in Baidu ve Intel-Mobileye şirketleri görülmektedir. Bir sonraki kategori olan "Yarışmacılar" listesinde, Daimler (Bosch ortağıyla birlikte), Hyundai (ortağı Aptiv ile birlikte), Toyota, Volkswagen, Zoox, May Mobility ve ilk kez ortaya çıkan Rusya'nın Yandex'i gibi şirketler yer almaktadır. Sondan bir önceki "Meydan Okuyanlar" kategorisinde ise, Volvo, Renault-Nissan-Mitsubishi ortaklığı gibi şirketler görülmektedir. Aynı zamanda Tesla da bu kategoriye girmiştir. "Tesla, 2020'nin sonuna kadar yolda bir milyon robotaksi özellikli araç buldurmak" (Tesla, 2019) da dâhil olmak üzere iddialı sözler vermeye devam etmektedir. Bazı büyük şirketler bu yıl Navigant'ın liderlik tablosuna girememiştir. Navigant'a göre Apple, "herhangi bir ticarileştirme planının net bir görünümünü" sunmadığı için sıralamada düşmüştür. Uber, araçlarından biri bir yaya ile ölümcül bir çarpışmaya karıştıktan sonra, AV çabalarını yeniden hızlandırmaya çalışmaktadır. Uber'in rakibi Lyft firması Magna ile kurdukları ortaklığı sonlandırma kararı almış (Ocak, 2020) ve son aylarda pek ilerleme kaydetmemiştir. Gelişmelere bakıldığında şirketlerin otonom araç konusundaki ilerlemesini ölçmek zordur. Kesin olarak bildiğimiz tek şey, şuan için tam otonom araç teknolojisine henüz ulaşamadığımızdır.

5. Otonom Araçlardaki Zorluklar

Bir otomobil üreticisinin, araçlarından birinin belirli bir SAE kabiliyetine sahip olduğunu beyan etmesi mümkün olsa da, iddia edilen kabiliyetlerin doğruluğunu yargılamak için evrensel bir standart yoktur. Sürücülerin birincil önceliği kendini korumaktır. Bu nedenle sürücüler kendi güvenliklerini korumaya öncelik veren kararlar almaktadır (Awad ve ark., 2020).

Yeni bir teknolojinin benimsenmesi her zaman insanların zihniyetinden ve tutumundan etkilenmiştir. AV'ler çeşitli faydalar sağlayacağından, birkaç potansiyel riskle de ilişkilendirilebilir. Örneğin, ulaşım sisteminin dijitalleştirilmesi, sistemi korsanlığa karşı savunmasız bırakabilir. Ayrıca, AV'lerin sistem arızasına maruz kalabileceği de iddia edilmektedir. AV'lere bağlanabilecek diğer bir tehlike, güvenilmeyen bir ağ üzerinden yapılan kötü niyetli siber saldırılardır (Anania ve ark., 2018).

Pek çok kişi otonom araçlarla birlikte kazaların tamamen ortadan kalkacağını savunurken, otonom araç segmentinin en güçlü savunucuları, bu ideale ulaşma yolunun sorunlu olacağını ve ekipman arızalarının buna sebep olacağını belirtmektedir (Morduea ve ark., 2019). Toplumda otonom araçlarla ilgili birçok soru işaretini bulunmaktadır. Araçlar arasında ne kadar veri alışverişi yapılmalıdır? Bu araçlara rehberlik eden algoritmalar, sürücülerin güvenliğini sağlarken yayalara, gençlere, yaşlılara, iyi sürücülere, kötülere, kırmızı ışıkta yürüyen yayalara, kurallara uyan sürücülere, daha az veya daha yüksek güvenlik dereceli araçlara öncelik vermeli mi? Daha az yolcuya sahip araçlar, daha fazla yolcuya sahip olanlara feda edilmeli mi? Bir sonucun diğerinden daha az veya daha fazla "tehlikeli" olup olmadığını belirlemek için hangi standartlar uygulanmaktadır? Bu çukur o duvardan daha mı az tehlikeli? Kim için tehlikeli? Bu faktörler, çeşitli paydaşların verdiği kararları nasıl etkileyecek? Örneğin, araçlara birkaç kişi için birkaç kişiyi feda etmeleri talimatı verilmişse, araçlardaki yolcu sayısı hakkındaki kararları nasıl etkiler? Programcılar, düzenleyiciler veya yasal makamlar sahte bilgileri belirleyebilecek mi? Araçlara programlanan algoritmalar, bugün "daha güvenli" olarak kabul edilen araçları gelecekte "daha az güvenli" hale mi getirecek? Bu soru işaretlerinin çoğu hala belirsizliğini korumaktadır. (Bcg, 2017).

Avrupa, Japonya ve Güney Kore, öncelikle Birleşmiş Milletler tarafından ifade edilen standartlara bağlıyken, ABD, Kanada, Hindistan ve Çin gibi diğer büyük otomotiv pazarları kendi kurallarını takip etmektedir. Bir kesişme meydana gelse de, bunun etkisi, Avrupalı otomobil üreticilerinin araçlarını ABD, Kanada, Hindistan ve Çin pazarlarına erişim sağlamak için ayarlamaları gerektirir. Üst kademe otonom araç teknolojisi tanıtıldıkça, düzenleyici standartların karmaşıklığı da artacaktır. (Daniel ve ark.,2015) Örneğin, farklı ülkeler için programlanmış otonom araçlar arasındaki uyumsuz standartlar, orijinal olarak ABD'de satılan araçların Kanada karayollarında kullanılamamasına veya tam tersine neden olabilir. Tamamen otonom (SAE Seviye 5) araçların ne zaman mevcut olacağına dair tahminler kesin olmamakla birlikte, otomobil üreticileri yüksek seviyeli otonomiye (SAE Seviye 4) sahip araçların 2020'lerin başından ortalarına kadar piyasaya sürüleceğini tahmin etmektedir (Adnan ve ark.,2018).4

6. Sonuç

AV'lerin şehirlerimizde neden olabileceği etkileri ve değişiklikleri anlamak ve değerlendirmek için, öncelikle bir AV'nin nasıl çalıştığını ve "otonom araç sistemi mimarisi" olarak adlandırılan mekanizmayı anlamak gerekmektedir. İkinci olarak, bu teknolojilerin benimsenmesini kısıtlayan çeşitli engelleri belirlemek ve çözümlere odaklanması gerekmektedir. AV'lerin sorunsuz performansını ve güvenliğini sağlayan gerekli altyapılar oluşturulmalıdır. Öncelikle sürücünün becerisine veya durumuna bakılmaksızın, çarpışmaya neden olmayan bir otomobil üretme hedefi ile otomobillerin güvenliği artırılmalıdır. Yaşlılar, özel ihtiyaçları olan insanlar veya bir şekilde araba kullanmakta zorluk çekenlerin erişimini artırmaya yönelik çalışmalara önem verilmelidir. Otonom araçların ulaşım, toplu taşıma ve lojistik sektöründe kullanımı kaçınılmaz olacaktır. Tüm bu gelişmeler ışığında yakın gelecekte sürücüsü olmayan araçlar vasıtası ile seyahat etmek mümkün olacak, ulaşım sektöründe köklü değişimler yaşanacak ve insanlar daha kaliteli yaşam imkânı sunan akıllı şehirlerde yaşamayı tercih edeceklerdir. 2030 yılında dünya nüfusunun %60'ının büyük şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Otonomluk sadece kullandığımız araçları değil yaşadığımız mekânları da değiştirecektir. Geleceği düşünürken bir noktadan diğerine gidebilmeyi yani mobility'yi yeniden tanımlamak gerekmektedir. Gelecekteki akıllı şehirlerde insan odaklı iyi bir mobility tasarımı yapılırsa yaşam kalitemiz daha da artacaktır. Otopark kullanımı da azalacağından daha fazla yeşillik ve yaşama alanları oluşturulabilecektir. Elektrikli ve otonom otomobiller ile daha temiz ve güvenli yolculuklar gerçekleştirilebilecektir.

Kaynakça

- S.A. Cohen, D. Hopkins, Autonomous vehicles and the future of urban tourism, *Ann. Tour. Res.* 74 (2019) 33–42.
Autonomous Car, https://en.wikipedia.org/wiki/Autonomous_car, (20.09.2020).
- K. Kaur, G. Rampersad, Trust in driverless cars: Investigating key factors influencing the adoption of driverless cars, *J. Eng. Technol. Manag.* 48 (2018) 87–96.
- Mordue et al., G. Mordue, A. Yeung, F. Wu “The looming challenges of regulating high level autonomous vehicles” *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 132 (2020), pp. 174-187.
- SAE International standard J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems for On-Road Motor Vehicles J3016 (2018) < https://www.sae.org/standards/content/j3016_201806/> accessed 19 Sept 2020.
- L.Eliot, (20.12.2019), “Explaining Level 4 And Level 5 Of Self-Driving Cars In Plain English”, <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2019/12/20/explaining-level-4-and-level-5-of-self-driving-cars-in-plain-english/>
- L.Eliot, (2018). “Reframing AI Levels for Self Driving Cars: Bifurcation of Autonomy”, <https://www.aitrends.com/selfdrivingcars/reframing-ai-levels-for-self-driving-cars-bifurcation-of-autonomy/>
- Yetim S. (2016). Sürücüsüz Araçlar ve Getirdiği / Getireceği Hukuki Sorunlar, 2016/1 Ankara Barosu Dergisi.
- M. Hirz and B. Walzel, ”Sensor and object recognition technologies for self-driving cars,” *Computer-Aided Design and Applications*, pp. 1-8, January 2018.
- J. Webb, C. Wilson, T. Kularatne, Will people accept shared autonomous electric vehicles? A survey before and after receipt of the costs and benefits, *Econ. Anal. Policy.* 61 (2019) 118–135.
- Awad, E., Dsouza, S., Kim, R., Schulz, J., Henrich, J., Shariff, A., Rahwan, I. (2020). Reply to: life and death decisions of autonomous vehicles. *Nature*, 579 (7797), E3–E5.
- Morduea. G, Yeung A., Wu. F, (2019), The looming challenges of regulating high level autonomous, *Transportation Research Part A* 132 (2020) 174–187.
- E.C. Anania, S. Rice, N.W. Walters, M. Pierce, S.R. Winter, M.N. Milner, The effects of positive and negative information on consumers’ willingness to ride in a driverless vehicle, *Transp. Policy.* 72 (2018) 218–224.
- Daniel J. Fagnant and Kara Kockelman. (2015) “Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations.” *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 77: 167–181.
- By 2030, 25% of Miles Driven in US Could Be in Shared Self-Driving Electric Cars, <https://www.bcg.com/press/10april2017-future-autonomous-electric-vehicles/>, (10.05.2017).
- Adnan, N., Nordin, S. M., bin Bahruddin, M. A., & Ali, M. (2018). How trust can drive forward the user acceptance to the technology? In-vehicle technology for autonomous vehicle. *Transportation research part A: policy and practice*, 118, 819–836.



Twitter Platformunda Makine Öğrenmesi Algoritmalarıyla Cinsiyet ve İlgi Analizi

Enes Günçe^{1*}, Aydın Carus²

¹ Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8546-2324)

² Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Edirne, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3370-5974)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.819722)

ATIF/REFERENCE: Günçe, E., & Carus, A. (2020). Twitter Platformunda Makine Öğrenmesi Algoritmalarıyla Cinsiyet ve İlgi Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 187-194.

Öz

Twitter gibi sosyal ağlar, insanların iletişim kurması için popüler bir platform haline gelmiştir. Bireysel kullanıcıların yanı sıra kurumlar ve şirketler de ürün tanıtımı, pazarlama ya da herhangi bir konu hakkında geri bildirim alma gibi daha birçok nedenden dolayı bu sahaya ilgi duymaktadır. Kurumların ve şirketlerin hedefi, kişilerin ilgilendikleri ürün ve alanlar dışında gereksiz bilgiler ile rahatsız edilmemesini sağlamaktır. Bunun için de kurum ve şirketler, paylaşım yapanın kadın veya erkek oluşu, tweetin ilgili olduğu alan gibi bilgilere ihtiyaç duymakta ve bu bilgilere bağlı olarak, kendi hedef kitlelerine ulaşmak için çeşitli çalışmalar yapmaktadır. Bu çalışmada Twitter'da üretilen içeriklerden yola çıkılarak, paylaşım yapanın cinsiyeti ve paylaşılan tweetin ilgi alanı için tahmin yapılmıştır. Bu amaçla, Twitter Uygulama Programlama Arayüzü (API- Application Programming Interface) kullanan bir uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulama kullanılarak, iki farklı eğitim seti oluşturmaya yönelik veriler toplanmıştır. Cinsiyet tespitine yönelik eğitim seti için, tweetler filtreleme yapılmadan toplanmıştır. İlgi alanı tespitine yönelik eğitim seti için, tweetler farklı ilgi alanları için belirlenmiş anahtar kelime kümeleri yardımıyla, filtreleme yapılarak toplanmıştır. Daha sonra, bu tweetler, etiketleme çalışmasına kolaylık sağlaması amacıyla uygulama kullanılarak el ile etiketlenmiştir. Çeşitli denemeler yapılarak, özneliklerin belirlenmesinin ardından, gözetimli makine öğrenmesinde kullanılacak iki farklı eğitim seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğitim setleri kullanılarak; Naive Bayes, K-En Yakın Komşu Algoritması (KNN- K-Nearest Neighbors), C4.5, Destek Vektör Makineleri (SVM- Support Vector Machine) ve Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmaları (SMO- Sequential Minimal Optimization) için modeller oluşturulmuştur. Modellerin başarımı, kapa istatistik ve doğruluk ölçütleri dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Elde edilen modellerin başarımları değerlendirildiğinde; cinsiyet tahmini için oluşturulan modeller içinde, en düşük başarıma %44,6 doğruluk ve 0.17 kapa değeri ile SVM algoritması sahipken en yüksek başarıma %99,9 doğruluk ve 0.99 kapa değeri ile SMO algoritması sağlamıştır. Aynı şekilde ilgi alanı için oluşturulan modeller içinde en düşük başarıma %47,9 doğruluk ve 0.37 kapa değeri ile SVM algoritması vermişken en yüksek başarıma %93,18 doğruluk ve 0.91 kapa değeri ile KNN algoritması tarafından sağlanmıştır. Doğruluk değerleri ve kapa değerlerinin birbiri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Twitter, Makine Öğrenmesi, Cinsiyet Analizi, İlgi Alanı Analizi

Gender and Interest Area Analysis on Twitter using Machine Learning Algorithms

Abstract

Social networks have become popular platforms that help people to connect with each other. In addition to individuals, companies and institutions are also interested in social networks for several reasons such as promoting and marketing their products or getting feedback on a specific topic. The goal of companies and institutions is to ensure that people are not targeted by unnecessary information except for products and areas they are interested in. To achieve their business goals, companies and institutions would like to determine the gender of a person who shares the post and the interest area a social media post is related to. Using this information, they carry out various studies to reach their target audiences. In this study, we analyze tweets to identify the genders of Twitter users and interest areas tweets are related to. We develop an application that uses the Twitter Application Programming Interface (API). We collect data using this application to create two different training sets: the gender determination training set and the interest area determination training set. For the gender determination training set, we collect tweets without filtering them. For the interest area determination training set, we collect the tweets by filtering them with the help of the sets of keywords that are created separately for each interest area. After

* Sorumlu Yazar: Trakya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8546-2324, enesgunce@trakya.edu.tr

collecting the Tweets, we tag them manually with the help of the application in order to facilitate the tagging process. By performing various experiments, after the determination of the attributes, two different training sets were created which are then used in supervised machine learning. Models were created using these training sets for Naive Bayes, K-Nearest Neighbor Algorithm (KNN-K-Nearest Neighbors), C4.5, Support Vector Machines (SVM-Support Vector Machine) and Sequential Minimal Optimization algorithms (SMO-Sequential Minimal Optimization). The performances of the models were evaluated taking into account kappa statistics and accuracy criteria. When the performances of the obtained models were evaluated, among the models created for gender prediction, the lowest success rate was 44.6% with an accuracy of 44.6% and a kappa value of 0.17. While SVM algorithm had the highest performance, SMO algorithm provided 99.9% accuracy and 0.99 kappa value. Likewise, SVM algorithm gave the lowest performance with 47.9% accuracy and 0.37 kappa value among the models created for the area of interest, while the highest performance was achieved by the KNN algorithm with 93.18% accuracy and 0.91 kappa value. It is observed that the accuracy values and kappa values are compatible with each other.

Keywords: Twitter, Machine Learning, Gender Analysis, Interest Field Analysis.

1. Giriş

Günümüzde teknolojik olarak gelişmiş özellikler içeren taşınabilir cihazların ucuzlaması ve bu sayede yaygınlaşması, çok fazla yeni kullanıcının ortaya çıkmasına da neden olmuştur. Kullanıcı sayısının artması ve beraberinde, bu taşınabilir cihazlar üzerinden veri paylaşmaya yönelik platform ve uygulamaların geliştirilmiş olması, veri paylaşımını bugüne kadar olmadığı bir hızda arttırmıştır. Kullanıcıların görüşlerini paylaşma amacıyla en çok tercih edilen platformlardan birisi olan Twitter, kullanım kolaylığı ve paylaşımları anlık bir şekilde birçok kişiye ulaştıran tasarımı sayesinde, insanların kendini ifade etmek için kullandığı platformlardan biri haline gelmiştir. Aynı zamanda birçok kurum ve kuruluşun da kullanıcı olarak yer aldığı bu platform, kullanıcıların fikirlerini, şikâyetlerini ve sorularını istedikleri kullanıcıya anlık ulaştırıp, cevap alabildiği bir iletişim aracı olarak da kullanılabilir. Twitter platformundaki tüm bu paylaşımlar değerlendirilerek, kişilerin belirli özelliklerini ortaya çıkarabilmek mümkündür. Twitter, kullanıcıları hakkında birçok bilgi sağlanmasına rağmen kullanıcının yaşı, cinsiyeti, eğitim durumu, ilgi alanları gibi bilgileri ise sağlamamaktadır. Bu çalışmada, Twitter’ dan toplanan tweetler üzerinden, tweeti paylaşanın, makine öğrenmesi algoritmaları ile cinsiyet ve paylaşılan tweetin ilgi alanı tahmininin yapılması hedeflenmiştir.

Matematiksel teoriye dayanan algoritmaları kullanan makine öğrenmesi, geçmiş deneyimlerden elde edilmiş veriyi işleyerek gelecek durumlar için kestirimler de gerçekleştirebilmektedir. Bu kestirimlere dayanarak, veriler işlendikten sonra değerli bilgiler ortaya çıkarılabilmektedir. Bu bilgiler kurum ve şirketlere önemli yararlar sağlayabilir. Bu sayede, kişilerin sosyal medyada yaptığı paylaşımlardan elde edilen bilgiler kullanılarak, kişiye özel ürün önerisi ya da ilgili olduğu alanlara özel mesajlar gönderilebilmektedir. Buradaki amaç, kişilerin ilgilenmedikleri ürün ve alanların dışında, gereksiz bilgiler ile rahatsız edilmemesini sağlamaktır.

Twitter’da gönderilen her paylaşım kullanıcıların kendi özgün fikri olduğu için kurum ve şirketler, paylaşılan bu veriye önem vermektedir. Kurum ve şirketlerin amacı, olabildiğince kendi hedef kitlesi olan kullanıcıya erişmektir. Dolayısıyla kullanıcıların paylaşımlarından çıkarılabilecek bilgiler, bu kurum ve şirketler için daha cazip hale gelmiştir. Twitter, kişilerin cinsiyeti ve paylaşılan tweetlerin ilgi alanları hakkında bilgi sunmadığı için bu bilgilerin ortaya çıkarılması, bu bilgileri kullanacak kurum ve şirketler için önem arz etmektedir. Tweeti paylaşan kişilerin cinsiyetinin ve tweetlerin ilgi alanlarının bilinmesi, kurumlar ve şirketler için hedef kitleye düşük maliyet ve kısa sürede ulaşmayı sağlayacaktır. Bu çalışmanın önemli bir özelliği ise Türkçe veriler üzerinden gerçekleştirilmiş olmasıdır. Türkçe için yapılan bu çalışma, benzer çalışmaların azlığı nedeniyle önem arz etmektedir. Bu çalışmanın 2. bölümünde, konuyla ilgili yapılmış literatürdeki çalışmalara yer verilmiştir. 3. bölümde, gerçekleştirilen çalışmanın detayları sunulmuştur. 4. bölümde, deneysel sonuçlar açıklanmaktadır. Son bölümde, çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Literatür Taraması

Sosyal medya verileri üzerinden sınıflandırma ve bu verileri kullanarak çıkarımlar yapmak, günümüzde önem arz eden bir çalışma alanı haline gelmiştir. Hızla büyüyen sosyal medya platformlarından biri olan Twitter, kolay ulaşılabilen verileri sayesinde, birçok çalışmada tercih edilmiştir. Literatürde, kullanıcıların paylaştıkları tweetlerin üzerinden içeriklerinin belirlemesine yönelik çalışma yapılmıştır [1]. Fakat bunlar ya İngilizce ya da farklı diller için yapılmıştır. Birden fazla dil için paylaşılan tweetleri makine öğrenmesi algoritmaları ile analiz ederek kullanıcıların yaşı, cinsiyeti ve demografik özelliklerini ortaya çıkarmak için yapılan çalışma da vardır [2]. Sadece isimler üzerinden kişilerin demografik özelliklerinin çıkarılması, yapılan çalışmalar arasındadır [3]. Portekizce dili için tweet içeriği ve tweet sahibi kişilerin cinsiyetlerini tahmin eden çalışma da yapılmıştır [4]. Yapılan bir başka çalışmada, Sayyadharikandeh vd. öznitelik olarak sadece; ekran ismi, profil resmi ve tweet metnini kullanmışlar ve sonuç olarak 89.9% gibi bir doğruluk değerine ulaşabilmişlerdir [5]. Bhattacharya vd. kullanıcıların ilgi alanları üzerine yaptıkları çalışma ile “Who Likes What” isminde, milyonlarca Twitter kullanıcısının verilerini toplayan bir sistem tasarlayıp, insanların ilgi alanlarını tahmin eden çalışma yapmışlardır [9].

“Ontology-based sentiment analysis of twitter posts“ isimli çalışmada [10], kişilerin tweetleri üzerinden duygu analizi yapılmıştır. Bu çalışma için duygu analizinin yapılma amaçlarından biri, kurum ve kuruluşlar için müşteriler açısından sorunların ne olduğuna dair cevaplar aramaktır. “Predicting the Future With Social Media” [11] isimli çalışmada, Twitter verileri, sinema filmlerinin, gişede elde edeceği gelirleri, filmler henüz vizyona girmeden tahmin etmek için kullanılmıştır. Twitter’ dan veri alınırken, anahtar kelime olarak film isimleri kullanılmış, 3 aylık bir zaman aralığı boyunca 24 farklı filmle ilgili 2.890.000 tweet toplanmıştır. Kullanıcıların paylaştığı tweetler kullanılarak yapılan tahminler, Hollywood Stock Exchange adlı siteden alınan veriler ile karşılaştırılmıştır. Culotta yaptığı çalışmada [12], Twitter üzerinden alınan, 10 haftalık bir zaman aralığını kapsayan 500.000’den fazla tweet kullanarak, grip salgınlarını

tahmin etmeye çalışmıştır. Basit doğrusal regresyon ve çoklu doğrusal regresyon kullanılan bu çalışmada, elde edilen veriler, ABD Hastalık Kontrol ve Korunma Merkezleri'nden alınan veriler ile %78 oranında benzerlik göstermiştir.

Soler vd. yaptıkları çalışmada [13], geliştirilen Taratweet isimli aracı kullanılarak 2011 ve 2012 yıllarında İspanya'da yapılan 3 farklı seçim sonuçlarını tahmin etmeye çalışmışlardır. Yerel seçimler için yapılan bu çalışma 105.282; genel seçimler için yapılan çalışma ise 259.016; Endülüs' teki seçim için yapılan çalışma 176.000 adet tweet kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada siyasi partilere verilen oylar ile bu partilerin Twitter' da bahsedilme oranları karşılaştırılmış ve uyumlu oldukları görülmüştür. Hussein vd. tarafından yapılan çalışmada [14], arapça dilinde paylaşılan tweetlerden kullanıcıların cinsiyetleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak %87,6 bir doğruluk oranı ile kullanıcıların cinsiyetleri tahmin edilebilmiştir.

3. Gerçekleştirilen Çalışma

3.1. Eğitim Setleri

Yapılan bu çalışma için tweet toplama, veri ön işleme ve veri temizleme işlemlerini yerine getirmek için bir uygulama geliştirilmiştir. Eğitim seti oluşturma amacıyla bu uygulama ile veriler toplanırken, Twitter'ın sunduğu Uygulama Programlama Arayüzü (API- Application Programming Interface) kullanılmıştır. Visual Studio ortamında, C# programlama dili ile verilerin toplanması için Tweetinvi² kütüphanesi kullanılmıştır. Toplanan verilerin içeriğinin temizlenmemiş, ham veri olmasından dolayı, paylaşılan veriler uygulama aracılığı ile bir taraftan toplanırken diğer taraftan gerçek zamanlı olarak, Düzenli İfadeler (Regex- Regular Expression) kütüphanesi yardımıyla, içindeki özel karakterler ve etkisiz kelimeler temizlenmiştir. Tweet toplama sürecinde cinsiyet ve ilgi alanı için veri toplama süreci ayrı ayrı yürütülmüştür. Cinsiyet Eğitim setine yönelik tweet toplama sürecinde, filtreleme yapılmamıştır. Oluşturulacak ikinci Eğitim seti olan ilgi alanı için ise önceden belirlenmiş anahtar kelime kümeleri ile filtreleme yapılarak paylaşılan tweetler toplanmıştır. Her biri için sınıf sayısını da gösterir şekilde, cinsiyet ve ilgi alanı Eğitim setleri oluşturmaya yönelik, toplanan tweet sayıları sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2 de verilmiştir.

Tablo 1. Cinsiyet Eğitim Seti için Toplanan Tweet Adetleri

Sınıf	Tweet Adedi
KADIN	54.370
ERKEK	48.985
DİĞER	67.845

Tablo 2. İlgi Alanı Eğitim Seti için Toplanan Tweet Adetleri

Sınıf	Tweet Adedi
SİYASET	15.000
SPOR	15.000
EĞİTİM	15.000
EKONOMİ	15.000
BİLİM VE TEKNOLOJİ	15.000
DİĞER	15.000

İlgi alanı Eğitim seti için öznitelik olarak sadece Paylaşılan tweet metni kullanılmıştır.

Cinsiyet tespiti için toplanan 171.200 adet tweetin ekran isimleri kontrol edilerek, farklı kullanıcılar belirlenmiş ve 171.200 adet tweetin, 59.750 adet eşsiz kullanıcı tarafından atıldığı görülerek, eşsiz kullanıcı eğitim seti oluşturmak için her bir kullanıcının rastgele bir tweeti alınmıştır. Tablo 3' de eğitim seti içindeki tweetlerin eşsiz kullanıcı olarak, sınıf bazlı sayıları gösterilmiştir.

Tablo 3. Eşsiz Kullanıcı Eğitim Seti Tweet Adedi

Sınıf	Tweet Adedi
KADIN	24.520
ERKEK	26.740
DİĞER	8.490

Cinsiyet Eğitim seti oluşturmak için toplanan tweetlerden öznitelik olarak belirlenen veriler Tablo 4' te açıklanmalı olarak verilmiştir.

² <https://github.com/linvi/tweetinvi>, 2014

Tablo 4. Cinsiyet Eğitim Seti İçin Belirlenen Öznitelikler

Belirlenen Öznitelikler	
1- İsim alanı (erkek, kadın, diğer, erkek-kadın, kadın-erkek, erkek-sayı, kadın-sayı, diğer-sayı, erkek-emoji, kadın-emoji, diğer-emoji, erkek-noktalama, kadın-noktalama)	26- Ekran ismindeki sayı adedi
2- İsim	27- Ekran ismindeki sayı adedi aralığı
3- Ekran ismi	28- Ekran ismindeki büyük harf adedi
4- Tweet	29- Ekran ismindeki büyük harf adedi aralığı
5- Tweetteki kelime adedi	30- Ekran ismindeki küçük harf adedi
6- Tweetteki kelime adedi aralığı	31- Ekran ismindeki küçük harf adedi aralığı
7- Tweette tekrarlı kelime var mı?	32- Tweet uzunluğu
8- Tweetteki farklı kelime adedi	33- Tweet uzunluğu aralığı
9- Tweette ki sayı adedi	34- Kaynak
10- Tweetteki sayı adedi aralığı	35- Arkadaş sayısı
11- Tweetteki büyük harf adedi	36- Arkadaş sayısı aralığı
12- Tweetteki büyük harf adedi aralığı	37- İsim 'deki emoji sayısı
13- Tweetteki küçük harf adedi	38- İsim 'deki emoji sayısı aralığı
14- Tweetteki küçük harf adedi aralığı	39- Tweetteki emoji sayısı
15- Tweetteki hashtag adedi	40- Tweetteki emoji sayısı aralığı
16- Tweetteki hashtag adedi aralığı	41- Tweet hangi karakter ile başlamış? (büyük/küçük/rakam)
17- Tweetteki mention adedi	42- Noktalama adedi
18- Tweetteki mention adedi aralığı	43- Noktalama adedi aralığı
19- Tweet media (resim, video) içeriyor mu (var/yok)?	44- Büyük kelime adedi
20- İsim 'deki sayı adedi	45- Büyük kelime adedi aralığı
21- İsim 'deki sayı adedi aralığı	46- Tweette büyük harfle başlayan kelime sayısı
22- İsim 'deki büyük harf adedi	47- Tweette büyük harfle başlayan kelime sayısı aralığı
23- İsim 'deki büyük harf adedi aralığı	48- Tweette tekrarlı harf sayısı
24- İsim 'deki küçük harf adedi	49- Tweette etkisiz kelime sayısı
25- İsim 'deki küçük harf adedi aralığı	50- Tweette etkisiz kelime sayısı aralığı

Çalışmada öznitelik olarak kullanılan verilerden bazıları aşağıda açıklanmıştır:

İsim alanı: Kullanıcı isminin içinde hem erkem hemde kadın ismi varsa o halde “erkek-kadın” olarak belirlenmektedir. Herhangi bir erkek kullanıcının ismi “AHMET YILDIZ” ise “YILDIZ”, bayan ismi olduğu için bu alan “erkek-kadın” olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde isim alanında; sayı, noktalama veya emoji bulunuyor ise isimlendirme benzer şekilde “kadın-sayı”, “kadın-noktalama”, “erkek-emoji” şeklinde alınmaktadır.

Tweet hangi karakter ile başlamış?: Bu alanda kullanıcının attığı tweet eğer büyük harf, küçük harf veya rakam ile başlıyor ise sırasıyla “büyük harf”, “küçük harf”, “rakam” olarak belirtilmiştir.

Tweette tekrarlı harf sayısı: Bu alan, tweette kelime içerisinde bir harfin, ardışık birden fazla geçmesi anlamına gelmektedir. Herhangi bir tweetin içerisinde “yaşaaaaa” gibi bir ifade geçerse, içindeki tekrarlanan harf adedi alınmaktadır.

Tweette tekrarlı harf sayısı: Bu alan, tweette yer alan fakat tweetin anlamına herhangi bir etkisi kelimelerin sayısı olarak alınmaktadır.

Cinsiyet eğitim seti için sınıf olarak Kadın, Erkek ve Diğer olarak 3 sınıf belirlenmiştir. Diğer ile ifade edilen sınıf, kurum ve kuruluşları kapsamaktadır.

İlgi alanı eğitim seti ise sınıf olarak Bilim ve Teknoloji, Eğitim, Spor, Siyaset ve Diğer olarak belirlenmiştir. Burada Diğer olarak ifade edilen sınıf ise ilk dört sınıf dışında olanları kapsamaktadır.

İlgi alanı eğitim seti için tweet toplarken filtre olarak nispeten ilgili tweetlerin elde edilmesi amacıyla, her bir sınıf için belirli anahtar kelimeler kullanılmıştır. Bu anahtar kelimeler sınıf bazlı olarak Tablo 5’te verilmiştir.

Toplanan tüm bu tweetlerden oluşturulan Eğitim setlerinin etiketleme işlemi, el ile yapılmıştır.

Tablo 5. İlgili Alanı Eğitim Setine Özgü Tweet Toplamak İçin Kullanılan Anahtar Kelimeler

Sınıf	Anahtar Kelimeler
<i>EKONOMİ</i>	<i>hisse senedi, ekonomi, sermaye, mali gelir, vadeli fiyat, vadeli hesap, dolar, vergi, cari kur, cari işlemler hesabı, enflasyon, dalgalı kur, deflasyon, döviz kuru, ekonomik güven endeksi, faiz oranı, finans, finansal, gayri safi milli hasıla, gsmh, hazine bonosu, ihracat, iskonto, ithalat, konut fiyat, konut kira, kredi riski, likidite, merkez bankası, para kurulu, para piyasası, para politikası, parite, resesyon, revalüasyon, sabit kur, stagflasyon, vadeli işlem, sterilizasyon, yatırım fonları</i>
<i>EĞİTİM</i>	<i>Yüksek öğretim kurumu, ösym, ösys, dgs, lisans eğitimi, önlisans eğitimi, ortaöğretim, ilköğretim, milli eğitim bakanı, milli eğitim, öğretmen ataması, öğretmen atamaları, atama, yüksek lisans, fakülte, yüksekokul, meslek yüksekokulu, örgün öğretim, ikinci öğretim, açıköğretim, devlet üniversitesi, kampüs, transkript, öğretim görevlisi, eğitim fakülteleri, akademi, seviye belirleme sınavı, dersane, hazırlık sınıfı, lisansüstü, formasyon, KPSS, KPDS, Öğretim üyesi, tez danışmanı, üniversite, Yükseköğretim</i>
<i>SİYASET</i>	<i>anayasa, kararname, milletvekili, tutanak, siyaset, bürokrasi, cumhurbaşkanı, politika, akp, chp, mhp, sayıştay, danıştay, parlamenter, demokrat, sosyalizm, radikalizm, laik, parlamento, emperyalist, referandum, sosyalist, radikalist, tbmm</i>
<i>BİLİM VE TEKNOLOJİ</i>	<i>anakart, işlemci, ram, bilişim, fiber, siber, veri tabanı, HDMI, algoritma, BIOS, IOS, ios, linux, root, yazılım, endüstri 4.0, inovasyon, sanal gerçeklik, yapay zeka, çözelti, elektrot, elektroliz, elektrolit, elektron, atom, fotoelektrik, kara delik, radyoaktif, kuantum, proton, nötron, nükleon, izotop, foton, quark, anti madde, hadron, fizyon, füzyon, nükleer, büyük patlama, kozmik ışınlar, karanlık madde, karanlık enerji, ızaftiyet, görelilik, pozitron, termodinamik, DNA, RNA, ışık hızı, süpernova, solucan deliği, katalizör, santrifüj, kimyasal reaksiyon, elektromanyetik, elektromanyetizma, inorganik kimya, izomer, anatomi, antibiyotik, bakteri, biyoteknoloji, kolestrol, genom, moleküler biyoloji, nörobiyoloji, nörobilim, patoloji, farmakoloji, prokaryot, ribozom, crispr, krispir, crispr, antibiyotik, bilim, nobel, AKN, adil kullanım kotası, bilim insanı, uzay istasyonu, insansız uzay aracı, iha, gökbilimciler, gökbilimci, diyabet, galaksi, uzay teleskobu, büyük veri, yüksek teknoloji</i>
<i>SPOR</i>	<i>asist, penaltı, defans, smaç, faul, şut, hakem, gol, kaleci, korner, rövaşata, UEFA, lig, ofsayt, şut, steps, ribaund, deplasman, turnuva, fair play, antrenör, hazırlık maçı, hat trick, oyun kurucu, galatasaray, fenerbahçe, beşiktaş</i>
<i>DİĞER</i>	<i>pasaport, akrostiş, alafranga, argo, asalet, betimleme, biyografi, fıkra, gazel, kafiye, kaside, şiir, mahlas, masal, roman, satranç, şarkı, akustik, magazin, acun, altın kelebek, demet akalın, ahmet kural, sıla, Seyahat Acentası, Konaklama, Rezervasyon, resepsiyon, suit oda, tek kişilik oda, film, dizi, cilt bakımı, hava durumu, tik tok, müzik, şarkı, yılbaşı, necip fazıl, kim milyoner olmak ister, namık kemal, flört, fragman</i>

3.2. Sınıflandırma Algoritmaları

Eğitim setleri oluşturulduktan sonra, bu eğitim setlerinden model oluşturmak için; Naive Bayes, K-En Yakın Komşu Algoritması (KNN- K-Nearest Neighbors), C4.5, Destek Vektör Makineleri (SVM- Support Vector Machine) ve Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmaları (SMO- Sequential Minimal Optimization) olmak üzere beş adet makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır.

Basit ve kullanımı kolay bir sınıflandırıcı olarak tercih edilen Naive Bayes, temel istatistiksel sınıflandırıcılardan birisi olup ismini ünlü matematikçi Thomas Bayes'ten almıştır. Naive Bayes teoreminde her bir öznelik, verilen sınıf içerisinde diğerlerinden bağımsız olarak kabul edilmektedir [6].

Destek Vektör Makineleri, sınıflandırma ve regresyon analizi için kullanılan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Bu algoritma, iki sınıfı ayıran ve sınıflandırmayı yapmak için her sınıftan destek vektörleri adı verilen, az sayıda örneği seçip en yüksek kenar boşluğunu bulmaya çalışmaktadır [7].

K-En Yakın Komşu Algoritması (KNN- K-Nearest Neighbors), sınıflandırma için kullanılan bir diğer makine öğrenmesi algoritmalarından biridir. Veriler arasındaki uzaklığa bağlı olarak sınıflandırma işlemine dayanır. Sınıflandırılacak olan verinin en yakın "k" adet verisine bakılır. Bu mesafede, en çok olan hangi veri varsa tahmini yapılacak olan sınıfta bu verilere göre belirlenir [8].

C4.5, Ross Quinlan tarafından geliştirilen bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Bilgi entropisi yardımıyla eğitim setinden, ikili karar ağacı oluşturan C4.5 algoritması, eğitim süreci nispeten uzun olan, test süreci ise oldukça hızlı olan bir sınıflandırıcıdır [15].

Ardışık Minimal Optimizasyon algoritması [16], 1998 yılında makine öğrenmesi algoritmalarından, Destek Vektör Makinesi algoritmasına alternatif olarak ortaya çıkmıştır. Destek Vektör Makineleri algoritmasını eğitmek, büyük ve karmaşık sorunların çözülmesini gerektirir. Bu büyük karmaşıklık kuadratik programlama (KP) olarak isimlendirilmektedir. Ardışık Minimal Optimizasyon algoritması, bu büyük KP problemini, küçük parçalara böler. Bu parçalar analitik olarak çözülür ve optimizasyonun daha hızlı olmasını sağlar.

4. Deneysel Sonuçlar

Hazırlanmış olan eğitim setlerinden; Naive Bayes, K-En Yakın Komşu, C4.5, Destek Vektör Makineleri ve Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmaları ile modeller oluşturularak testler yapılmıştır. Eğitim setinden oluşturulan modellerin başarımlarının ölçülebilmesi için, doğruluk ve kappa ölçütleri baz alınmıştır. Eğitim setlerindeki örnek sayılarına bağlı olarak elde edilen başarımlar, cinsiyet eğitim seti için Tablo 6' da ve benzer şekilde, ilgi alanı eğitim seti için Tablo 7' de verilmiştir.

Tablo 6. Cinsiyet Eğitim Seti Doğruluk ve Kappa Değerleri

	Eğitim Seti	NB		SMO		KNN		C4.5		SVM	
		Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa
1	300	86.0	0.79	98.3	0.97	82.3	0.73	97.6	0.96	44.6	0.17
2	600	87.6	0.81	98.8	0.98	83.0	0.74	98.1	0.97	44.0	0.16
3	900	88.5	0.82	99.4	0.99	86.4	0.79	98.4	0.97	47.1	0.20
4	1.200	89.9	0.84	99.4	0.99	88.0	0.82	98.4	0.97	48.4	0.22
5	1.500	90.2	0.85	99.8	0.99	87.3	0.81	98.4	0.97	48.6	0.23
6	1.800	90.6	0.85	99.9	0.99	86.8	0.80	98.7	0.98	49.2	0.23
7	2.100	90.5	0.85	99.9	0.99	86.7	0.80	98.9	0.98	49.9	0.24
8	2.400	90.7	0.86	99.9	0.99	87.3	0.81	99.0	0.98	50.9	0.26
9	2.700	91.1	0.86	99.9	0.99	87.6	0.81	99.0	0.98	51.5	0.27
10	3.000	91.2	0.86	99.9	0.99	88.0	0.82	99.4	0.99	51.1	0.26
11	3.300	91.0	0.86	99.9	0.99	88.3	0.82	99.4	0.99	52.1	0.28
12	3.600	91.0	0.86	99.9	0.99	88.4	0.82	99.3	0.99	52.4	0.28
13	3.900	91.3	0.87	99.9	0.99	88.5	0.82	99.4	0.99	51.7	0.27
14	6.000	91.3	0.86	99.9	0.99	89.8	0.84	99.6	0.99	54.2	0.31
15	9.000	91.0	0.86	99.9	0.99	90.3	0.85	99.4	0.99	56.6	0.34
16	15.000	91.2	0.86	99.9	0.99	91.1	0.86	99.6	0.99	60.2	0.40
17	45.000	91.1	0.86	99.9	0.99	93.5	0.90	99.6	0.99	69.6	0.54
18	171.200	91.4	0.87	99.9	0.99	95.7	0.93	99.4	0.99	81.9	0.72

Eğitim setindeki örnek sayılarının, sınıflara göre dengeli olması durumu önem arz etmektedir. Eğer eğitim seti dengeli değil ise örnek sayısı fazla olan sınıf lehine bir yanlılık oluşacak ve bu da başarımlar ölçütlerine yansımaya sebep olacaktır. Bu sebeple yapılan çalışmada buna önem verilmiş ve bu durumun önüne geçmek için mümkün olduğunca tüm eğitim setleri dengeli olarak hazırlanmıştır. Verilerin 300, 600, 900 gibi örnek sayısı içerecek şekilde hazırlanmıştır. Örneğin, örnek sayısı 300 adet olan eğitim seti ele alınırsa, eğitim setinin dengeli olması için bunun 100 adedi *erkek*, 100 adedi *kadın* ve 100 adet *diğer* sınıftan alınmıştır.

Tablo 6’ da artan şekilde örnek sayısına sahip olan cinsiyet eğitim setlerinin, tüm algoritmalar için başarımlarını sonuçları verilmiştir. Destek Vektör Makineleri algoritmasının, eğitim seti örnek sayısı 45.000 olduğu halde bile düşük sınıflandırma başarımına olduğu görülmektedir ancak eğitim seti örnek sayısı yaklaşık 4 katına çıkarıldığı durumda kabul edilebilir sınıflandırma başarımı seviyesine ulaşabilmiştir. Ancak geri kalan diğer algoritmaların, eğitim seti örnek sayısının 3.000’ den başlayarak yüksek sınıflandırma başarımına ulaştığı görülmektedir. 45.000 örnek sayısında ise başarımlarının doğruluk ölçütü ele alındığında yaklaşık %90 ile %99 arasında olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlarda, kappa değeri ve doğruluk ölçütünün uyumlu olduğu söylenebilir.

Tablo 7. İlgili Alanı Eğitim Seti Doğruluk ve Kappa Değerleri

	Eğitim Seti	NB		SMO		KNN		C4.5		SVM	
		Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa	Doğruluk (%)	Kappa
1	3.000	83.50	0.80	67.00	0.60	88.50	0.86	88.36	0.86	47.90	0.37
2	6.000	86.31	0.83	65.23	0.58	89.63	0.87	89.18	0.87	65.38	0.58
3	12.000	83.60	0.80	74.55	0.69	91.21	0.89	89.29	0.87	74.42	0.69
4	18.000	81.68	0.78	77.80	0.73	91.51	0.89	89.81	0.81	81.03	0.77
5	24.000	83.39	0.80	78.04	0.73	92.06	0.90	90.32	0.88	83.42	0.80
6	30.000	85.09	0.82	78.52	0.74	92.16	0.90	90.69	0.88	84.76	0.81
7	36.000	85.04	0.82	80.10	0.76	92.53	0.91	91.18	0.89	84.84	0.81
8	42.000	85.29	0.82	80.60	0.76	92.65	0.91	91.43	0.89	86.04	0.83
9	48.000	85.28	0.82	81.28	0.77	92.69	0.91	91.72	0.90	86.39	0.83
10	54.000	85.12	0.82	80.75	0.76	92.54	0.91	91.71	0.90	86.93	0.84
11	60.000	85.00	0.82	80.86	0.77	92.49	0.90	92.06	0.90	87.64	0.85
12	66.000	85.14	0.82	81.39	0.77	92.69	0.91	92.20	0.90	88.73	0.86
13	72.000	85.06	0.82	81.56	0.77	92.74	0.91	92.17	0.90	89.08	0.86
14	78.000	84.62	0.81	81.72	0.78	92.94	0.91	91.92	0.90	89.26	0.87
15	84.000	84.47	0.81	81.66	0.77	93.03	0.91	92.11	0.90	89.69	0.87
16	90.000	84.79	0.81	81.90	0.78	93.18	0.91	92.14	0.90	90.07	0.88

Tablo 7’ de ilgili alanı eğitim setinin doğruluk ve kappa değerleri görülmektedir. Tabloda 12.000 eğitim seti örnek sayısına kadar sınıflandırma başarımı en düşük olan algoritmanın Destek Vektör Makineleri olduğu görülmektedir. Bunun nedeni Destek Vektör Makineleri algoritmasının, nispeten daha yüksek eğitim seti örnek sayısına ihtiyaç duymasıdır. Destek Vektör Makineleri algoritmasının, eğitim seti örnek sayısı 90.000’ e çıkarıldığında Naive Bayes ve Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmalarına göre daha yüksek sınıflandırma başarımına sahip olduğu görülmektedir. Doğruluk ölçütü olarak %93,18 değeri ile en yüksek sınıflandırma başarımı sağlamış olan algoritma ise K-En Yakın Komşu algoritması olmuştur. Tüm bu ilgili alanı eğitim setleri için algoritmaların 30.000 eğitim seti örnek sayısında kabul edilebilir sınıflandırma başarımına ulaştığı görülmektedir. Tablo 7’ de görüldüğü üzere eğitim seti örnek sayısının 30.000 daha fazla olması sınıflandırma başarımlarına çok fazla katkı sağlamamaktadır.

Çalışmada; ayrıca cinsiyet sınıflandırma için 59.750 adet eşsiz kullanıcı eğitim seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğitim setinin de aynı algoritmalar ile testleri yapılmıştır. Bu eğitim seti için elde edilen sonuçlar Tablo 8’ de verilmiştir. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde aynı kullanıcının farklı tweetlerinin de bulunduğu eğitim seti sonuçları ile bir kullanıcının tek bir tweetini içeren eğitim seti sonuçları arasında anlamlı bir değişiklik olmadığı görülmektedir.

Tablo 8. Eşsiz Kullanıcı Eğitim Seti Doğruluk ve Kappa Değerleri

	Doğruluk (%)	Kappa
NB	90.9	0.85
SMO	99.9	0.99
KNN	92.6	0.88
C4.5	99.8	0.99

5. Sonuç

Bu çalışmada, Twitter’den paylaşılan tweetler ile kullanıcıların cinsiyetleri ve atılan tweetlerin ilgili alanlarının tahmininin yapılması amaçlanmıştır. Farklı makine öğrenmesi algoritmaları ile ilgili alanı ve cinsiyet tahmini için oluşturulmuş eğitim setlerinden elde edilen modellerin başarımları test edilip, belirlenen algoritmaların bu eğitim setleri için sınıflandırma başarımının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Eğitim setlerinin birden fazla algoritma ile test edilmesinin sebebi, her bir algoritmanın çalışma prensibinin farklı

olmasındandır. Deneysel sonuçlarda görüldüğü üzere; Naive Bayes, K-En Yakın Komşu Algoritması, C4.5, Destek Vektör Makineleri ve Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmaları kullanılmıştır. Cinsiyet eğitim setinde %99,9 doğruluk değeri ile Ardışık Minimal Optimizasyon algoritması ve ilgi alanı eğitim setinde ise %93,18 doğruluk değeri ile K-En Yakın Komşu Algoritması en yüksek başarıyı sağlayan algoritmalar olmuştur. Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmasının sınıflandırma başarımının doğruluk değerinin yüksek olmasının sebebi, eğitim seti için az örnek sayısı ile yüksek başarımla sağlamasıdır. Ardışık Minimal Optimizasyon algoritmasında, matris algoritması kavramı olmadığı için problemi daha az duyarlılıkla çözebilmektedir. Aynı şekilde cinsiyet eğitim setinde, 45.000 örnek sayısına sahip eğitim seti için doğruluk değeri yüksek olmayan algoritma olan Destek Vektör Makineleri, derin öğrenme mantığı ile çalışmasından dolayıdır. Destek Vektör Makine algoritmasının çalışma mantığı, eğitim seti için çok miktarda örnek sayısına ihtiyaç duymaktadır.

Yapılan bu çalışmayı daha ileri seviyeye taşımak için, cinsiyet ve ilgi alanı eğitim setlerini birleştirip kullanıcıların hem cinsiyetini hem de kullanıcıların ilgi alanlarını doğru tahmin edebilecek modeller geliştirilebilir.

Kaynakça

- [1] Parantapa Bhattacharya, Muhammad Bilal Zafar, Niloy Ganguly, Saptarshi Ghos, Krishna P. Gummadi, “Inferring User interests in the Twitter Social Network”, In: Proceedings of the 8th ACM conference on recommender systems. ACM, pp 357–360, 2019.
- [2] Mounica Arroju, Aftab Hassan, Golnoosh Farnadi, “Age, Gender and Personality Recognition using Tweets in a Multilingual Settings”, in CLEF 2015 working notes, Toulouse, France, 2015.
- [3] Zach Wood-Doughty, Nicholas Andrews, Rebecca Marvin, Mark Dredze, “Predicting Twitter User Demographics from Names Alone”, Association for Computational Linguistics, USA, pp. 105-111, 2018.
- [4] J.V.P.S Avinash and Rakshith Muniraju and Shreyas Shaligraman, “Gender Classification using Twitter Feeds”, CS-552-Advanced Data Mining – Final Project, Illinois Institute of Technology, Chicago, 2017.
- [5] Mohsen Sayyadiharikandeh, Giovanni Luca Ciampaglia, Alessandro Flammini, “Cross-domain gender detection in Twitter”, Indiana University, School of Informatics and Computing, USA, pp. 39-54, 2019.
- [6] A. McCallum, and K. Nigam, “A comparison of event models for Naïve Bayes text classification,” AAI-98 Workshop on Learning for Text Categorization, pp. 41–48, 1998.
- [7] C. Cortes, and V. Vapnik, “Support-vector networks,” Machine Learning, vol. 20, pp. 273-297, 1995.
- [8] S. Zhang¹, M. Zong¹, X. Zhu¹, X. Li², R. Wang³, “Efficient KNN Classification With Different Numbers of Nearest Neighbors”, IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems, vol. 29, Issue: 5, May 2018.
- [9] Bhattacharya P, Bilal Zafar M, Ganguly N, Ghosh S, Gummadi P.K, “Inferring User Interest in Twitter Social Network”, IIT Kharagpur MPI-SWS, Germany, pp. 6-10, 2014.
- [10] Efstratios Kontopoulos, Christos Berberidis, Theologos Dergiades Nick Bassiliades, “Ontology-based sentiment analysis of twitter posts”, vol. 40, Issue 10, pp. 4065-4074, August 2013.
- [11] Sitaram Asur, Bernardo A. Huberman, “Predicting the Future With Social Media”, 11636305, IEEE, Toronto, ON, Canada, 01 November 2010.
- [12] Aron Culotta, "Towards detecting influenza epidemics by analyzing Twitter messages", Department of Computer Science, Southeastern Louisiana University, Hammond, LA 70402, 2010
- [13] Juan M. Soler, Fernando Cuartero, Manuel Roblizo, "Twitter as a Tool for Predicting Elections Results", IEEE, Istanbul, Turkey, 04 February 2013.
- [14] Shereen Hussein, Mona Farouk, ElSayed Hemayed, "Gender identification of egyptian dialect in twitter", vol. 20, Issue 2, pp. 109-116, July 2019.
- [15] Edy Budiman, Haviluddin, Nataniel Degan, Awang Harsa Kridalaksana¹, Masna Wati, Purnawansyah, “Performance of Decision Tree C4.5 Algorithm in Student Academic Evaluation”, Faculty of Computer Science and Information Technology, Mulawarman University, Samarinda, Indonesia, Computational Science and Technology, pp. 380-389, 2018.
- [16] S.S. Keerthi, E.G. Gilbert, “Convergence of Generalized SMO Algorithm for SVM Classifier Design”, Dept. Of Mechanical and Production Engineering University of Singapore, pp. 351–360, 2002.



The Impacts of Mental and Physical Fatigue of Employees on the Perception Level and the Risk of Accident

Ahmet Taşdelen¹, Alper Özpinar^{2*}

¹Department of Occupational Health and Safety, Istanbul Commerce University, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-3013-2728)

²Department of Mechatronics Engineering, Istanbul Commerce University, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-1250-5949)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820996)

ATIF/REFERENCE: Tasdelen A. & Ozpinar A. (2020). Perception of Mental and Physical Fatigue Effect and Risk of Accident, European Journal of Science and Technology, (Special Issue), 195-205.

Abstract

The sources of work accidents identified in the root cause analysis are dangerous behaviors and dangerous occurrences. Despite the studies, improvements, and arrangements made on this subject in recent years, the status of the matter has not been improved until today, and the rates of occurrences have almost remained the same. In the accident root cause studies conducted, the findings suggest that the human factor is the leading cause of accidents in the workplace. However, pointing out that the human factor alone is not enough to correctly examine the causes of these accidents. In the assessments performed, the physical and mental fatigue and psychological conditions of the workers are generally excluded from the studies. Despite this, the perceptual deficit that arises from fatigue and insomnia plays a significant role in the occurrence of accidents or near-miss incidents. These fluctuating changes in the mental and physical well-being of the worker overtime often go unnoticed by both the employee and the employer. By regularly monitoring the components of this state of well-being, within the scope of occupational health and safety, it must be aimed at proactive and preventive protection of the health and safety of employees in the workplace concerning the environment, equipment, and individual/team. In this study, a roadmap developed for the prevention of near-miss incidents or accidents that may occur due to changes in decision-making skills, risk-taking behaviors, and reaction time of employees due to deterioration in the perception levels of them, and a matching matrix regarding the Occupational Health and Safety (OHS) processes are presented.

Keywords: The root cause of the accident, mental fatigue, fatigue, insomnia, perception

Çalışanın Zihinsel ve Fiziksel Yorgunluğunun Algı Üzerindeki Etkisi ve Kaza Riski

Öz

İş kazalarında kaza kök analizinde oluşum kaynağının tehlikeli davranışlar ve tehlikeli durumlar olduğu bilinmektedir. Geçen yıllar boyunca yapılan araştırma, çalışma, iyileştirme ve düzenlemelere rağmen bu oranlarda iyileşmeler yeterince olmamış ve neredeyse aynı şekilde günümüze kadar gelmiştir. Kaza kök neden çalışmalarında en büyük etki olarak insan faktörüne ulaşılmaktadır. Ancak insan faktörünü işaret ederek kök nedenin burada bitmesi doğru değildir. Ramak kala veya kaza oluşumunda çalışanın fiziksel ve zihinsel yorgunluğu ve psikolojik durumu genellikle incelenme dışı bırakılmaktadır. Oysa ki yorgunluk, uykusuzluk sonucu oluşan algı sapması; olayın gerçekleşmesinde önemli bir rol oynamakta, ancak dönemsel meydana gelen bu değişiklik, çoğu zaman hem çalışan hem de iş veren tarafından göz ardı edilmektedir. Bu durumun düzenli takip edilerek, bileşenlerin, çalışanların iş yerinde çevre, ortam, ekipman ve birey/takım kapsamında proaktif ve önleyici olarak korunmalarını hedeflenmelidir. Bu makalede çalışanın algısında oluşan sapmaların karar verme, risk alma ve reaksiyon süresindeki değişimlerin sonucunda oluşacak ramak kala veya kaza riskinin önlenmesine yönelik geliştirilmiş olan bir yol haritası ve İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) süreçleri ile eşleşme matrisi sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kaza kök nedeni, zihinsel yorgunluk, yorgunluk, uykusuzluk, algı

* Corresponding Author: Department of Mechatronics Engineering, Istanbul Commerce University, İstanbul, Turkey, ORCID: 0000-0003-1250-5949, aozpinar@ticaret.edu.tr

1. Introduction

Consumption needs to rise with the growing population and the increase in production. Thus it becomes inevitable to meet up with this demand. Technology is advancing rapidly nowadays. This advancing technology makes change inevitable, and it brings along the circumstances, such as the development of new practices, transformation of the machines, increase of efficiency and shortening of the duration of processes. The increase in the rate of production and the pace of daily life is causing a growing pressure and stress on the employee. With escalating production, the risk of accidents or incidents increases. Despite this negative picture, developing technology and science offer new options and means for the prevention of possible dangers and accidents. Therefore, the importance of occupational health and safety is increasing day by day.

Occupational accidents or occupational diseases are significant social phenomena that should also be evaluated within their social dimensions, as well as with their economic effects and thus impact the development of the country in several ways. According to the International Labor Organization (ILO), approximately 2.3 million people die each year from occupational diseases and accidents. Besides, 860.000 occupational accidents are happening each day around the world, and many injuries and deaths occur as a consequence. The direct or indirect costs of occupational diseases and occupational accidents are estimated at USD 2.8 trillion worldwide [1].

In our country, progress has been made thanks to many actions taken related to OHS, but despite these duties performed, the desired level of improvement in the rate of accidents and deaths could not be achieved. This situation shows us that it should be questioned whether the problem is being considered from the right angle. In Figure 1, it is seen that the number of employees who died due to occupational accidents and diseases in 1997-2017 continued at the same levels, without a decrease. When we look at the number of accidents, there has been an increase of 282.1% in the five years between 2012 and 2017 (Figure 2) [2].

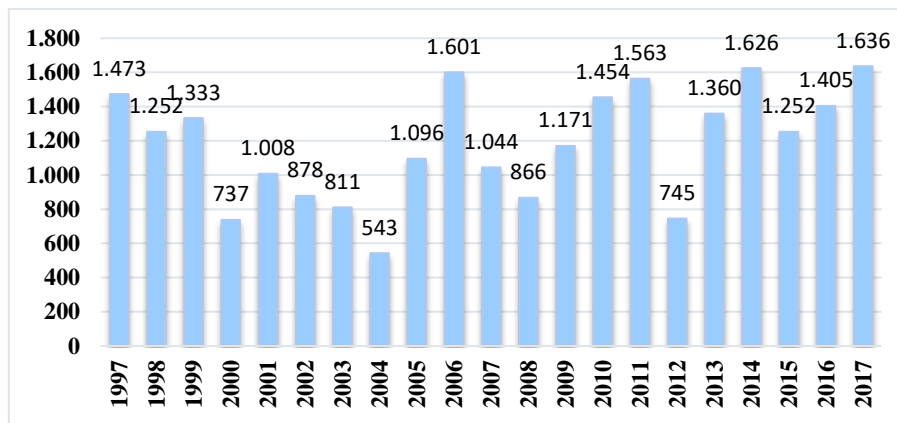


Figure 1. Deceased employees due to occupational accidents or diseases in Turkey (1997-2017)

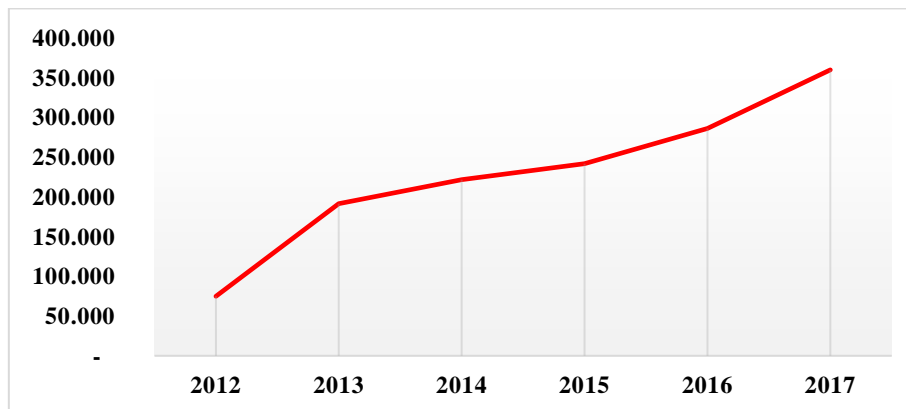


Figure 2. Number of Occupational Accidents Occurred in Turkey (2012-2017)

When the 28 member states of the European Community are taken together, it is seen that the average rate of occupational accidents resulting in death is 1.65 accidents per 100,000 employees. However, this ratio is higher about three times in Turkey, and 4.7 fatal occupational accidents occur per 100,000 workers each year (Figure 3) [3].

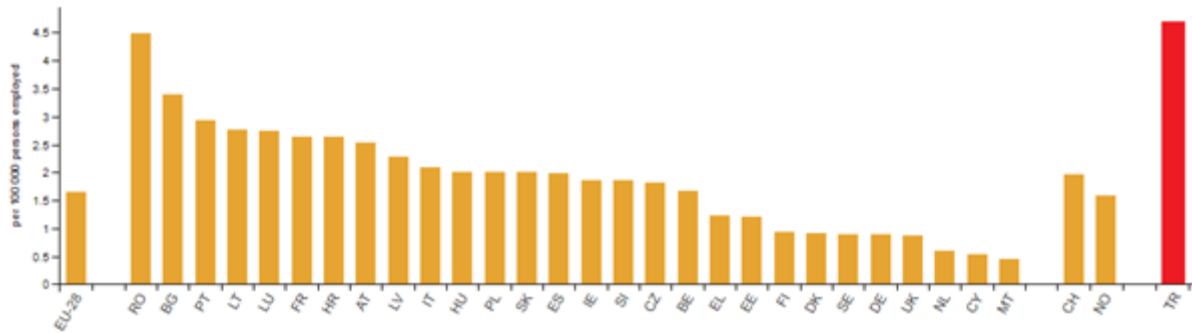


Figure 3. Fatal Occupational Accidents Occurred in Europe vs. Turkey in 2017 (per 100.000 workers)

According to the assessments performed, it is accepted that 88% of occupational accidents arise from dangerous behaviors, 10% from dangerous occurrences, and 2% from unavoidable causes [4]. It has been determined that human or human-related, or both factors are the main causes of most occupational accidents in various industries. Many studies quantitatively put forward the critical role of the human factor in this regard [5].

- 90% of nuclear accidents,
- 80% of chemical processing accidents,
- 75-96% of marine accidents,
- 70% of aviation accidents in the European Union [6],
- 75% to 96% of occupational accidents in Europe,
- More than 94% of the accidents at oil and gas refineries in countries such as the United States [7] and Iran occur due to human-related factors.

Therefore, the prevention of human-related factors plays an important role in reducing accidents and ensuring workplace safety. Managing human error is increasingly important to reduce the risks associated with loss of production, asset damage, environmental pollution, and death in various industries.

Given that human-related factors cause most accidents, it is an absolute necessity to review these errors in accident investigations to prevent similar accidents in the future. In this respect, it is a necessity to include human-related factors in accident analysis models for the effective prevention of accidents [7]. There are various methods commonly used to evaluate human-related factors in occupational accidents. The Swiss Cheese Model, System-Theoretic Accident Model and Process (STAMP), Classification of Socio-Technical Systems [7], [11], System Dynamics, AcciMap, Human Factors Analysis and Classification System are examples of these models. Among the models developed, "Human Factors Analysis and Classification System" is the most widely used model, specially designed to investigate human-related and organizational factors' contribution to an accident.

Accidents that arise from human-related factors are grouped under five behavioral topics following. The cause of an accident may be related to more than one of these topics [4]:

- Distraction
- Involuntary misconduct (lack of training, experience or the inability, or both to assess the presence of critical situations when necessary)
- Desire to take the easy way
- Violation of the rules
- Being affected by the environment (neglect, disorder, insufficiency of the system and machines)

In preventing accidents, it is critical to distinguish the components of human-related factors and reveal their effects. It is seen that detecting these effects before an accident occurs will play a warning role in preventing many accidents from happening and will make it possible to prevent accidents.

Heinrich emphasized that traditions and the social environment may lead to errors, thus causes unsafe behaviors or situations or both, resulting in accidents, injury, or damage. He explained this course leading to accidents by comparing it to dominoes, with the following five main effect factors operating in this process [1].

- **Traditions, lineage and social environment**

Bad environment (high temperature, polluted air, noise), irregular working environment, open-ended unplanned work, the behavior of the team, managers not showing an exemplary behavior

- **Employee error**

Personal problems, bad habits, physical and mental condition, lack of knowledge, lack of skills, pressure, excessive willingness or overconfidence

- **Unsafe behaviors or situations, or both**

Unsafe behaviors: Using the machinery without proper authorization, working or using at an unsafe speed, removing or disabling protective equipment, working with a malfunctioning or inappropriate tools, making repairs or adjustments while the machine is running, working in an unsafe posture, not using personal protective equipment

Unsafe situations: Inappropriateness of protective equipment, such as lack of protection in works requiring protective equipment, unsafely designed machinery or tools, insufficient lighting or glare sources, sources of polluted air and inadequate ventilation

- **Accident**

- **Injury**

Every accident occurs due to these five leading causes lined up in a row. Unless one of the conditions is fulfilled, the next one does not happen, and the accident conditions do not emerge unless the sequence is completed.

Simple linear models assume that accidents are the result of a sequence of occurrences. Accordingly, it is possible to prevent the accident by eliminating one of the events, situations, or reasons that interact with each other linearly. However, complex linear models are based on the assumption of a combination-based cause-effect relationship of accidents. According to this approach, combinations of unsafe behaviors and hidden dangerous situations in the system bring about the accident (Figure 4).

According to the new generation's views on accident modeling, it is usually accepted that accident models should not be linear. In this context, accidents are considered to result from the complex relationships of combinations of collectively interacting variables. Today, it is better understood that accidents occur due to the mixture and interaction of multiple factors in real-world environments [12].

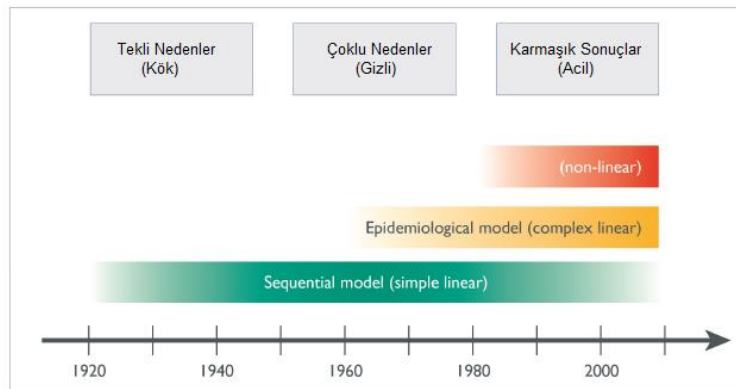


Figure 4. Summary of the history of accident modeling [12]

In this context, there is a 98% wide band that can be intervened to prevent accidents. It is foremost significant to focus on human behaviors in actions carried out on the factors included in this intervenable band. Thus, it will be possible to proactively prevent near-miss incidents or accidents by determining persons' accident risk potentials.

2. Material and Method

In order to prevent occupational accidents, the ecosystem that Industry 4.0 started to create can be defined as OHS 4.0[†] in the field of occupational safety. With OHS 4.0, the effect of human-oriented factors on the occurrence of accidents will be measured, and the results obtained will be used to prevent accidents.

2.1. The role of Perception in the Occupational Accident

[†] The use of computers, wearable technologies, remote monitoring systems, camera recognition systems, the internet of things (IoT), and artificial intelligence (AI) in the workplace to prevent accidents has led to the emergence of the concept of OHS 4.0.

The root causes of many accidents are directly or indirectly linked to the human factor. However, it is not usually assessed which components make of this "human factor", and why an employee actually might have caused this accident. When the processes before the accident are examined, it is seen that it is possible to recognize the factors causing the accident before the accident occurs. Accidents caused by human factors may have many reasons. It is observed that accidents can become inevitable due to the decrease in perception, prolonged reaction time, and taking high risks for the desire to finish the job as soon as possible due to one or a combination of reasons, such as mental and physical fatigue, diabetes, psychological reasons, and malnutrition.

Perception can be defined as the cognitive process that enables an individual to understand, feel, interpret, and react to what is happening around using sensory organs. The mental processing of what is perceived and the comparison of these perceptions with past experiences play a significant role in determining the reactions of individuals in daily life. Perception is a developing cognitive process, and its level can be increased due to exercise/experience. Perception enables us to predict not only the current situation but also the possible and future situations and reacts accordingly. The level of perception can change in both negative and positive directions depending on the physical and mental state of the person. If the person's psychological or physical condition is better than usual, there will be a positive change, and if it is worse, a negative change will occur on the perception level.

Studies show that approximately 80% of industrial accidents are entirely or partially caused by human actions [13]. When the events that occur due to human error and that have proportionately larger consequences are examined in a study, it is seen that

- 20-53% of the malfunctions of the US Air Force missile systems,
- more than 90% of air traffic control system errors,
- 82% of the production errors,
- 50-70% of malfunctions of electrical appliances,
- 25.8% of maintenance malfunctions,
- 16% of all critical incidents of the US Strategic Air Command

arise from human-induced factors.

One of the most compelling results obtained in this study on large-scale accidents is that 20% of the errors in the accidents have been overlooked in the evaluations carried out. In a study examining 135 ship failures around the world between 1926 and 1988, the findings showed that 24.5% of the malfunctions that occurred were directly caused by human error. Similarly, it has been determined that 47.4% of failures in boiling water reactors and 45.7% of failures in pressurized water reactors, resulting in accidents in nuclear power plants, were caused by human error [15].

2.1.1. Factors Affecting the Perception

The first studies to reduce occupational accidents were conducted in the 1800s on the sectors where injuries and deaths were more frequent, and the first measures were taken against them. These early studies were performed primarily in the mining sector, and later studies were conducted in the transportation sector, especially in trains and later in the nuclear power plants. Increasing technological developments and multidisciplinary studies on the subject have begun to be utilized to reduce accidents.

The study, which was presented at the International Conference on Fatigue Management in Transport Operations held in Boston in 2009, regarding the search for new ways of detecting disorders in human behavior in the workplace, is considered a significant step in understanding the necessity of monitoring the perception state of employees [16].

The perception level of employees may change due to many reasons, and it is possible to classify them into two groups as individual and environmental factors. Each subtitle in this classification is a complex and deep topic in itself, and each of them has a relative effect that varies from person to person. The perceptual factors table prepared by the Australian State of Victoria, Department of Health and Human has been improved and rearranged (Table 1 and Table 2) [17].

Table 1. Individual Factors Affecting the Perception Level

Individual Factors		
<i>Biological Factors</i>	<i>Psychological Factors</i>	<i>Lifestyle</i>
Genetics	Personality characteristics	Nutrition
Gender	Cognition	Sleep environment
Age	Behavior patterns	Recreational activities
Temperament	Reactions to stressors	Second job
Health	Stress management	Habits
	Medication	Traumas
	Disease	Weather condition
		Substance use

Table 2. Environmental Factors Affecting the Perception Level

Environmental Factors	
Job	Social environment
Duty	Family
Time and duration	Marriage or
Shift and Rotation	Ethnic status
Prediction	Economic status
Time	Culture
Environment	Religion
Co-workers	
Time pressure	
Accidents and incidents	

According to the tables prepared by the Australian State of Victoria, Department of Health and People (Table 3) [17], fatigue symptoms are categorized as physical, mental, and emotional symptoms.

Table 3. Symptoms of Fatigue

Physical Symptoms	Mental Symptoms	Emotional Symptoms
Slowed reaction time	Difficulty	Social withdrawal
Lack of energy	Attention deficiency	Lack of motivation
Staggering while	Slow reactions	Irritability
Eyelids feeling heavy	Problems	Low morale
Drowsing off	Making mistakes	Emotional sensitivity
Small nap was taken	Weak decision making	Unwillingness
	Difficulty	

The employee can experience at least one or more of these symptoms periodically or during the day. In this case, although the symptoms may appear to be the employee's characteristics, it is also possible for the individual to show them only depending on the current conditions and conditions.

While many reasons play a role in the emergence of mental and physical fatigue, mostly encountered factors from the perspective of the employee are:

- Prolonged or intense mental or physical activity
- Sleep deprivation or sleep disturbances
- Travel
- Organizational change
- Irregular work scheduling or excessively long shifts
 - Strenuous activities
 - Long journeys to and from work
 - Extremely hot or cold working environments

According to the review written by Anne-M. N. in 2004, the employees with the highest risk of fatigue are [18]:

- Shift workers
- Night workers
- Seasonal workers
- Employees on call
- Emergency service workers
- Medical specialists and other healthcare professionals

Many factors may affect perception. Sometimes, this is a single factor, and sometimes, it can be a group of multiple-factors with a considerable effect of synergy. These factors may lead to several problems in the body and cause the perception to be negatively affected.

2.1.2. Fatigue, Sleep, and Perception

Fatigue is a multi-faceted factor addressed by different research areas and specialties, such as exercise physiology, cognitive psychology, human factors, engineering, and medicine. Different disciplines working on this issue have not reached a consensus on the definition of fatigue. Thus, the concept of fatigue can encompass an experiment term, a symptom, a risk, a cause (e.g., decreased performance), or a consequence (e.g., sleep deprivation) without a precise context.

Fatigue is typically defined as "excessive and persistent tiredness, weakness" or "exhaustion, including mental, physical, or both" [19].

Psychology investigates fatigue concerning subjective perception, well-being, cognitive performance, and the sleep-wake relationship of the neurophysiological conditions underlying them. In the field of exercise physiology, fatigue has traditionally been defined as "an acute disturbance of exercise performance that results in the inability to produce maximum power output due to possible metabolite accumulation or substrate depletion at the peripheral level" [20]. According to the Turkish Neurological Society, "sleep is an active period that covers one-third of our lives and is important for us to renew our mental and physical health every day" [21]. Similarly, according to the Turkish Thoracic Society, sleep is "a state of rest where the consciousness does not perceive some or all of external stimuli, the reaction power is weakened and the activity of many organs in our body is greatly reduced" [22]. In summary, we can define sleep as a naturally recurring state of mind and body with changes in consciousness, relatively suppressed sensory activity, reduction or prevention of muscle activity, and reduced interactions with the environment.

Our body utilizes the circadian rhythm to regulate its sleeping time. The circadian rhythm is a 24-hour internal clock cycle that works at the background of consciousness and provides regular alternation between sleepiness and wakefulness. It can also be defined as the repetition of our body's biochemical, physiological, and behavioral mechanisms in a routine. In summary, it is also considered as our sleep/wake cycle.

For most adults, the greatest decline in bodily energy occurs in the middle of the night (usually between 2:00 and 4:00 during REM sleep), and right after lunch (between 13:00 and 15:00, people tend to take a nap after lunch). However, the drops in the energy of an individual who sits up late or wakes up in the morning before the sun or with the sun may occur at different times.

Part of the hypothalamus controls the circadian rhythm. However, external factors, such as light and dark, may also affect the circadian rhythm. When it is dark at night, our eyes send a signal to the hypothalamus that it is time to feel tired. Thereupon, the brain sends a signal to release melatonin, a hormone that causes the feeling of tiredness to the body. Thus, periods of wakefulness and sleep in the circadian rhythm tend to coincide with the cycle of day and night. This is why the difficulties in the life pattern in which shift workers sleep during the day and stay awake at night (Figure 5) [23].

Circadian rhythm gives the best performance results in the body when regular sleep habits, such as going to bed at night and waking up at the same time of the day (including weekends), are present. Situations such as jetlag and blue light exposure and activities, such as watching TV, surfing on the internet, doing strenuous exercise, may disrupt the circadian rhythm. This situation causes the person to feel bad during the day and makes it difficult to provide and maintain attention.

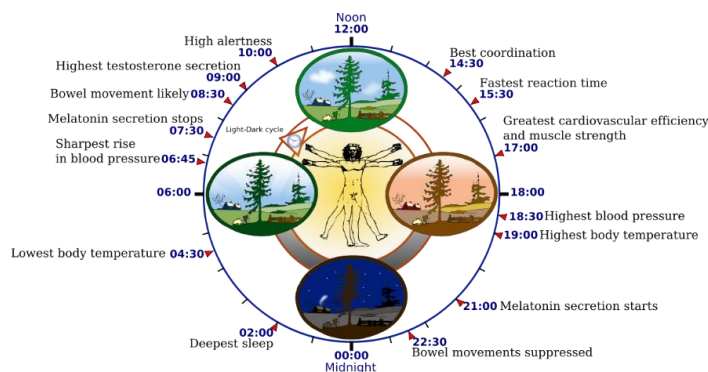


Figure 5. The Circadian Rhythm [23]

It is observed that one or more of the following individual factors that are affected by the sleep deprivation directly affect the person's behavior:

- Mood/Communication
- Memory/Alertness
- Reaction Time
- Problem Solving Skills
- The tendency of Risk-Taking
- Operational Performance

Physical fatigue decreases by sleeping, but unfortunately, mental fatigue does not alleviate with sleep.

Generally, drowsiness increases as an individual staying awake. This circumstance is related to the accumulation of a chemical called adenosine in the brain. This accumulation acts as a signal telling that the sleep is needed in our brain. As adenosine levels increase throughout the day, a strong behavioral urge to sleep begins to emerge. Due to adenosine accumulation, it is normal for people to fall asleep while watching TV or reading just before going to bed. The adenosine level decreases as the person sleeps; thus, its effect on triggering the sleep decreases.

2.2. Perception Tests

Psychological and neurological conditions of people are checked by subjecting them to various tests. However, these tests are generally applied in work environments that are considered to be problematic or risky. Employees' situational behaviors are accepted as a natural part of daily life, not enough attention is paid, and therefore such tests are not applied regularly to them.

Cognitive ability assessments are a form of tests used to measure each cognitive skill. These tests evaluate how well the applied person uses a wide variety of mental processes, such as reading comprehension, working with numbers, finding solutions to problems, abstract thinking, and learning and applying new information. Generally, these types of cognitive tests can be categorized into three groups:

2.2.1. Verbal

Verbal tests evaluate reading comprehension and general understanding skills of the person. This type of evaluation is applied to determine how well the person to whom the test is administered can obtain/understand/recognize important details and express the relevant information. Typically, a text is given to the test taker, and then, true or false statements are presented in a multiple-choice form.

- Visual/Verbal Analogy: Finding the relationship between two concepts
- Sentence Completion
- Visual/Verbal Classification: Classification of a certain concept according to its relation to other concepts.

2.2.2. Quantitative

Quantitative tests are classified as numerical and logical tests in itself.

Numerical: The numerical assessment tests are designed to measure the person's ability to work with numbers correctly. In these tests, ratios, number strings, percentages, graphs, and statistical tables are given, and the test person must answer the questions using the numbers.

Logical: In logical tests, it is measured how well the test person can interpret the given patterns, number sequences and figures to evaluate to what extent the abstract concepts and ideas are handled. These tests measure critical thinking skills, risk management skills, and ability to manage complex tasks.

- Number Analogy: Finding the relationship between a given pair of mathematical concepts
- Number Series: Completing the sequence by finding the underlying link
- Visual/Verbal Classification: Categorization of given concepts according to the relationship between them

2.2.3. Non-Verbal

Spatial skills, learning agility, and especially perceptual speed and accuracy are essential topics to be evaluated in non-verbal tests. Particularly in recruitment or when a new assignment is given, it is crucial to determine an individual's suitability for the task at hand. Non-verbal tests are used in this context to predict how well a potential employee will follow instructions and how they will communicate with colleagues and to measure his/her cognitive abilities.

Spatial Ability: In spatial ability tests, three-dimensional objects are shown to the person who is tested, and they are asked to reconstruct these objects mentally. In this way, how the individual reacts in continually changing environments and adapting to the environment is measured.

Learning Agility: These tests are carried out to determine how well the person learns from their experiences and whether they apply this information correctly in the face of a new situation. In this way, how the individual reacts and adapts to the environment is continually changing environments is measured.

Perceptual Speed and Accuracy: With these tests, cognitive skills related to short-term memory are evaluated, and reasoning and decision-making abilities are measured. These tests assess how well an individual learns, processes, remembers and re-expresses information.

- Shape Categorization: Choosing the most appropriate shape or figure for a particular category
- Paper Folding: Determining the result of the shape of a hole-punched paper after folding it in a certain way

Many studies have been conducted on the skill of perceptual speed and accuracy. Products related to the advancement of these skills have been developed, and significant studies are also being conducted on developing these products. William L. Rankin (Boeing employee) conducted substantial studies on sleep habits for the US Federal Aviation Administration (FAA) between 1998-2000. In these studies, the sleeping habits of actively working aircraft technicians in the USA were evaluated. Due to the examination of approximately 50,000 hours, it was determined that the technicians were having an average of five hours and five minutes of sleep per day, although they had to sleep eight hours a day. [24]. After this study, Boeing Alertness Model (BAM) was developed by Jeppesen, one of the subsidiaries of the Boeing Company [25].

Military psychology is a specialized discipline in applied psychology. It is generally accepted that psychological sciences should be used for military operations, systems, and personnel. Thus, these methods are utilized in the armies of many countries. The first specialized institutions in this field were formally established in England and the USA during World War I. Since this period, psychological and neuropsychological trauma has been recognized as part of many early military concepts and interventions. In addition, the psychological assessment provided a basis for the selection of military personnel. During and after the Second World War, military psychology continued to contribute to aviation psychology, cognitive testing, rehabilitation psychology, and many psychotherapy models. Military psychology today consists of several sub-specialties, including clinical, research, and occupational psychology, and the equivalent of this specialization is called industrial/organizational psychology in the United States. In this context, the SAFTE (Sleep, Activity, Fatigue, and Task Effectiveness) model was developed for the American army in 2014 and is used today [26].

In the mobile Psychomotor Vigilance Test (m-PVT) study conducted by Michael Scott Evans in 2019, a mobile phone application was used to determine the fatigue levels of personnel working in critical environments, such as hospital staff, emergency service workers, aviation workers, and law enforcement officers. Moreover, a comparison was made between iPhone and Samsung users in this study (Evans et al. 2019).

In the study conducted by Maarten A. Hogervorst in the Netherlands in 2014, electroencephalogram (EEG), peripheral physiology, and eye-related measurements were combined and compared to evaluate the mental workload (Hogervorst et al., 2014). In this study, EEG, electrocardiography (ECG), skin temperature, respiratory rate, pupil size, and eye blinking frequency were recorded. They achieved the best accuracy of classification of just over 90% with a 2-minute EEG and eye-related variables to detect high and low workload. They also reached a similar and not significantly different finding of 86% accuracy using a single-electrode EEG.

In a study conducted by Rodrigo (2017) at the University of Chile, Neurociencia Department and Biomedical Neuroscience Institute, it is evaluated whether the attention performance can be predicted by measuring the finger temperature. Based on this study, several studies have previously demonstrated that increased psychological stress estimations performed by body temperature measurements increase the likelihood of unsafe behaviors during industrial work (Ramsey et al., 1983), cause cognitive dysfunction (Mazloumi et al., 2014) and reduce driving performance (Hancock, 1986). It has been observed that this phenomenon, called thermal stress, also causes a decrease in the mental attention performance of the employee (Vasmatzidis et al., 1994; Hancock and Vasmatzidis, 1998). Besides, it has been determined by other studies that thermal stress increases the possibility of unsafe behaviors due to a decrease in the mental and cognitive resources during the operating performance and driving performance.

3. Result and Discussion

It is accepted that 88% of occupational accidents arise from dangerous behaviors, 10% from dangerous occurrences, and 2% from unavoidable causes. All of the dangerous behaviors and most dangerous occurrences, which are the sources of the accidents that occur, are caused by the human factor. Thus, it is crucial to reduce the causes related to the human factor in preventing the occurrence of accidents.

This research is one of the pioneering studies conducted to prevent accidents by determining the accident probability before the accident has occurred, in a qualitative way, and a proactive approach. Objectively measuring and mathematically modeling the perception levels of employees who often have an essential role in the accident will have a significant effect on preventing accidents before they occur. It is critical to ensure that the perception level of the employees is high. Thus, possible accidents could be noticed in advance, correct and rapid response in the event of an accident can be provided, and undertaking unnecessary risks can be prevented.

In addition to qualitative measurements of perception, it will be possible to reach quantitative results with a model that will be created by following up the changes that may occur in the employee by monitoring the other factors affecting perception.

The next step of this study is to create software in which the perception levels will be calculated electronically by the inclusion of all factors. Thanks to the qualitative evaluation and monitoring to be performed using this computer program, the deviations in the

employee's perception level would be instantly detected. In further studies, necessary warning mechanisms can be engineered, which will generate warnings depending on the level of these deviations, to prevent accidents in advance.

4. Conclusions and Recommendations

Human-related factors are considered as one of the most prominent elements in the occurrence of work accidents. Thus, it is critical to focus on studies on human behavior in preventing occupational accidents. In this study, a model with a proactive approach has been developed that aims to prevent accidents before they occur. In this model, the data have been gathered by continuously monitoring the perception levels and behaviors of the employees. Then, the data were analyzed accordingly.

The model developed in the present study will enable a large amount of data to be collected as a result of continuous measurement of the perception levels and behaviors of employees with a qualitative approach, which will also allow the activation of necessary warnings in the light of the gathered data to prevent occupational accidents. These warnings constitute a critical aspect of the accident prevention processes. We should note that the accuracy of the analyses and results to be produced by this process is strongly associated with the quality of the data obtained from the employees.

In the fieldwork to be conducted during future studies, the employees are expected to try to demonstrate behaviors different from their routine due to fear of losing their jobs and other possible reasons, as they will be aware that they are being monitored. In this direction, issues, such as the attempts by the employees to prevent the emergence of system-based warnings with manipulative behaviors, can be expected to be tackled in future studies. According to the designed model, employees will be monitored using mobile sensors. Therefore, personal data will be continuously recorded by monetarization of employees using cameras and other electronic systems. Thus, the systems to be engineered in line with this model must comply with the Personal Data Protection Law (PDPL).

The system to be engineered in the light of the model developed will provide valuable information about the employee's work efficiency, quality of life outside of the work, compliance at work, as outcomes of the measurements to be performed. The analysis of all these collected data will enable the employer to perform more accurate evaluations about the performance of the employees, and at the same time, it will allow early recognition of risk conditions, such as human-related factors.

The present study aims to protect human life by minimizing occupational accidents using the developed model. For this model to achieve its purpose in daily practice, it is essential that the employee and the employer support the functioning of the proposed model in this study. To gather qualitative data more accurately and to reach more accurate analysis results, this study should be replicated with wider participants and different sectors to provide new insights into the model discussed here.

5. Acknowledge

This study is a part of a Ph.D. study of the author at Istanbul Commerce University., and was submitted as online oral abstract in ISMSIT (4th International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies) 22-24 October, 2020, Turkey.

References

- [1] International Labour Organization, (2015), World day for safety and health at work, Retrieved from https://www.ilo.org/legacy/english/osh/en/story_content/external_files/fs_st_1-ILO_5_en.pdf
- [2] Türkiye Cumhuriyeti Sosyal Güvenlik Kurumu, SGK istatistik yıllıkları, Retrieved from http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari
- [3] European statistics statistics explained, Accidents at work statistics, Retrieved from https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Accidents_at_work_statistics
- [4] Heinrich, H.W., (1959), Industrial accident prevention: A scientific approach (4th ed) NY. MacGraw-Hill,
- [5] Zuo, D., Yao, W., Wu, Y., (2006), Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). *Journal of Hazardous Materials*, 137, 1-7.
- [6] Nivolianitou, Z., Konstantinidou, M., Michalis, C., (2006), Statistical analysis of major accidents in petrochemical industry notified to the major accident reporting system (MARS). *J. Hazard Mater.* 137, 1–7., Greece,
- [7] Wang, Y. F., Faghih, R. S., Hu, X. M., Xie, M., (2011), Investigations of human and or organizational factors in hazardous vapor accidents, *J. Hazard Mater.*, no: 191, 69-82
- [8] Zarei, E., Mohammadfam, I., Aliabadi, M. M., Jamshidi, A., Ghasemi, F., (2016), Efficiency prediction of control room operators based on human reliability analysis and dynamic decision-making style in the process industry, *Process Saf. Prog.* 35, 192–199
- [9] Noroozi, A., Abbassi, R., MacKinnon, S., Khan, F., Khakzad, N., (2014), Effects of cold environments on human reliability assessment in offshore oil and gas facilities, *Hum. Factors* no: 56, 825–839.
- [10] Abbassi, R., Khan, F., Garaniya, V., Chai, S., Chin, C., Hossain, K. A., (2015), An integrated method for human error probability assessment during the maintenance of offshore facilities, *Process Saf. Environ. Protect*, No 94, 172–179.
- [11] Rao, S., (2007), Safety culture and accident analysis a socio-management approach based on organizational safety social capital, *J. Hazard Mater* No 142, 730–740
- [12] Hollnagel, E., (2010), Summary of a history of accident modelling, FRAM Background. Retrieved from http://sites.google.com/site/erikhollnagel2/coursematerials/FRAM_background.pdf , Slide 7

- [13]Kontogiannis, T. and Embrey, D., (1992), human reliability assessment human reliability associates' course, *Practical techniques for assessing and reducing human error in industry*. (sec. 14)
- [14] Kletz, T., (1991). An Engineer's View of Human Error, Florida, CRC Press,
- [15]Health & Safety Laboratory, (2006) The causes of major hazard incidents and how to improve risk control and health and safety management: a review of the existing literature, HSE Contract Report No. 33/1992. *Organisational management and human factors in quantitative risk assessment, report 1.*, Retrieved from https://www.hse.gov.uk/research/hsl_pdf/2006/hsl06117.pdf
- [16]U.S. Department of Transportation, (2009), International conference on fatigue management in transportation operations, *A framework for progress*, Boston, Massachusetts, March 24-26,
- [17]State of Victoria, Fatigue, Retrieved from <https://www.betterhealth.vic.gov.au/health/conditionsandtreatments/fatigue>
- [18]Anne-M. N., Jackie S B., (2004), On-call work and health: a review, *Environmental health: a global access science source*, 3:15 doi:10.1186/1476-069X-3-15
- [19]Dittner, A. J., Wessely, S. C., and Brown, R. G., (2004). The assessment of fatigue a practical guide for clinicians and researchers., *J. Psychosom. Res.* 56, 157–170. doi: 10.1016/S0022-3999(03)00371-4
- [20] Gibson, A. S. C., Swart, J., and Tucker, R. (2018). The interaction of psychological and physiological homeostatic drives and role of general control principles in the regulation of physiological systems, *Exercise and the fatigue process–The Integrative Governor theory*. *Eur. J. Sport Sci.* 18, 25–36. doi: 10.1080/17461391.2017.1321688
- [21] Türk Nöroloji Derneği, Retrieved from <https://www.noroloji.org.tr/menu/98/uyku-bozukluklari>
- [22]Türk Toraks Derneği Uyku Bozuklukları Çalışma Grubu, Retrieved from <https://toraks.org.tr/site/news/3206>
- [23]Smolensky, M., Lamberg, L., (2001) The Body Clock Guide to Better Health, *Health & Fitness*, the drawing was done with Inkscape by Yassine Mrabet.
- [24]Rankin, W. L., (2000), The maintenance error decision aid (MEDA) proces, *Proceedings of the human factors and ergonomics society annual meeting*, volume: 44 issue: 22, 795-798
- [25] Jeppesen, BAM Tech. Fact Sheet, Retrieved from https://ww2.jeppesen.com/wp-content/uploads/2019/06/BAM_Tech_Fact_Sheet_2.3.pdf
- [26] Hursh, S. R., Redmond, D. P., Johnson, M. L., Thorne, D. R., Belenky, G., Balkin, T. J., Storm, W. F., Miller, J.C., Eddy, D. R., (2004), Fatigue models for applied research in warfighting, *Aviat Space Environ Med*, A44-53; discussion A54-60.
- [27] Evans, M. S., Harborne, D., Smit, A. S., (2019), Mobile Version of the Psychomotor Vigilance Task (m-PVT), *School of Computer Science and Informatics, Cardiff University*, DOI: [10.1007/978-3-030-14273-5_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-14273-5_4)
- [28] Hogervorst, M.A., Brouwer, A-M. Erp, J.B.F., (2014), Combining and comparing EEG, peripheral physiology and eye-related measures for the assessment of mental workload, *Netherlands Organisation for Applied Scientific Research*, Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fnins.2014.00322>
- [29] Vergara, V. C., Moëne-Loccoz, C., Maldonado, P.E., (2017), Cold-Blooded Attention: Finger Temperature Predicts Attentional Performance, *Frontier, Human Neuroscience*, Retrieved from <https://doi.org/10.3389/fnhum.2017.00454>
- [30]Ramsey, J. D., Burford, C. L., Beshir, M. Y., Jensen, R. C., (1983), Effects of workplace thermal conditions on safe work behavior, *Journal of Safety Research*, 14, 105 ± 114
- [31] Mazloumi A., Golbabaei F., Khani S. M., Kazemi Z., Hosseini, M., Abbasinia M., Dehghan S. F., (2014), Evaluating effects of heat stress on cognitive function among workers in a hot industry, *Health Promotion Perspectives* 4(2):240-6, doi: [10.5681/hpp.2014.031](https://doi.org/10.5681/hpp.2014.031)
- [32] Vasmatazidis, I., Schlegel R. E. (1994) A methodology for investigating heat stress selectivity effects on mental performance, *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting* (Santa Monica, CA: Human Factors and Ergonomics Society), 510 ± 514
- [33]Hancock P. A. (1981), Heat stress impairment of mental performance: a revision of tolerance limits, *Aviation, Space and Environmental Medicine*, 52, 177 ± 180.
- [34]Hancock P. A., Vasmatazidis I. (1998), Human occupational and performance limits under stress: the thermal environment as a prototypical example, *Ergonomics*, 41, 1169 ± 1191



Robust Image Watermarking using DWT, SVD, Chirp-z and LU Decomposition

Mary Agoyi*

Cyprus International University, School of Applied Sciences, Information Technology Department, Lefkosa, North Cyprus (ORCID: 0000-0002-2770-1726)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821172)

ATIF/REFERENCE: Agoyi, M. (2020). Robust Image Watermarking using DWT, SVD, Chirp-z and LU Decomposition. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 206-214.

Abstract

The exponential increase of multimedia technologies usage has made connectivity simpler, more convenient and quicker, but has also contributed to a number of infringements of digital content. Digital watermarking has been known to offer a solution to compliance issues related to copyright infringements in multimedia technology. This paper proposes a robust approach to image watermarking by integrating the benefits of all four algorithms. The proposed method is based on discrete wavelet transform (DWT), chirp z-transform (CZT), lower and upper (LU) decomposition and singular decomposition value (SVD). In this method, using 1-level DWT, the image is broken down into its frequency sub-bands. The LL sub-band is then converted into a z domain using CZT. LU decomposition was then used to further decompose the image into two matrixes, each of which was used to insert the watermark. SVD has been applied to each of the matrixes and the unique value of the watermark is inserted to the matrixes of the decomposed image. The robustness and imperceptibility of the proposed solution was tested by checking the watermarked image for various image processing operations. Experimental findings show that the proposed technique has high imperceptibility capability and it shows a reasonable level of robustness against signal processing operations such as filtering, scaling, JPEG, rotating, gamma correction, blurring, cropping, gaussian noise, contrast enhancement, histogram equalization, and salt & pepper noise.

Keywords: Watermarking, LU Decomposition, DWT, CZT, SVD

ADD, TDA, Cıvıltı-z ve AÜ Ayırıştırma kullanarak Sağlam Görüntü Filigranı Oluşturma

Öz

Multimedya teknolojileri kullanımının katlanarak artması, bağlanabilirliği daha basit, daha rahat ve daha hızlı hale getirdi, ancak aynı zamanda bir dizi dijital içerik ihlaline de katkıda bulundu. Dijital filigranlamanın, multimedya teknolojisindeki telif hakkı ihlalleri ile ilgili uyumluluk sorunlarına bir çözüm sunduğu bilinmektedir. Bu makale, dört algoritmanın tümünün faydalarını entegre ederek, görüntü filigranlamaya sağlam bir yaklaşım önermektedir. Önerilen yöntem, ayrık dalgacık dönüşümü (ADD), cıvıltı z-dönüşümü (CZT), alt ve üst (AU) ayırıştırma ve tekil ayırıştırma değerine (TDA) dayanmaktadır. Bu yöntemde, 1 seviyeli ADD kullanılarak, görüntü, frekans alt bantlarına bölünür. LL alt bandı daha sonra CZT kullanılarak bir z alanına dönüştürülür. Daha sonra görüntüyü, her biri filigranı eklemek için kullanılan iki matrise ayırştırmak için AÜ ayırıştırması kullanıldı. TDA, matrislerin her birine uygulanmış ve filigranın benzersiz değeri, ayırştırılmış görüntünün matrislerine eklenmiştir. Önerilen çözümün sağlamlığı ve algılanamazlığı, çeşitli görüntü işleme işlemleri için filigranlı görüntünün kontrol edilmesiyle test edildi. Deneysel bulgular, önerilen tekniğin yüksek algılanamazlık yeteneğine sahip olduğunu ve filtreleme, ölçekleme, JPEG, döndürme, gama düzeltme, bulanıklaştırma, kırpma, gauss gürültüsü, kontrast geliştirme, histogram eşitleme ve tuz- biber gürültüsü gibi sinyal işleme işlemlerine karşı makul düzeyde sağlamlık göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Filigranlama, AÜ Ayırıştırma, ADD, CZT, TDA

* Sorumlu Yazar: Cyprus International University, School of Applied Sciences, Information Technology Department, Lefkosa, North Cyprus, ORCID: 0000-0002-2770-1726, magoyi@ciu.edu.tr

1. Introduction

Watermarking has been identified in recent years as the primary approach to copyright enforcement and content authentication. watermarking is the technique of inserting digital content into a multimedia content. Digital watermarking is a validated technique that enables the protection of digital content from improper duplication, modifying and dispersion issues. A effective watermarking scheme has critical characteristics, such as imperceptibility, robustness, data capability and security. (Kamble et al.,2019; Subhashini & Bagan, 2017).

Watermarking schemes are sub grouped into three systems: non blind, semi blind and blind. In the non-blind method, in the embedding process and the extraction process, the original and watermark data are needed. The original data is not needed for extraction in the semi blind method. During the extraction process, both the cover data and the watermark are not needed under the blind scheme (Rasti et al.,2016; Laur, et al., 2015a). Algorithms for embedding watermarking are typically classified in spatial spectrum or in the frequency spectrum. watermarking performed in the spatial spectrum is generally by pixel modification, the data is inserted into the digital content. When watermarking is inserted in the frequency domain, the frequency values of the original data are extracted and the modified data is added by adjusting the coefficient of magnitude of the visual material according to the embedding algorithm. (Preet & Aggarwal, 2017; Boreiry & Keyvanpour, 2017).

Watermarking in frequency spectrum has greater computing costs, it has been found to possess more robust capability and the quality of the perceived data are better than that of the watermarking in spatial spectrum. At present, the discrete wavelet transform (DWT) is a frequently utilized frequency spectrum watermarking algorithms due to its frequency distribution, multi-resolution functionality and the localized and spatialized nature of its wavelet (Abodena et al.,2017; Prabha et al., 2019).

Singular Value Decomposition (SVD) is another widely used frequency domain algorithm. SVD is used in watermarking to gain greater transparency and robustness, as minor differences in its specific values are not affected by the visual perception of the multimedia data (Thakkar & Srivastava, 2017). The chirp z transform (CZT) is another transforming algorithm. The chirp z-transform is an algorithm that gives a better reliable representation of the zeros and poles of the system, it helps to estimate the system's propagation function, resulting in a sharper function at a lower bandwidth. The sharp nature of the spectrum and the substantially improved frequency resolution will help produce a highly imperceptible and durable watermarked data (Agoyi et al., 2015; Laur, et al., 2015b).

Another method of decomposition used by some watermarking researchers is LU (lower and upper) decomposition. Due to its large energy distribution, LU decomposition was used in watermarking, which offered a more explicit guide for the selection of watermark embedding pixels (Su, 2018; Wang et al.,2016).

This paper therefore proposes a new methodology of watermarking by combining DWT, CZT, LU and SVD. The four algorithms make up the proposed algorithm. By substantially providing a quality and good visual representation of the watermarked data and ensuring robustness against traditional signal processing operations and attacks, the proposed solution would help to achieve the robust and imperceptible characteristics of a successful watermarking algorithm.

2. Overview

2.1. DWT

The DWT divides the input signal into four data bands, where each band is usually separated into another four sub-bands. The decomposition of the band includes a low-frequency band (LL) and three high-frequency dictionary bands known as sub-bands of high-high (HH), high-low (HL) and low-high (LH). The LL sub-band contains the bulk of the information contained in the data. The vertical feature information is contained in the LH sub-band. There is horizontal edge information in the HL sub-band, and there is vertical edge information in the HH sub-band. The main benefits of using DWT is due to its multi-resolution and good localized property. Its multi-resolution features allow watermark to be embedded on all sub bands. Although inserting watermark in the high-frequency band usually produce a high visual perception quality, but may not be able to withstand several attacks. However, for Watermark inserted in the LL sub-band, the quality of visual perception of the watermarked image may degrade but it is generally immune to several attacks. (Abodena & Agoyi, 2018; Thakkar & Srivastava, 2017).

2.2. LU Decomposition

LU decomposition is a method by which, as given in Eq, (1,) a matrix M of N x N is decomposed into two matrixes, A and B. The lower triangular matrix is composed of A and its diagonal has 1. B includes the triangular upper matrix

$$M = A \times B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d_1 & b_{12} & b_{13} \\ 0 & d_2 & b_{23} \\ 0 & 0 & d_3 \end{bmatrix} \quad (1)$$

By then decomposing the B matrix into two, D and B¹ matrixes. As defined in Eq, (2) Matrix M can then be broken down into three matrixes (Jane & Elbaşı, 2014)

$$M = A \times D \times B' = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ a_{21} & 1 & 0 \\ a_{31} & a_{32} & 1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} d_1 & 0 & 0 \\ 0 & d_2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & \frac{b_{12}}{d_1} & \frac{b_{13}}{d_1} \\ 0 & 1 & \frac{b_{23}}{d_2} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

2.3. Singular Value Decomposition (SVD)

An N x N matrix can be broken down into three matrices in the SVD transform. Let M be a matrix of N x N, then I may be given as in Eq. (3)

$$\begin{aligned} [U \ S \ V] &= SVD(I) \\ I &= USV^T \end{aligned} \quad (3)$$

The main features of SVD are: When a small disturbance is inserted into an multimedia object, due to the stabilization nature of the singular value, which do not change dramatically. As it determines the image layer luminance and the singular vector pairs describe the object geometry. (Zhang & Qin, 2017; Nikbakht & Mahdavi, 2015);

2.4. Chirp-Z transform (CZT)

The Chirp-z transform is used to calculate the z transform of the sample sequence. Transformation facilitates the effective evaluation of Z transfer at points in the Z-plane lying on a circle or spiral contour beginning at some arbitrary point in the Z-plane. In Chirp-z transform, an easy means of quantifying the system's behavior is to characterize the system in terms of poles and zeros; poles are the roots of the transfer function's input function, and zeros are the roots of the forward feed function. By accurately positioning the poles and zeros of their conversion function, the z-transform chirp attempts to analyses the constructs. The greatest advantage of using the z-transform is that the sharpness of the peak point position is improved by calculating the z-transform along a contour near to the pole(s). Since the Chirp-z transform has the ability to calculate the z transformation both in and out the unit circle, by measuring the unit circle transformation, the contour are changed to shift nearer the signal poles, rendering the spectrum sharper. Chirp-z will allow the zooming in and out of the studied frequency range with a very high resolution, which will significantly enhance its frequency resolution. This would help to create a watermarked image that is extremely imperceptible and robust since there has been a sharpening in of frequency spectrum, thereby making it resolution to significantly improved. (Agoyi et al., 2015).

3. Proposed Technique

The proposed technique is laid out as embedding and extraction process. Flowchart for the proposed embedding and extracting process is depicted in Figure 1.

3.1. Watermarking Embedding Process

1. DWT on image I produces sub bands as given Eq. (4).

$$[LL \ LH \ HL \ HH] = DWT(I) \quad (4)$$

2. CZT of the LL band is computed as given in Eq. (5)

$$I_2 = CZT(LL) \quad (5)$$

3. Apply LU decomposition to I₂ to decompose it. B is further decomposed as given in Eq. (6)

$$\begin{aligned} AB &= LU(I_2) \\ B &= D \ B_1 \\ I_2 &= A \ D \ B_1 \end{aligned} \quad (6)$$

4. SVD is applied to D from Eq. (6) to give 3 matrixes as given in Eq. (7)

$$U \ S \ V = SVD(D) \quad (7)$$

5. SVD is applied to W to give 3 matrixes as given in Eq. (8)

$$U_1 S_1 V_1 = SVD(W) \tag{8}$$

6. singular values of original image and watermark is modified as given in Eq. (9)

$$S_2 = S + \alpha S_1 \tag{9}$$

7. the matrixes are combined as given in Eq. (10)

$$D_1 = U S_2 V^T \tag{10}$$

8. Combine the matrixes A and B_1 with the modified D_1 matrix as given in Eq. (11)

$$II_2 = AD_1 B_1 \tag{11}$$

9. Inverse CZT is computed as given in Eq. (12)

$$LL_2 = ICZT(II_2) \tag{12}$$

10. inverse DWT is computed as given Eq. (13).

$$I_1 = iDWT(LL_2 \text{ LH HL HH}) \tag{13}$$

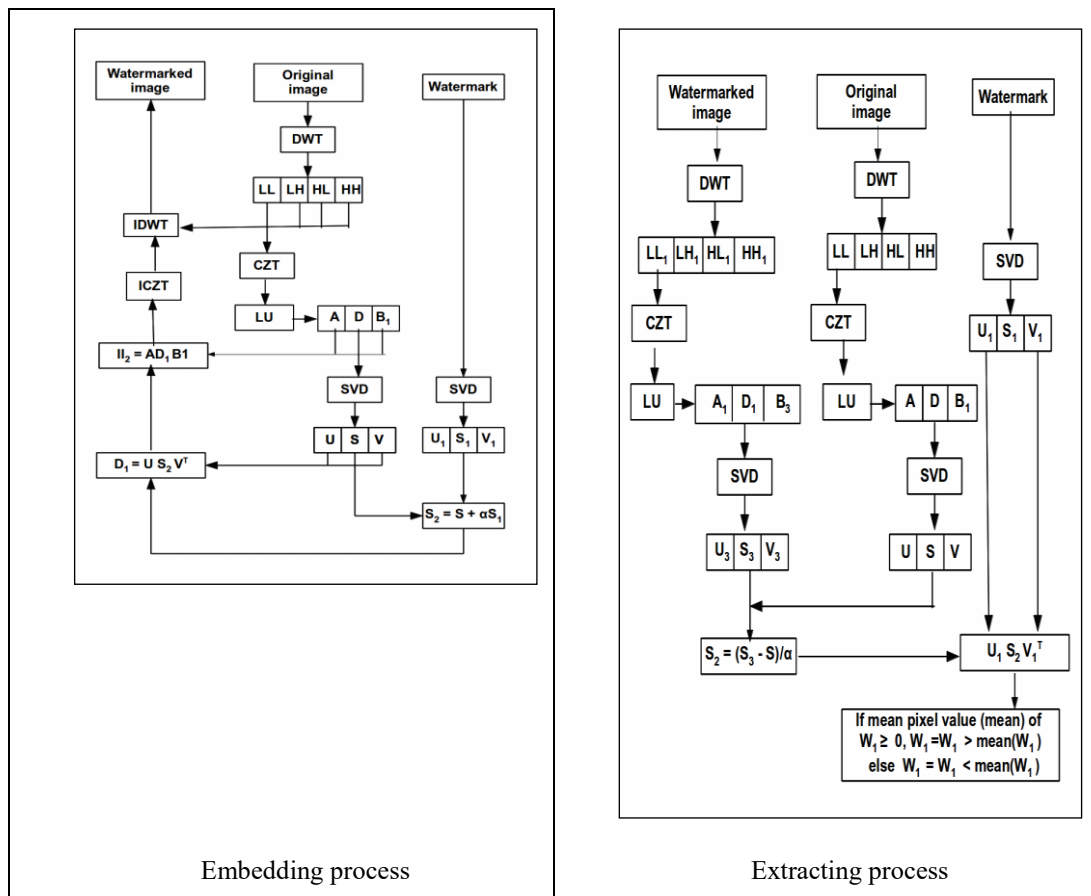


Figure 1: Flowchart for the Embedding and Extracting process

3.2. Watermarking Extraction process

1. DWT of original image produces sub bands as given in Eq. (14).

$$[LL \text{ LH HL HH}] = DWT(I) \tag{14}$$

2. DWT of watermarked image produces sub bands as given in Eq. (15).

$$[LL_1 \ LH_1 \ HL_1 \ HH_1] = DWT(I_1) \quad (15)$$

3. Compute CZT of original image as given in Eq. (16)

$$I_2 = CZT(LL) \quad (16)$$

4. Compute CZT of watermarked image as given in Eq. (17)

$$I_3 = CZT(LL_1) \quad (17)$$

5. LU decomposition is applied to I_2 to decompose it as given in Eq. (18)

$$\begin{aligned} AB &= LU(I_2) \\ B &= D B_1 \\ I_2 &= A D B_1 \end{aligned} \quad (18)$$

6. LU decomposition is applied to I_3 to decompose as given in Eq. (19)

$$\begin{aligned} A_1 B_2 &= LU(I_3) \\ B_2 &= D_1 B_3 \end{aligned} \quad (19)$$

7. SVD is applied to D to further decompose it as follows in Eq. (20)

$$\begin{aligned} I_3 &= A_1 D_1 B_3 \\ [U \ SV] &= SVD(D) \end{aligned} \quad (20)$$

8. SVD is applied to D_1 to further decompose it as follows in Eq. (21)

$$[U_3 \ S_3 \ V_3] = SVD(D_1) \quad (21)$$

9. Apply SVD to watermark image W to decompose it as follows in Eq. (22)

$$[U_1 \ S_1 \ V_1] = SVD(W) \quad (22)$$

10. Calculate the singular value S_2 as given in Eq. (23)

$$S_2 = (S_3 - S)/\alpha \quad (23)$$

11. Combine the U and V of W with the acquired S_3 as given in Eq. (24).

$$W_1 = U_1 S_2 V_1^T \quad (24)$$

12. Find the mean value of pixels (MP) of extracted watermark. If MP is negative perform the operation in Eq (25) to get the watermark image.

$$W_1(:,:) \quad (25)$$

13. If MP is positive perform the operation in Eq 26 to get the watermark image

$$W_1(:,:) \quad (26)$$

4. Performance Evaluation of the proposed technique

This paper used MATLABr2017a as simulation software. Experiments were conducted using three 512 x 512 gray scale as cover images and a 256 X 256 binary images the watermark. The cover images and watermark image are given in Figure 2.



Cameraman	Lena	Baboon	A-alphabet
-----------	------	--------	------------

Figure 2: Cover Images and watermark image

As given in Figure 2, “Cameraman”, “Lena” and “Baboon” images are used as the cover images and the A-alphabet is used as the watermark image.

The watermarked images are given in Figure 3(a -c) and the extracted watermark image is given as Figure 3d.



Figure 3: Watermarked Images and extracted watermark image

It can be seen that the original cover images in Figure 2 and the watermarked images in Figure 3(a -c) had no obvious difference. This indicates that the proposed technique has good imperceptibility. The extracted watermark given in Figure 3d also looks just like the original watermark, indicating the proposed technique is very robust.

4.1. Imperceptibility Test

To measure the imperceptible capability, the peak signal to noise ratio (PSNR) can be used. The PSNR can be used to calculate the degradation caused by the watermarked effect. The PSNR of the original image and the watermarked image of the proposed algorithm is compared with that of Jane & Elbaşı and the results are given in Table 1.

Table 1: PSNR Values of watermarked Images

	Jane & Elbaşı	Proposed Technique
Cameraman	39.13	64.06
Lena	34.33	58.18
Baboon	38.82	59.09

As seen in Table 1, the PSNR values of the proposed technique is higher than that of Jane & Elbaşı, indicating that the proposed technique provides a better imperceptibility capacity.

The PSNR values in dB of the watermarked image for the proposed technique are compared with those of Jane & Elbaşı to further discuss the accuracy of the watermarked images quantitatively, and the results are presented in Table 2.

Table 2: PSNR Values of attacked watermarked Images

		Jane & Elbaşı	Proposed Technique
Cameraman	Filtering	31.90	32.01
	Scaling	30.80	38.77
	Rotation	10.44	10.54
Lena	Filtering	30.51	31.56
	Scaling	30.20	33.87
	Rotation	11.19	11.15
Baboon	Filtering	23.20	21.75
	Scaling	22.48	22.47
	Rotation	11.54	10.63

PSNR values in Table 2, also shows that proposed technique has a good imperceptibility capability.

To show the visual properties of the proposed technique, the pictures of the attacked watermarked images Cameraman, Lena and Baboon are given in Figure 4a, Figure 4a and Figure 4c respectively.

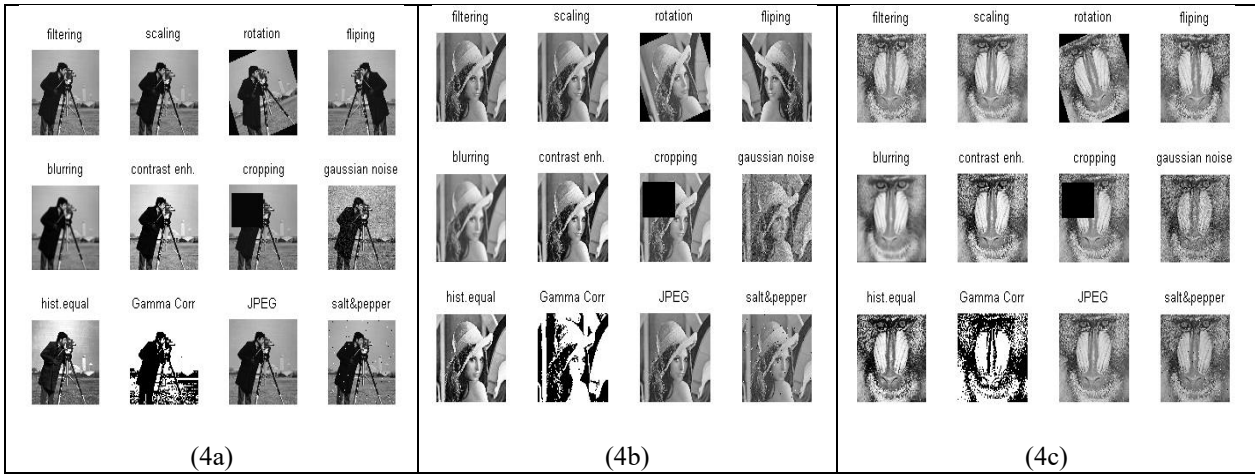


Figure 4: Attacked watermarked images Cameraman, Lena and Baboon

To further test the imperceptibility of the proposed technique, other kinds of attacks such as flipping, blurring, contrast enhancement, cropping, Gaussian noise, histogram equalization, Gamma correction, JPEG and salt & pepper noise were applied to the watermarked images for Cameraman, Lena and Baboon images. The PSNR for attacked watermarked images are tabulated in Table 3.

Table 3: PSNR Values of attacked watermarked Images

	Cameraman	Lena	Baboon
Flipping	9.8412	11.7777	13.6928
Blurring	23.0955	24.4307	18.8381
Contrast enhancement	17.9085	20.1452	20.1840
Cropping	13.3313	12.4599	11.9062
Gaussian noise	20.5319	20.0352	20.0271
Histogram equalization	19.1964	19.1063	17.9479
Gamma correction	9.6098	8.5694	8.5865
JPEG	42.3791	37.2956	30.4919
Salt & Pepper noise	25.2176	25.6843	25.5361

Pictures and data in Figure 4 and Table 3 shows that the proposed technique provides a good imperceptibility capability.

4.2. Robustness Test

To measure the robustness capability, similarity Ratio (SR) can be used. The SR is utilized to calculate the robustness capability of the proposed technique. To test the robustness of the proposed technique, attacks such as filtering, scaling and rotation were applied to the watermarked images. These attacks include filtering, scaling and rotation. The SR values of the attacked watermarked images for the proposed technique were compared with that of that of Jane & Elbaşı and the results are given in Table 5.

Table 5: SR for extracted watermark

		Jane & Elbaşı	Proposed Technique
Cameraman	Filtering	0.8988	0.9345
	Scaling	0.8901	0.9276
	Rotation	0.7436	0.5970
Lena	Filtering	0.8828	0.9243
	Scaling	0.8854	0.9213
	Rotation	0.8815	0.7903
Baboon	Filtering	0.8865	0.9085
	Scaling	0.8747	0.9069
	Rotation	0.8971	0.8863

As seen in Table 5, the SR values of the proposed technique is higher than that of Jane & Elbaşı, indicating that the proposed technique provides a better robustness capability.

To show the visual properties of proposed technique, the pictures of the attacked watermarked images and the extracted watermark are given. The extracted watermark images from Cameraman, Lena and Baboon are given in Figure 5a, Figure 5b and Figure 5c respectively.

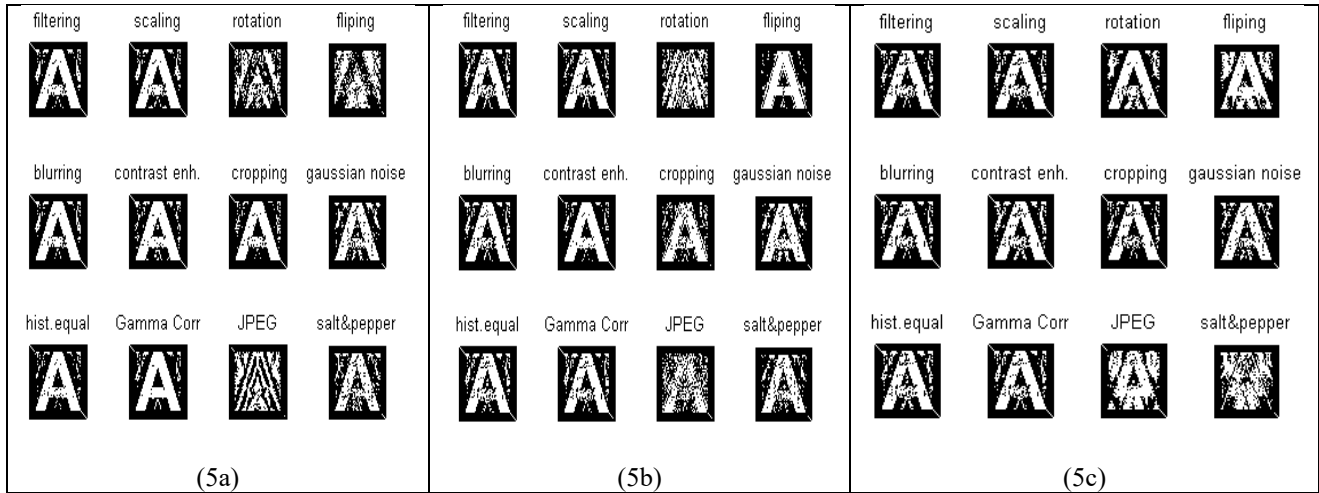


Figure 5: Extracted watermarks for Cameraman, Lena and Baboon attacked images

To further test the robustness capability of the proposed technique, other kinds of attacks such as flipping, blurring, contrast enhancement, cropping, Gaussian noise, histogram equalization, Gamma correction, JPEG and salt & pepper noise were applied to the watermarked images for Cameraman, Lena and Baboon images. The SR for extracted watermark images are tabulated in Table 5.

Table 5: SR for extracted watermark

	Cameraman	Lena	Baboon
Flipping	0.5500	0.8966	0.8379
Blurring	0.9402	0.9130	0.9041
Contrast_enhancement	0.9360	0.9488	0.8879
Cropping	0.9514	0.8379	0.9069
Gaussian_noise	0.8878	0.8934	0.8923
Histogram_equalization	0.9520	0.9035	0.8909
Gamma_correction	0.9502	0.9058	0.9048
JPEG	0.7143	0.7824	0.7624
Salt & Pepper noise	0.8737	0.8918	0.7091

The extracted watermarks for all the tested signal processing operations on Cameraman, Lena and Baboon as show in figure 5 and Table 5 indicates that the proposed techniques is robust against several signal processing operation thus, the proposed technique has high robustness capability.

5. Conclusion

A hybrid watermarking approach using Chirp Z transform, DWT and SVD via Lu decomposition was proposed in this paper. The cover image has been decomposed using DWT into its four frequency sub-bands. Using CZT, the low frequency sub band is then translated into the z domain. Using LU decomposition, the decomposed image derived from the z transform is then decomposed. SVD is added to the diagonal matrix of the upper triangular matrix that was obtained. The singular value obtained by applying SVD is then applied to the watermark's singular value. Using well known images, the proposed technique is tested on multiple signal processing operations. The experimental results show that the proposed watermarking technique has a very imperceptibility capability and it is very robust in diverse signal processing operations.

References

1. Abodena, O., & Agoyi, M. (2018). Colour Image Blind Watermarking Scheme Based on Fast Walsh Hadamard Transform and Hessenberg Decomposition. *Studies in Informatics and Control*, 27(3), 339-348.
2. Abodena, O., Agoyi, M., & Celebi, E. (2017, May). Hybrid technique for robust image watermarking using discrete time fourier transform. In *2017 25th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
3. Agoyi, M., Çelebi, E., & Anbarjafari, G. (2015). A watermarking algorithm based on chirp z-transform, discrete wavelet transform, and singular value decomposition. *Signal, Image and Video Processing*, 9(3), 735-745.
4. Boreiry, M., & Keyvanpour, M. R. (2017, April). Classification of watermarking methods based on watermarking approaches. In *2017 Artificial Intelligence and Robotics (IRANOPEN)* (pp. 73-76). IEEE.
5. Jane, O., İlk, H. G., & Elbaşı, E. (2013, November). A secure and robust watermarking algorithm based on the combination of DWT, SVD, and LU decomposition with Arnold's Cat Map approach. In *2013 8th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)* (pp. 306-310). IEEE.
6. Kamble, P., Raut, N., Raut, A., & Naik, S. (2019, April). An Innovative Approach for Data Recovery Using Robust Reversible Watermarking. In *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 1401-1404). IEEE.
7. Laur, L., Daneshmand, M., Agoyi, M., & Anbarjafari, G. (2015b, May). Robust grayscale watermarking technique based on face detection. In *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 471-475). IEEE.
8. Laur, L., Rasti, P., Agoyi, M., & Anbarjafari, G. (2015a). A Robust Color Image Watermarking Scheme Using Entropy and QR Decomposition. *Radioengineering*, 24(4).
9. Nikbakht, P., & Mahdavi, M. (2015, May). Targeted watermark removal of a SVD-based image watermarking scheme. In *2015 7th Conference on Information and Knowledge Technology (IKT)* (pp. 1-6). IEEE.
10. Prabha, K., Vaishnavi, M. J., & Sam, I. S. (2019, April). Quaternion Hadamard transform and QR decomposition based robust color image watermarking. In *2019 3rd International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI)* (pp. 101-106). IEEE.
11. Preet, C., & Aggarwal, R. K. (2017, May). Multiple image watermarking using LWT, DCT and arnold transformation. In *2017 International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICEI)* (pp. 158-162). IEEE.
12. Rasti, P., Samiei, S., Agoyi, M., Escalera, S., & Anbarjafari, G. (2016). Robust non-blind color video watermarking using QR decomposition and entropy analysis. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 38, 838-847.
13. Su, Q., Wang, G., Zhang, X., Lv, G., & Chen, B. (2018). A new algorithm of blind color image watermarking based on LU decomposition. *Multidimensional Systems and Signal Processing*, 29(3), 1055-1074.
14. Subhashini, R., & Bagan, K. B. (2017, March). Robust audio watermarking for monitoring and information embedding. In *2017 Fourth International Conference on Signal Processing, Communication and Networking (ICSCN)* (pp. 1-4). IEEE.
15. Thakkar, F. N., & Srivastava, V. K. (2017). A blind medical image watermarking: DWT-SVD based robust and secure approach for telemedicine applications. *Multimedia Tools and Applications*, 76(3), 3669-3697.
16. Wang, D., Yang, F., & Zhang, H. (2016). Blind Color Image Watermarking Based on DWT and LU Decomposition. *Journal of Information Processing Systems*, 12(4).
17. Zhang, Q., & Qin, Y. (2017, August). Adaptive Singular Value Decomposition and its Application to the Feature Extraction of Planetary Gearboxes. In *2017 International Conference on Sensing, Diagnostics, Prognostics, and Control (SDPC)* (pp. 488-492). IEEE.



Filtre Tabanlı Nitelik Seçimi ve Topluluk Öğrenme Yaklaşımlarıyla Borsa İstanbul Enerji Endeksi Yön Tahmini

Hakan Gündüz¹

¹ Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Bandırma, Balıkesir, Türkiye

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.820940)

ATIF/REFERENCE: Gündüz, H. (2020). Filtre Tabanlı Nitelik Seçimi ve Topluluk Öğrenme Yaklaşımlarıyla Borsa İstanbul Enerji Endeksi Yön Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 215-220.

Öz

Yapılan çalışmada finansal haber sitelerinde yayınlanan ekonomi haberleri kullanılarak Borsa İstanbul'un önemli endekslerinden XKMYA (enerji)'nin günlük fiyat değişim yönleri tahmin edilmiştir. Fiyat değişimlerinin tahmininde haber metinlerinde yer alan bilgi içeren kelimeler nitelik olarak kullanılmıştır. Haber metinlerinden çıkarılan 13000'e yakın kelime arasından endekslerin hareket yönüne etki eden kelimeler filtre tabanlı Simetrik Belirsizlik (SU) ve Fisher Puanı (F-P) nitelik seçme yöntemleri ile seçilmiştir. Seçilen kelimeler topluluk öğrenme modeli olan LightGBM sınıflandırıcısına girdi olarak verilmiş ve sınıflandırıcıların performansları Makro-Ortalama (MO) F-ölçütü ve doğruluk ile tahmin edilmiştir. Sınıflandırıcıların performansları incelendiğinde, XKMYA endeksinin günlük yön tahmini 0.68 MO F-ölçütü oranıyla tahmin edilmiştir. Tahmin işleminde F-P yöntemiyle seçilen nitelikler SU yöntemiyle seçilenlere göre daha yüksek performans oranlarına sahip olmuştur. Yön tahmininde başarılı olan 5 bireysel modelin yığınlama topluluk öğrenmesi yaklaşımıyla birleştirilmesi sonucunda ise MO F-ölçütü oranında %1'lik, doğruluk oranında ise %2'lik performans artışı meydana gelmiştir.

Anahtar Kelimeler: Borsa İstanbul tahmini, simetrik belirsizlik, fisher puanı, filtre tabanlı nitelik seçimi, topluluk öğrenmesi

Borsa İstanbul Energy Index Direction Prediction with Filter-Based Feature Selection and Ensemble Learning Approaches

Abstract

In the study, daily price change directions of XKMYA (energy), one of the important indexes of Borsa İstanbul, were predicted by using financial news published on financial portal website. In the prediction of price changes, the words containing information in the news texts were used as features. Among the 13000 words extracted from the news texts, the words influencing the movement direction of the index were selected by filter-based Symmetrical Uncertainty (SU) and Fisher Score (F-P) feature selection methods. The selected words were given as input to a robust ensemble learner, the LightGBM classifier and the model performances were predicted with Macro-Averaged (MA) F-measure and accuracy metrics. When the performances of the classifiers were examined, the daily direction prediction of the XKMYA index was estimated with a ratio of 0.68 MA F-measure. In the prediction process, the features selected by the F-P method had higher performance rates than those selected by the SU method. In addition, combining 5 successful individual models with an ensemble learning approach called as stacking resulted in a performance increase of 1% in MA F-measure and 2% in accuracy.

Keywords: Borsa İstanbul prediction, symmetric uncertainty, fisher score, filter-based feature selection, ensemble learning

¹ Sorumlu Yazar: Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Yazılım Mühendisliği Bölümü, Bandırma, Balıkesir, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2152-5490, hgunduz@bandirma.edu.tr¹

1. Giriş

Borsa tahmini son yılların ilgi çeken finansal tahminleme alanıdır. Bu ilginin temel nedeni, yapay öğrenmeye dayalı tahmin modelleriyle elde edilen başarılı tahminlerin yatırımcıların karlılığını arttıracakları beklentisidir. Ancak borsanın karmaşık ve doğrusal olmayan doğasından dolayı borsaların yönünün tahmin edilmesi zordur. Borsa tahmin çalışmalarının çoğunda yapay öğrenme modellerine endekslere veya hisselerle ait geçmiş fiyat verileri girdi olarak verilir ve ileri bir zaman periyodunda endeksin fiyatının hangi yönde hareket edeceği tahmin edilir. Yakın dönem borsa çalışmalarda ise internet ortamında yayınlanan yapılandırılmamış verilerin (twitler, finansal haberler vb.) borsa endeksi üzerindeki etkileri incelenmiştir [1]. Özellikle finansal haberlerin beklenmedik bilgiler içermesi ve gelişen bilişim teknolojileriyle haberlerinin yoğunluğunun artması, araştırmacıları metinlerden değerli bilgiler çıkarmaya sevk etmiştir. Bunun sonucunda borsa tahmininde fiyat verilerinin yanı sıra ekonomi haberlerinin de kullanılmasının önü açılmıştır [2].

Yapılan bu çalışmada, Türkiye'nin önemli finansal portalından elde edilen haber metinleri kullanılarak Borsa İstanbul'da en yüksek günlük işlem hacmine sahip endekslerinden Enerji (XKMYA)'nin günlük hareket yönleri tahmin edilmiştir. Çalışmada haber dokümanları metin madenciliği yöntemleri ile nitelik vektörlerine dönüştürülmüştür. Oluşturulan nitelik vektörlerinin elemanları haber metinlerinde geçen kelimelerden oluşmuştur. Vektörlerin sahip olduğu yüksek boyutlar yüksek nedeniyle bu vektörler üzerinde nitelik seçim yöntemleri uygulanmıştır. Seçilen nitelikler ile güçlü bir topluluk öğrenme modeli olan LightGBM sınıflandırıcısı eğitilmiş ve sınıflandırma performansları değerlendirilmiştir. Son aşamada ise bireysel sınıflandırıcılar bir diğer topluluk öğrenme yaklaşımı olan yığınlama yöntemiyle birleştirilmiştir.

Çalışmanın geri kalan kısımları şu bölümlerden oluşmaktadır: 2.Bölüm'de, topluluk öğrenmesiyle yapılan borsa tahmini çalışmalarından bahsedilecektir. 3.Bölüm'de kullanılan veri kümesinin ayrıntıları incelenecektir. 4.Bölüm'de çalışmada kullanılan metin ön işleme, nitelik seçimi, sınıflandırıcı ve değerlendirme yöntemleri anlatılacak, 5.Bölüm'de ise elde edilen deneysel sonuçlar paylaşılacaktır. Son bölümde ise çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirilecektir.

2. İlgili Çalışmalar

Farklı topluluk öğrenme modelleri son zamanlarda yayınlanan borsa tahmini çalışmalarında sıklıkla kullanılmıştır. Patel çalışmasında, Hint Menkul Kıymetler Piyasasının yönünü tarihsel hisse senedi fiyatlarını ve teknik göstergeleri kullanarak tahmin etmiştir. Tahminde Yapay Sinir Ağları (YSA), Destek Vektör Makineleri (DVM), Rastgele Orman (RO) ve Naive Bayes modelleri kullanılmış ve sınıflandırma performansları doğruluk ölçütü açısından karşılaştırılmıştır. RO modeli tahmin sürecinde diğer üç modelden daha iyi performans göstermiştir [3]. Ballings ve diğ. [4] borsa yönünü tahmin etmede tek sınıflandırıcıları topluluk modelleriyle karşılaştırmıştır. RO, Adaboost ve çekirdek fabrikası topluluk modelleri olarak seçilirken; YSA, Lojistik Regresyon, SVM ve K-En Yakın Komşu tek sınıflayıcı olarak belirlenmiştir. Deneysel sonuçları, topluluk modellerinin tekli modellere göre daha iyi sınıflandırma performansına sahip olduğunu göstermiştir. Mehta ve diğ. [5] ise hisse senedi fiyat tahmini için bir topluluk yaklaşımı geliştirmiştir. Topluluk öğrenmesi için Uzun-Kısa Süreli Bellek (Long-Short Term Memory), Destek Vektör Regresyonu (DVR) ve Çoklu Regresyon gibi çeşitli modeller seçilmiş ve performansları temel öğrenenlerle karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, temel öğrenenlere kıyasla topluluk öğrenimi yaklaşımının model değişkenliğini azalttığını ve tahmin doğruluğunu artırdığını göstermiştir. [6] 'da hisse senedi piyasası endeksinin eğilimini tahmin etmek için Extreme Gradyan Arttırma (XGBoost) modelini kullanmıştır. Çalışma XGBoost'un uzun vadeli eğilimi tahmin etmede başarılı olduğunu ve geleneksel yapay öğrenme modellerinin öngörücü performansını aştığını göstermiştir.

3. Veri Kümesi

Çalışmada borsa endeksi yönü yayımlanan haber metinleri kullanılarak tahmin edileceğinden yapay öğrenme modellerine giriş olarak verilecek haber verileri Mynet Finans portalından çekilmiştir. Mynet Finans'tan toplanan haber metinleri Borsa İstanbul'da işlem gören XKMYA şirketlerinin Kamu Aydınlatma Platformu (KAP)'na gönderdiği aylık ve dönemlik bilanço bildirimlerini, özel durum bildirimlerini ve kurulan iş bağlantılarını içermektedir. Şirketlerin KAP bildirimlerinin yanında, yerel ve küresel siyasi haberler, ekonomik gelişmeler, şirketlerle ilgili ulusal basında çıkan haberler ve şirket analiz raporları da toplanan diğer verilerdir. Mynet Finans portalı 2016 ve 2019 yılları boyunca taranmış ve toplam 106575 adet haber metni indekslenmiştir. XKMYA endekslerinin günlük hareket yönlerini belirten sınıf etiketlerini belirlemek için ise geçmiş fiyat verilerine ihtiyaç vardır. Bu endekslere ait geçmiş fiyat verileri tr.investing.com sitesinden alınmıştır.

4. Yöntemler

4.1. Metin ön işleme

İndekslenen haber metinlerinin yapay öğrenme modellerine girdi olarak verilebilmesi için bu metinlerin nitelik vektörlerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Haber metinlerinin nitelik vektörlerine dönüştürülmesinde Kelimeler Çantası (Bag of Words) gösterimi kullanılmıştır. Kelimeler Çantası gösteriminde nitelik vektörünün her bir boyutu bir tekil kelimeyi ifade eder. Haber metni için nitelik vektörü oluşturulurken haber metninde geçen kelimelere ait boyutlara değer olarak 1, diğer boyutlara ise değer olarak 0 atanır [7]. Böylece haber metinleri ikili değerli (Binary) vektörlere dönüştürülür.

Haber metinleri nitelik vektörlerine dönüştürülmeden önce ön işleme sürecine tabi tutulmuştur. Ön işleme süreci metinlerden etkisiz kelimelerin atılmasını ve kelimelerin gövde formuna dönüştürülmesini kapsamaktadır. Etkisiz kelimelere örnek olarak bağlaçlar, zamirler ve edatlar verilebilir. Etkisiz kelimeler metinlerde sıklıkla kullanıldığından dolayı bu kelimelerin ayırt ediciliği

düşüktür. Bundan dolayı metin işleme çalışmalarında bu kelimeler metinlerden ihmal edilir. Bu işlemi yapabilmek Python dilinde yazılmış doğal dil işleme modülü olan NLTK'dan yararlanılmıştır [8]. Etkisiz kelimelerin ayıklanmasından sonra dokümanlardaki noktalama işaretleri ve sayısal ifadeler de temizlenmiştir. Metinlerde geçen kelimelerin gövde halinin elde edilmesi de doğal işleme çalışmalarında sıklıkla kullanılan diğer bir işlemdir [9]. Bu işlem ile kelimeler çekim eklerinden arındırılarak gövde formuna dönüştürülür. Örneğin; “okuldayım, okula, okulun” gibi kelimeler gövde formunda “okul” olarak ifade edilir. Kelimelerin gövde halinin elde edilmesinde Osman Tunçelli tarafından yazılmış “Turkish Stemmer” modülü kullanılmıştır [10]. Kelime gövdelerinin bulunmasıyla tüm metinlerde geçen tekil kelime sayısı 10026 olmuştur. Metinlerin ön işlenmesinden sonra ise doküman sıklığı (document frequency) temel alınarak nitelik uzayının boyutu indirgenmiştir. Bir önceki aşamada bulunan tekil kelimelerin doküman sıklıkları (kelimelerin farklı metinlerde yer alma sayısı) Sklearn kütüphanesinin metotları ile bulunmuş ve sıklık değerleri büyükten küçüğe doğru sıralanmıştır. Doküman sıklığı 100'den az olan kelimeler ihmal edilerek nitelik uzayının boyutu 2983'e düşürülmüştür. Son aşamada belirlenen 2983 tekil kelimeyle Kelimeler Çantası gösteriminde haber dokümanlarına ait nitelik vektörleri oluşturulmuştur. d. haber dokümanına ait vektör gösterimi Eşitlik 4.1'de gösterilmektedir.

$$x(d) = [w_1, w_2, w_3, w_4, \dots, w_n] \quad (4.1)$$

Eşitlikte $x(d)$, n boyutlu nitelik vektörü olarak adlandırılır. w 'ler ise her bir tekil kelimeyi ifade etmektedir. Çalışmada borsa endeksinin fiyatının bir sonraki gün hangi yönde hareket edeceği tahmin edileceğinden, aynı gün içinde yayımlanan haber dokümanlarının birleştirilmesi gerekir. Birleştirme işleminden önce dokümanlar kronolojik olarak sıralanmış ve saatlik dilimlere ayrılmıştır. Daha sonra her saat diliminde yer alan haber dokümanları K-ortanca (K-medoids) yöntemiyle kümelenecek ve saat dilimini temsil eden haber dokümanı bulunmuştur. Böylece her bir gün 24 adet haber dokümanı ile temsil edilmiştir. Son aşamada ise aynı gün içerisinde yayımlanmış 24 haber dokümanının nitelik vektörlerinden her bir işlem günü için bir nitelik vektörü oluşturulmuştur. Bu işlem ile 2016 ve 2019 yılları arasında Borsa İstanbul'un işleme açık olduğu 1009 gün için 1009 adet nitelik vektörü oluşturulmuştur.

Haber dokümanları kullanılarak nitelik vektörleri oluşturulduktan sonra vektörlere XKMYA endeksinin hareket yönünü gösteren sınıf etiketlerinin ataması yapılmıştır. Haber dokümanlarının yayınlandıktan sonraki günde XKMYA endeksinin hareket yönünü tahmin etmek için, teknik göstergelerden değişim oranı (rate of change) kullanılmış ve 2016 ve 2019 yıllarındaki her işlem gününde XKMYA endeksinin açılış fiyatlarının değişim oranı incelenmiştir. Eşitlik 4.2, t .gün için açılış fiyatı değişim oranının, $p(t)$ 'in, nasıl hesaplanacağını göstermektedir.

$$p(t) = \frac{[s(t) - s(t - 1)]}{s(t - 1)} \quad (4.2)$$

Eşitlik 4.2'de, $s(t)$ t .gündeki endeks açılış fiyatını, $s(t - 1)$ ise $t - 1$. gündeki endeks açılış fiyatını göstermektedir. Her bir gün için endekslerin değişim oranı belirlendikten sonra literatürdeki çalışmalar göz önünde bulundurularak 0,015'lik bir eşik değeri seçilmiştir [3]. Hareket yönünü belirten etiketlerin atanması Eşitlik 4.3'de gösterilmiştir.

$$r(t) = \begin{cases} +1, & p(t) \geq 0,015 \\ -1, & p(t) < 0,015 \end{cases} \quad (4.3)$$

Eşitlik 4.3'e göre, eğer $p(t)$ değeri 0.015 değerinden büyük/eşit ise bu t . günde endeks fiyatının artışının anlamlı olduğunu göstermektedir ve o güne etiket olarak “+1” atanmıştır. Eğer $p(t)$ değeri 0.015 değerinden küçük ise o güne etiket olarak azalışı gösteren “-1” etiketi tanımlanmıştır. İşlem günleri için XKMYA endeksinin sınıf etiketleri belirlendikten sonra bu etiketler ile haber dokümanları nitelik vektörleri ile hizalanmış ve bu nitelik vektörlerine atanmıştır. Böylece haber dokümanlarını kullanılarak iki endeks içinde veri kümelerinin hazırlanması tamamlanmıştır.

4.2. Öznitelik Seçimi

Çalışmada, veri kümesindeki nitelikler kelimelerden oluşmuştur ve sayısı 2983'tür. Nitelik sayısının fazla olması yapay öğrenme problemlerinde sınıflandırıcı performansını negatif yönde etkilemektedir. Nitelik seçimiyle çok sayıda nitelikten veri kümesini en iyi şekilde temsil eden belirli sayıda nitelik seçilecektir. Nitelik seçimi ile sınıflandırıcı açısından gürültü olarak görülen nitelikler elenecek ve sınıflandırıcı performansı yükselecektir [11]. Seçilen niteliklerin haber metinlerinin içeriğini yansıtmaları borsa endeksi hareketi tahmininde önemli olacaktır.

Çalışmada, veri kümesi üzerinde nitelik alt kümesi seçimi için filtre yaklaşımı yöntemleri kullanılmıştır. Filtre yaklaşımında nitelikler herhangi bir sınıflandırma algoritması kullanılmadan değerlendirilir ve nitelikler ile sınıf etiketleri arasındaki ilişkilere bakılarak her bir nitelik puanlanır. Elde edilen nitelik puanlarına göre yüksek puana sahip nitelikler seçilir [12]. Çalışmada kullanılan filtre tabanlı nitelik seçme yöntemleri Simetrik Belirsizlik (Symmetric Uncertainty) ve Fisher Puanı (F-P)'dir

Simetrik Belirsizlik kavramı düzensizlik (Entropy) ve Ortak Bilgi (Mutual Information) kavramları ile ilişkilidir. Simetrik belirsizliğin tanımı Eşitlik 4.4'de gösterilmiştir.

$$SU(X, Y) = \frac{2 * I(X, Y)}{H(X)H(Y)} \quad (4.4)$$

Eşitlikte $I(X, Y)$ X ile Y değişkenleri arasındaki Ortak Bilgiyi, $H(X)$ ve $H(Y)$ ise sırasıyla X ve Y değişkenlerinin düzensizlik değerlerini göstermektedir. Simetrik Belirsizlik yönteminin Ortak Bilgi yöntemine üstünlüğü, nitelik ve sınıf etiketi düzensizlik değerlerinin normalizasyon için kullanılmasıdır [13]. Simetrik Belirsizlik yöntemiyle nitelik seçimi yapılırken her bir nitelik vektörü ile sınıf etiketi vektörü arasında Simetrik Benzerlik değeri hesaplanacaktır. Hesaplanan nitelik değerleri önceden belirlenen eşik değerinin altında kalıyorsa, bu nitelikler sınıflandırma sürecinde ihmal edilecektir.

Filtre yaklaşımı ile her bir nitelik ile sınıf etiketleri arasında ne kadar ilgililik (relevance) olduğu bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan diğer bir nitelik seçme yöntemi olan Fisher-Puanı (F-P), yüksek boyutlu verilerden ilgili özellikleri seçmek için nitelik vektörlerinin her bir boyutu ile bu vektörlere atanan sınıf etiketleri arasındaki ilişkiyi ölçmeyi amaçlamaktadır. F-P, her sınıf için özelliklerin ortalama ve standart sapma değerlerini kullanarak ilgililik puanlarını hesaplar. F-P'nin formülü aşağıda gösterilmiştir:

$$f(k) = \frac{\sum_{j=1}^C n_j (\mu_j^l - \mu^l)^2}{\sum_{j=1}^C n_j (\sigma_j^l)^2} \quad (4.5)$$

Eşitlik 4.5'te; μ_j^l ve σ_j^l sırasıyla j sınıfındaki l'inci niteliğin ortalamasını ve varyansını gösterir. n_j , j sınıftaki örneklerin sayısını belirtirken, μ^l , l'inci nitelik örneklerinin ortalamasını temsil eder [14]. F-P ile nitelik seçme adımında tüm nitelikler hesaplanan F-P'ye göre yüksekten düşüğe doğru sıralanır ve yüksek puanlardan başlayarak istenilen sayıda nitelik seçilir.

Veri kümesinde bulunan 2983 kelimeye ait SU ve F-P yöntemleri ile puan hesaplanması yapılmıştır. Hesaplanan değerler büyükten küçüğe doğru sıralanmış ve en büyük SU ve F-P değerlerine sahip ilk 1000 niteliğin seçimi gerçekleştirilmiştir. Seçilen nitelikler kullanılarak farklı nitelik sayısına sahip 12 nitelik alt kümesi oluşturulmuştur. Bu alt kümelerin nitelik sayıları sırasıyla 10, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900 ve 1000'dir. Aynı alt kümeler sınama kümesi içinde seçilmiştir.

4.3. Sınıflandırıcı

Arttırma (Boosting), çok sayıda temel öğreniciyi tek bir güçlü öğrenci üretmek için birleştiren bir topluluk öğrenme yaklaşımıdır. Arttırma, her modeli aynı veri kümesine göre eğiterek ancak örneklerin ağırlıklarını son tahminin hatalarına göre ayarlayarak bir öğrenci grubu oluşturur. Arttırmadaki temel ilke, modelleri tahmin etmekte zorlanan örneklerle odaklanmaya zorlamaktır. Arttırma yöntemi başarılı performansları nedeniyle birçok probleme başarıyla uygulanmıştır [15].

LightGBM, karar ağaçlarına dayanan hızlı, dağıtılmış yüksek performanslı bir topluluk öğrenme modelidir. Birçok zayıf karar ağacından oluşan bir gradyan arttırma (Gradient Boosting) çeşididir. Torbalama yaklaşımının aksine, LightGBM modelleri eklemeli ve ardışık olarak birleştirir. Arttırıcı modeller, her karar ağacını eğitirken ve verileri bölerken, seviye odaklı ve yaprak odaklı olarak adlandırılan iki strateji kullanır. Seviye yönelimli yaklaşım, büyümede ağacın dengesini korurken, yaprak yönelimli yaklaşım en çok azalan yaprağı azaltmaya devam eder. LightGBM'nin sadece belirli bir daldaki kayıpları seçmekle kalmayıp aynı zamanda tüm kayıplara katkısına bağlı olarak ayrışan yaprak odaklı ağaç yapısı ve diğer derinlik odaklı öğrenme modellerinin büyümesinden daha az hata oranına sahip ağaçları öğrenir [16].

4.4. Performans Değerlendirme

Sınıflandırma performansını değerlendirme ölçütleri olarak doğruluk ve Makro-Ortalama (MO) F-ölçütü kullanılmıştır. Doğruluk, sınıflandırıcı tarafından doğru olarak tahmin edilen örnek sayısının sınama kümesindeki örnek sayısına bölünmesiyle bulunur. Doğruluk oranıyla sınıflandırıcının genel performansı hakkında bilgi sahibi olunabilir [17]. Veri kümesindeki sınıf dağılımı dengesiz olduğunda sınıflandırma başarısını doğruluk oranıyla ölçmek yanıltıcı olabilmektedir. Bu durumun önüne geçmek için sınıflandırıcının sınıf seviyesindeki tahmin performansına bakılmalıdır. Sınıflandırıcının sınıf seviyesindeki performansını ölçmek için F-Ölçütü kullanılmıştır. F-Ölçütü anma ve kesinlik değerlerinin harmonik ortalaması alınarak bulunur. F-Ölçütü ile veri kümesindeki her sınıf için bir başarı oranı hesaplanmaktadır. F-Ölçütü ile sınıf seviyesinde performans ölçülürken, bulunan F-Ölçütü değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak hesaplanan MO F-Ölçütü ile sınıflandırıcının genel performansı (MO) değerlendirilmiştir [18].

5. Deneysel Sonuçlar

Sınıflandırıcı eğitimini gerçekleştirmek ve modelin performansını sınamak için veri kümeleri iki kısma ayrılmıştır. Ayrım yapılırken borsa işlem günleri dikkate alınmıştır. Veri kümesindeki örnek sayısının %75'i eğitim kümesi, % 25'i ise sınama kümesi için ayrılmıştır. Ayrım yapılırken zaman serisinin bozulmaması gerekliliği göz önünde bulundurulmuştur. Oluşturulan eğitim-sınama kümeleri ve seçilen nitelik alt kümeleri ile LightGBM sınıflandırıcısı eğitilmiş ve sınıflandırma modelleri oluşturulmuştur.

4 yıllık süre içerisinde (2016 ve 2019 yılları) ilk 36 aya ait nitelik vektörleri eğitim kümesini, son 12 aya ait nitelik vektörleri de sınama kümesini oluşturmuştur. Eğitim kümesinde 756 adet örnek (işlem günü), sınama kümesinde ise 253 örnek (işlem günü) bulunmaktadır. İlk aşamada Simetrik Belirsizlik yöntemiyle XKMYA için seçilen 1000 nitelik ile sınıflandırma performansı gerçekleştirilmiştir. XKMYA endeksine ait sınıflandırma sonuçları Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. XKMYA endeksinin sınıflandırma performansı (Simetrik Belirsizlik).

Simetrik Belirsizlik (XKMYA)		
Nitelik Sayısı	MO F-Ölçütü	Doğruluk
10	0,39	0,62
50	0,46	0,55
100	0,60	0,62
200	0,65	0,66
300	0,64	0,66
400	0,67	0,69
500	0,65	0,66
600	0,66	0,66
700	0,62	0,62
800	0,63	0,65
900	0,60	0,62
1000	0,59	0,62

XKMYA endeksi için sınıflandırma sonuçları incelendiğinde ise en yüksek Makro-ortalama F-ölçütü başarısı %67'dir. Bu başarı 400 nitelik kullanılarak elde edilmiştir. Bu sınıflandırma işleminde 200 nitelik ile de 0.65 MO F-ölçütü başarısı bulunmuştur.

Tablo 2'de ise F-P yöntemiyle seçilen nitelikler kullanılarak XKMYA için eğitilen sınıflandırıcı performansları gösterilmiştir. F-P yöntemiyle seçilen nitelikler ile XKMYA endeksinde 500 nitelikle 0.68'lik MO F-ölçütü başarısı elde edilmiştir. Bu sınıflandırıcıyla sadece 100 nitelik kullanılarak da tatmin edici bir performans alınabilir.

Her iki yöntem ile seçilen nitelik altkümeleriyle sonuçlar elde edildikten sonra bu sonuçları üreten modeller birleştirilmiştir. Birleştirme işleminde bir diğer topluluk öğrenme yaklaşımı olan yığınlama (stacking) yöntemi kullanılmıştır. Yığınlama yöntemiyle bireysel sınıflandırıcıların ürettiği çıktılar seçilen bir yapay öğrenme modeline girdi olarak verilir ve bu model girdilerden final çıktısı üretir [19]. Yığınlama yönteminin aşamaları şöyledir:

- Veri kümesi, eğitim, doğrulama ve test kümelerine ayrılır.
- Bireysel sınıflandırma modelleri eğitim kümesi üzerinde eğitilir.
- Sadece doğrulama kümesi ve test kümesi üzerinde tahminler yapılır.
- Doğrulama tahminleri, yeni bir model oluşturmak için nitelikler olarak kullanılır.
- Bu model, tahmin değerlerini nitelik olarak kullanarak test kümesi üzerinde son tahminleri elde eder.

Bireysel sınıflandırıcılar olarak her iki seçme yöntemiyle alınan en yüksek MO F-ölçütü oranına sahip 5 model seçilmiştir (F-R seçimiyle 100,300,400, 500 nitelikle eğitilmiş modeller, SU seçimiyle 400 nitelikle eğitilmiş model.) Yığınlama işlemi için Lojistik Regresyon modeli kullanılmıştır. Yığınlama işlemi sonucunda sınıflandırma başarısı 0.69 MO F-ölçütü ve 0.72 Doğruluk oranı şeklinde gerçekleşmiştir.

Tablo 2. XKMYA endeksinin sınıflandırma performansı (Fisher Puanı).

Fisher Puanı (XKMYA)		
Nitelik Sayısı	MO F-Ölçütü	Doğruluk
10	0,42	0,64
50	0,58	0,65
100	0,66	0,7
200	0,63	0,67
300	0,66	0,69
400	0,66	0,67
500	0,68	0,7
600	0,66	0,67
700	0,63	0,65
800	0,62	0,64
900	0,61	0,64
1000	0,58	0,61

6. Değerlendirme

Yapılan çalışmada, ekonomi haberleri kullanılarak Borsa İstanbul XKMYA endeksinin hareket yönleri tahmin edilmiştir. Tahmin yapılırken nitelik olarak haber dokümanlarında geçen kelimeler kullanılmıştır. Haber dokümanları doğal dil işleme ve metin

madenciliği teknikleri ile nitelik vektörlerine dönüştürülmüş ve bu nitelik vektörlerine XKMYA'nın açılış fiyatları kullanılarak endeksin hareket yönünü gösteren sınıf etiketleri atanmıştır. Veri kümesi oluşturulduktan sonra, veri kümelerinin boyutunu indirgemek için Simetrik Belirsizlik ve Fisher Puanı nitelik seçme yöntemleri kullanılmıştır. Uygulanan nitelik seçme yöntemleri ile en yüksek puana sahip 1000 nitelik seçilerek nitelik alt kümeleri oluşturulmuştur. Oluşturulan nitelik kümeleri ile LightGBM sınıflandırıcısı eğitilmiş ve sınıflandırma performansları doğruluk ve MO F-ölçütü ile değerlendirilmiştir. Sınıflandırıcıların performansları incelendiğinde, XKMYA endeksinin yön tahmininde 0.68'lik MO F-Ölçütü oranına erişilmiştir. Simetrik Belirsizlik ve F-P yöntemlerinin sınıflandırma performansları karşılaştırıldığında, tahmin işleminde F-P yöntemiyle elde edilen nitelikler daha başarılı olmuştur. Yapılan son deneyde ise bir diğer topluluk öğrenme yaklaşımı olan yığınlama yöntemi kullanılmıştır. Yığınlama yöntemiyle en iyi sınıflandırma performansına sahip 5 model birleştirilmiş ve endeksin tahmin başarısının MO F-ölçütü açısından %1, doğruluk ölçütü açısından %2 arttığı görülmüştür.

Kaynakça

- [1] Vachhani, H., Obiadat, M. S., Thakkar, A., Shah, V., Sojitra, R., Bhatia, J., & Tanwar, S. (2019, October). Machine learning based stock market analysis: A short survey. In *International Conference on Innovative Data Communication Technologies and Application* (pp. 12-26). Springer, Cham.
- [2] Li, X., Wu, P., & Wang, W. (2020). Incorporating stock prices and news sentiments for stock market prediction: A case of Hong Kong. *Information Processing & Management*, 102212.
- [3] Patel, J., Shah, S., Thakkar, P., & Kotecha, K. (2015). Predicting stock market index using fusion of machine learning techniques. *Expert Systems with Applications*, 42(4), 2162-2172.
- [4] Ballings, M., Van den Poel, D., Hespeels, N., & Gryp, R. (2015). Evaluating multiple classifiers for stock price direction prediction. *Expert Systems with Applications*, 42(20), 7046-7056.
- [5] Mehta, S., Rana, P., Singh, S., Sharma, A., & Agarwal, P. (2019, August). Ensemble learning approach for enhanced stock prediction. In *2019 Twelfth International Conference on Contemporary Computing (IC3)* (pp. 1-5). IEEE.
- [6] Nobre, J., & Neves, R. F. (2019). Combining principal component analysis, discrete wavelet transform and XGBoost to trade in the financial markets. *Expert Systems with Applications*, 125, 181-194.
- [7] Hájek, P. (2018). Combining bag-of-words and sentiment features of annual reports to predict abnormal stock returns. *Neural Computing and Applications*, 29(7), 343-358.
- [8] Hardeniya, N., Perkins, J., Chopra, D., Joshi, N., & Mathur, I. (2016). *Natural language processing: python and NLTK*. Packt Publishing Ltd.
- [9] Gündüz, H., Yaslan, Y., & Çataltepe, Z. (2018, May). Stock market prediction with deep learning using financial news. In *2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.
- [10] Url1:<https://github.com/otuncelli/turkish-stemmer-python> (Erişim Tarihi: 08.09.2020)
- [11] Gülşen, E., Gündüz, H., Cataltepe, Z., & Serinol, L. (2015, May). Big data feature selection and projection for gender prediction based on user web behaviour. In *2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1545-1548). IEEE.
- [12] Cherrington, M., Thabtah, F., Lu, J., & Xu, Q. (2019, April). Feature selection: filter methods performance challenges. In *2019 International Conference on Computer and Information Sciences (ICCIS)* (pp. 1-4). IEEE.
- [13] Sosa-Cabrera, G., García-Torres, M., Gómez, S., Schaerer, C., & Divina, F. (2017). Understanding a version of multivariate symmetric uncertainty to assist in feature selection. *arXiv preprint arXiv:1709.08730*.
- [14] Saqlain, S. M., Sher, M., Shah, F. A., Khan, I., Ashraf, M. U., Awais, M., & Ghani, A. (2019). Fisher score and Matthews correlation coefficient-based feature subset selection for heart disease diagnosis using support vector machines. *Knowledge and Information Systems*, 58(1), 139-167.
- [15] Schapire, R. E. (2003). The boosting approach to machine learning: An overview. In *Nonlinear estimation and classification* (pp. 149-171). Springer, New York, NY.
- [16] Ke, G., Meng, Q., Finley, T., Wang, T., Chen, W., Ma, W., ... & Liu, T. Y. (2017). Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree. In *Advances in neural information processing systems* (pp. 3146-3154).
- [17] Gunduz, H. (2019). Deep learning-based Parkinson's disease classification using vocal feature sets. *IEEE Access*, 7, 115540-115551.
- [18] Gunduz, H., Yaslan, Y., & Cataltepe, Z. (2017). Intraday prediction of Borsa Istanbul using convolutional neural networks and feature correlations. *Knowledge-Based Systems*, 137, 138-148.
- [19] Pavlyshenko, B. (2018, August). Using stacking approaches for machine learning models. In *2018 IEEE Second International Conference on Data Stream Mining & Processing (DSMP)* (pp. 255-258). IEEE.



Bir Tartım Otomasyonunda, Platform Tipi Yük Hücrelerinin, S-tipi Olarak Kullanılması

Ebubekir Yaşar^{1*}

^{1*} Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0780-893X).

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821620)

ATIF/REFERENCE: Yaşar E. (2020). Bir Tartım Otomasyonunda, Platform Tipi Yük Hücrelerinin, S-tipi Olarak Kullanılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 221-227.

Özet

Tarımsal ürünlerin dayanımını artırma gayretlerinden birisi de kurutmadır. Ürünlerin kuruma karakteristiklerini incelemek için yapılan çalışmalarda kütle oldukça önemlidir. Bu çalışmada, kurutma denemeleri için tasarlanmış 3 numune kabına sahip, sıcak hava ile çalışan bir deneysel kurutucu sisteme otomatik tartım sistemi yapılmıştır. Kurutma makinelerinde kapların ağırlıklarını ölçmek için operatör sürekli belirli zaman aralıklarında kapları yerinden çıkartarak, tartıp tekrar yerine koymaktadır. Kurutma süresi, ürün çeşidi ve miktarına göre 72 saate kadar sürebilmektedir. Bu çalışmada, ürünlerin kütle kaybını ölçmedeki zorluklara çözüm getirmek amacıyla bir tartım otomasyonu gerçekleştirilmiştir. Üç hazneli kurutucu için üç adet yük hücresi kullanılarak ürünlerin kütlesi istenen zaman aralıklarında anlık olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada Arduino Mega, HX711 24 bit ADC kartı ve kullanıcı ile etkileşim bileşenlerine sahip Nextion ekran kullanılmıştır. Askı tip yükleri ölçmede sıklıkla kullanılan S-tipi yük hücreleri yerine çubuk şeklinde platform tipi yük hücreleri kullanılmıştır. Daha ucuz olan platform tipi yük hücreleri, hazırlanan aparatlarla S tipi yük hücresine dönüştürülmüştür. Bu sayede platform tipi yük hücrelerinden daha duyarlı ve ucuz birer S tipi yük hücreleri elde edilmiştir. Yapılan testlerde ölçmeye ait önemli parametreler elde edilerek sistemin başarımı kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yük hücresi, Aduino Mega, Nextion ekran, HX711.

The Use of Platform Type Load Cells as S-type in a Weighing Automation

Abstract

One of the efforts to increase the strength of agricultural products is drying. Mass is very important in studies to examine the drying characteristics of products. In this study, an automatic weighing system was built on an experimental dryer system working with hot air with 3 sample containers designed for drying trials. In order to measure the weight of the containers in the drying machines, the operator removes the containers at certain time intervals, weighs them and puts them back into their place. Drying time takes up to 72 hours depending on the product type and quantity. In this study, a weighing automation was implemented in order to solve the difficulties in measuring the mass loss of products. By using a separate load cell for each container of the dryer, the mass of the test materials was measured instantaneously at the desired time intervals. In this study, Arduino Mega, HX711 24 bit ADC board and Nextion display with user interaction components are used. Instead of S-type load cells, which are frequently used to measure tensile forces, rod-shaped platform type load cells are used. The cheaper platform type load cells were transformed into S type load cells with the prepared apparatus. In this way, S-type load cells which are more sensitive and cheaper than platform type load cells were obtained. The performance of the system has been proven by obtaining important parameters of measurement in the tests.

Keywords: Load cell, Arduino Mega, Nextion display, HX711.

* Sorumlu Yazar: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Bölümü, Tokat, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0780-893X), ebubekir.yasar@gop.edu.tr

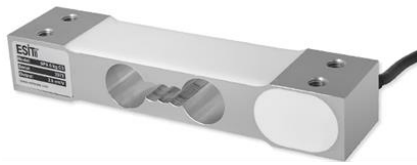
1. Giriş

Yükün ölçülmesi, birçok endüstriyel ve ticari operasyonun en önemli bir parçasıdır. Üretim ve pazarlamada tekrar tekrar meydana gelen küçük hatalar önemli ölçüde gelir kaybına yol açabileceğinden, doğru yük ölçümlerine sahip olmak oldukça önemlidir (Anton Satria Prabuwono vd., 2009). Yük hücreleri, kuvveti elektrik sinyaline çevirerek ağırlık ölçmede sıklıkla kullanılır (Yunho Kim, Hyungchul Kim ve Junghoon Lee, 2009). Yük hücreleri yıllardır çeşitli uygulamalarda kullanılmaktadır ve genellikle endüstriyel ağırlıklandırma sistemleri için kuvvet sensörü olarak kabul edilmektedir (Jose S. Higino, Carlos Couto, 1995). Yük hücrelerinin yapısında daha çok esnemeyi algılayan gerinim ölçerler (strain gauge) kullanılmaktadır. Gerinim durumunda gerinim ölçerin direnç değeri değişir (Holman, 1995) (D. Leea vd., 2012). Gerilme durumunda direnç artarken, büzülme durumunda ise direnç azalmaktadır (dewesoft.com, 2020). Bu tip bir yük hücrelerinin performansı esnek elemana ve gerinim ölçerin özellikleri ile belirlenir (Yunho Kim, Hyungchul Kim ve Junghoon Lee, 2009). Çeşitli uygulamalar için gerinim ölçer teknolojisi kullanan çok sayıda yük hücresi geliştirilmiştir (Edmond Lou vd., 1988). Çoğu yük hücresi yüksek akım tüketimine, zayıf doğrusallığa ve düşük histeresize sahiptir (J. G. Webster, 1988). Gerinim ölçer yük hücreleri, endüstride ve araştırmalarda en yaygın olarak kullanılan hücrelerdir. Bu yük hücreleri özellikle serttir ve çok iyi rezonans değerlerine sahiptir bu yüzden uygulamada uzun ömürlü olma eğilimindedir. Gerinim ölçer yük hücrelerinin malzemesi uygun bir şekilde deformeye olduğunda gerinim ölçerin deformeye olmasında / gerilmesi / büzülmesi ilkesi üzerinde çalışır. Bu değerler son derece küçüktür ve malzeme yük hücrelerinin o sırada maruz kaldığı gerilim değeri ile ilişkilidir. Gerinim ölçer elemanın direncindeki değişiklik, elektriksel olarak ölçülebilir bir değer değişikliği sağlar. Direnç değişiminin potansiyel farka dönüştürülmesi amacıyla Wheatstone köprüsü denilen dirençlerden oluşan bir pasif devre kullanılır. Wheatstone köprüsü, basitlik, kullanılabilirlik ve güvenilirlik nedeniyle tercih edilir. Elektrik sinyali çıkışı tipik olarak birkaç mili volt düzeyindedir ve bir enstrümantasyon amplifikatörü tarafından kullanılmadan önce yükseltilmesi gerekir. Dönüştürücünün çıkışı, dönüştürücüye uygulanan kuvveti hesaplamak için ölçeklendirilebilir (A. Qandil ve A. I. O. Zaid, 2015).

Yük hücreleri, uygun şekilde tasarlandığında ve kullanıldığında, çok doğru ve güvenilir sonuçlar veren sensörlerdir (Ivan Muller, 2010). Yüksek hassasiyete sahip yük hücreleri ise pahalıdır. Yük hücrelerinde ana esnek eleman genelde çelik ve alüminyum malzemeden oluşmaktadır. Esnekliği ise maksimum kapasiteyi belirler. Çözünürlüğü en yüksek esnek elemanlar çelik yapıya sahip olanlardır. Esnek metal malzemelerin ağırlık merkezleri etrafında oluşturulan büyük delikler malzemenin en fazla dayanabileceği yükü belirler.

Yük hücrelerinde frekans cevabı, eski konumuna gelebilme kabiliyeti ve histerezis eğrisi gibi parametreler yaygın hata kaynaklarıdır (D. Crescini, 2012).

Piyasada satılan üretilmiş yük hücrelerinden en duyarlı olanlarının başında çelik yapıda üretilmiş platform tipi yük hücreleri gelmektedir. Platform tipi yük hücrelerinin yapıları daha basit ve bu nedenle daha ucuzdurlar. Yapılarının basitliği bu tip yük hücrelerini geniş bir yelpazede üretilmelerini sağlamıştır. Birçok firmanın farklı kapasitelere sahip en geniş yük hücresi ailesi platform tipi yük hücreleridir. Ayrıca yük hücreleri içerisinde endüstriyel yapıda ve standartları karşılayan parametrelere sahip en küçük taksimatta (çözünürlük çıktısı), küçük kapasitelerde ağırlıklar için üretilmiş en fazla çeşide sahiptir. Platform tipi yük hücreleri küçük platform teraziler, hassas teraziler, tank-silo tartımlarında kullanılır. Diğer taraftan S-tipi yük hücreleri ise vinç basküllerinde, asma tip tank tartımlarında kullanılır. Birçok firmaya ait S tipi yük hücrelerinin kapasite değeri 25 kg dan başlamaktadır ve bundan daha düşük kapasitede S tipi yük hücresine sahip değildir.



Şekil 1. A platform-type load cell

Bu daha düşük kapasiteli S-tipi yük hücresi üretilemez anlamına gelmemekle beraber istendiğinde özel üretim olarak üretilmektedir. Özel üretim yük hücreleri ise pahalı maliyete sahiptir.

Bu çalışmada sıcak hava ile kurutma yapan bir sisteme konulan malzemelerin ağırlık kayıplarını ölçen bir tartım otomasyonu yapılmıştır. Toplam 3 adet yük hücresinden alınan sinyaller sinyal iyileştirme devresinden ve ADC üzerinden Arduino Mega mikrodenetleyici karta uygulanarak veriler ekran üzerinde elde edilmişlerdir. Ayrıca Arduino Mega, seri port üzerinden elde ettiği verileri bilgisayara da istenirse gönderebilmektedir. Proje kapsamında Covid-19 kaynaklı bir zorunluluktan dolayı S tipi yük hücreleri yerine alınan platform tipi yük hücreleri askı tip uygulamada ağırlık ölçmek için kullanılmıştır. Dolayısı ile bu projede platform tipi yük hücreleri, S tipi yük hücreleri yerine kullanılmıştır.

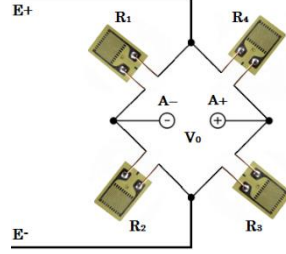
2. Materyal ve Metot

2.1. Yük Hücresi

Yük hücreleri kuvveti elektrik sinyallerine çeviren sensörlerdir. Yüklerin ve kuvvetlerin ölçülmesi amacıyla kullanılır. Yük hücreleri, metallerin kuvvet uygulandığında esnemesi temelinde çalışır. Metallerdeki esneme miktarı gerinim ölçerler (strain-gauge) yardımıyla algılanarak elektriksel direnç değerine dönüştürülür. Bu projede ESIT marka SPA-3 model 3kg'lık platform tipi yük hücresi kullanılmıştır. SPA-3 model yük hücresi en fazla 3kg ağırlık ölçebilen düşük çözünürlük değerine sahip bir yük hücresidir. Projede e-ISSN: 2148-2683

kullanılan platform tipi yük hücresi Şekil 1’de gösterilmiştir. Materyal olarak korozyona dayanıklı alüminyum metalden üretilmiştir. Yük hücresinin düşük skalada seçilmesi onun duyarlılığını, pozitif etkileyecek bir parametredir. Sensör çözünürlüğü, sensörün girişinde meydana gelen ne kadarlık minimal bir değişimin sensör tarafından çıkış oluşturabilecek bir büyüklük olarak kabul edildiğini göstermektedir.

Genel olarak, yük hücresi Wheatstone köprü biçiminde dört gerinim ölçerden oluşur, ancak bir veya iki gerinim ölçerden oluşan çeşitleri de vardır. Elektriksel çıkış sinyali genellikle milivolt(mV) olarak temsil edilir ve kullanılmadan önce mutlaka yükseltme gereksinimi vardır. Wheatstone köprüsüne ait şekil aşağıda gösterilmiştir (D. Atmajaya, 2018).



Şekil 2. HX711-Yük hücresi sensör bağlantısı

Wheatstone köprüsüne ait giriş ve çıkış gerilim ilişkisi Denklem 1’de verilmiştir.

$$V_0 = \left[\frac{R_3}{R_3 + R_4} - \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right] \cdot V_E \quad I$$

2.1.1 Bağlantı Aparatları

Projede S tipi yük hücrelerini, platform tipi hücrelerden elde etmek için her bir yük hücresi için iki adet 5mm kalınlığında çelik levha CNC ile kestirilmiştir. Amaç yük hücresine asılan yükün iz düşümünü, yük hücresinin ortasından geçirmektir.



Şekil 3. A platform-type load cell

Her bir yük hücresi için bu levhalardan 2 adet kullanılarak platform tipi yük hücreleri S tipi yük hücrelerine dönüştürülmüştür. Askı için ise halkalı cıvata ve gerdirme mekanizması kullanılmıştır. Gerdirme mekanizması düşey mesafeyi ayarlamak için kullanılmıştır. Çünkü kurutma sistemindeki kapların kurutma kulelerine çok düşük mesafede yaklaşması gerekmektedir. S tipi şekline dönüştürülmüş bir yük hücresi aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 4. Platform tipi yük hücresinden elde edilen S tipi yük hücresi

2.2 Sinyal İyileştirme ve ADC(HX711)

Yük hücreleri için kullanılan sinyal iyileştirme ve ADC ikisi bir arada son zamanların popüler çözümü HX711 modülü kullanılmıştır. Yapısındaki dahili sinyal kuvvetlendirici ve 24 bit çözünürlüğe sahip ADC modülü olan HX711, yük hücresi

amplifikatördür. Dahili maksimum 128 kat kazanca sahiptir ve bu sayede küçük sinyalleri (mV) ölçebilir. HX711, kanal A ve kanal B olmak üzere iki kanala sahiptir ve iletişim süreci basittir. Örnekleme oranı nispeten <100 düşüktür (N. Ge ve L. Xie, 2019). HX711 sadece ADC içermemekte ayrıca yük hücresinden gelen (yük/ağırlık hücresi) sinyali filtreleme, yükseltme ve elde edilen verileri 2 hat(veri ve darbe sinyali) üzerinden mikrodenetleyiciye ileten bir karttır.



Şekil 5. Sinyal kuvvetlendirici, ADC, filtreleme ve arayüz işlevlerini gören HX711 kartı

Yük hücreleri için renk kodları üreticilere göre değişebilmektedir. Yük hücresi içerisinde bulunan Wheatstone köprüsü formasyonunda bağlanan dirençler Şekil 5'teki pin isimleri yardımıyla HX711'e bağlanarak kullanılır. HX711 içerisinde kullanılan ADC girişine uygulanan analog değer için $2^{24} = 16.777.216$ farklı değer üretebilir. 3kg'lık yük hücresinin çözünürlüğü $3000/16.777.216 = 0.00018$ gr okuma duyarlılığına sahiptir. Sensör bu duyarlılıktan daha büyük(kaba) duyarlılığa sahip olduğundan seçilen ADC fazlası ile bu prosese yeterlidir.

Yük hücresini HX711'e bağladıktan sonra kart üzerindeki VDD, VCC, DAT, CLK ve GND bağlantıları mikrodenetleyiciye uygun olarak bağlanmıştır.

2.3 Arduino Mega

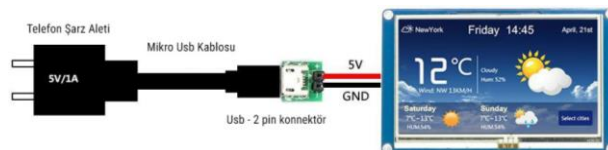
Gelen sinyalleri alıp, işlemek için yapısında mikrodenetleyiciye sahip programlanabilen Arduino Mega mikrodenetleyicisi kullanılmıştır. Arduino, yapısında mikroişlemci bulunan kullanışlı ve esnek bir açık kaynaklı elektronik prototip platformudur (D. Atmajaya, 2018). Arduino Mega 2560 mikrodenetleyici olarak 16 Mhz frekansa sahip Atmega2560 içeren bir karttır. 15 tanesi PWM özelliğe sahip 54 tane dijital giriş/çıkış pini vardır. Bunun yanında 16 tane analog giriş, 4 tane UART seri port vardır. Programlama hem USB üzerinden hemde ICSP konektörü üzerinden yapılabilmektedir. Ayrıca kartta reset tuşu bulundurmaktadır. Arduino kart aslında tam yeşekküllü Atmega2560 mikrodenetleyici için gerekli minimum konfigürasyona sahip bir karttır. USB üzerinden bilgisayar bağlantısı ile bir çok uygulama için hem kendi hemde çevre bileşenlerin güç gereksinimini karşılayabilmektedir. Arduino Mega istenirse pil ile veya harici adaptör ile de çalıştırılabilir.



Şekil 1. Arduino Mega ve Pin yapısı

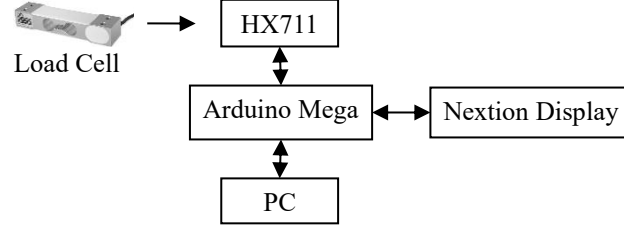
2.4. Ekran Modülü

Sistemin bilgisayar bağımlılığını ortadan kaldırmak ve çıktıları görebilmek için küçük bir ekran kullanılmıştır. Nextion ekran modülleri, hem kontrol amaçlı hemde ekran amaçlı LCD gibi modern yapıda arabirim olarak görev yapan benzersiz bir Human Machine Interface (HMI=Makine İnsan Arayüzü) çözümdür. Nextion ekranı kullanım kolaylığı ve dokunmatik ekranından dolayı kullanıcı etkileşimi amacıyla seçilmiştir. Nextion, ürünü üreten firma olan ITEAD tarafından geliştirilen kendi editörü vardır, ITEAD Nextion ekran editörü, ekranları oluşturmak için kullanılır, cihazların kontrolüne izin verir, programların geliştirilmesi için bir yazılım olarak, nesnelere her nesnenin özelliklerinin ve öğelerinin konfigürasyonuna izin veren bir arayüze sahiptir (A. C. Bento, 2018). Bu açıdan geleneksel LCD ekranlardan daha farklıdır. Dokunmatik ekranı sayesinde dışarıdan komut alabilmektedir. Dahili kontrolcüsü sayesinde tek başına ekranlı bir bilgisayar gibi davranmaktadır. Bu ürünün kullanılması PC üzerinde çalışan ekran hazırlama programı ve donanım kısmında LCD ve dokunmatik panelden oluşmaktadır. Bilgisayara kurulan Nextion editörü ile ekran tasarımı yaparak(buton, etiket, grafik alanı, resim...) .tft uzantılı dosyayı SD karta yükleyip ekrana aktarılabilir. Ekran üzerinde bu amaçla SD kart yuvası bulunmaktadır. Bu sayede aynı tasarım ekranda yazılan kodlarla beraber çok kullanışlı bir HMI oluşturmaktadır. Nextion ekranlar arduino ile haberleşmek için yapısında bulunan seri portu(varsayılan baud oranı 9600 bps) kullanır. Bu durum uygulayıcıları kablolanmanın zorluğundan kurtarır. Nextion ekranlarda program arayüzü hazırlamak için içerisinde birçok buton, metin kutusu, resim kutusu, gösterge paneli, zamanlayıcı... gibi araçlara sahiptir. Sürükle-bırak yöntemi ile ekranlar kolayca tasarlanarak tasarım sürecini önemli ölçüde azaltır.



2.5. Ağırlık Ölçme Sistemi

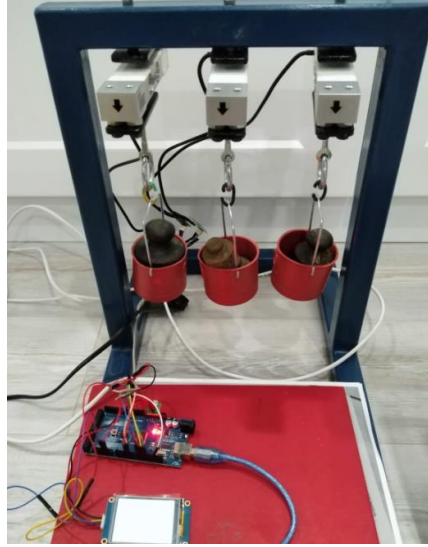
Yukarıda bahsedilen ağırlık ölçme sistemine ait bileşenler aşağıdaki blok diyagramda gösterildiği şekliyle gerçekleştirilmiştir. Yük hücresinden alınan sinyaller HX711 tarafından kuvvetlendirilerek ve sayısalara çevrilere Arduino Mega'ya aktarılmaktadır. Arduino Mega gelen sinyali gr cinsinden kütle birimine çevirerek hem Nextion ekrana, hem de bilgisayara seri port üzerinden göndermektedir.



Şekil 8. Tartım otomasyonuna bileşenlerin bağlantısına ait blok şema

2.6. Test ve Kalibrasyon Süreci

Sistemin test ve kalibre edilmesi kurutucu üzerinde değil yük hücrelerinin üzerine bağlanacağı bir profilden yapıli platform üzerinde icra edilmiştir. Bu platforma ait resim Şekil 9'de gösterilmiştir. Sistemde kullanılan HX711 modülünün çıktısı ile gerçek gram değeri arasında bir dönüşüm oranının belirlenmesi çalışması kalibrasyon olarak adlandırılabilir. Bu değer Arduino long tipinde ve 12XX lü değerlerdir. Gramı bilinen ağırlıklar kullanılarak yapılan kalibrasyon değerleri programda kalıcı olarak saklanmaktadır.



Şekil 3. Yük hücrelerinin bilinen ağırlıklar kullanılarak kalibre edilmesi

Kalibrasyon için kullanılan kütleler 1gr-1000gr ağırlık arasında geniş bir skalaya sahip ağırlıkları bilinen kütlelerden oluşmaktadır. Sırasıyla 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 250, 500, 1000 gr ağırlıklar kullanılmıştır. Ağırlıklara ait resim Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 4. Yük hücrelerinin kalibrasyonunda kullanılan kütleler

2.7. Sistemin Montajı

Ağırlık ölçüm sistemi, kurutucu üzerine profil demir iskelet yardımıyla sabitlenerek montaj edilmiştir. Kurutucuya ait numune kablalarının tam izdüşümüne yük hücrelerinin yerleştirilmesi için hareketli bağlantı aparatı hazırlanmıştır.

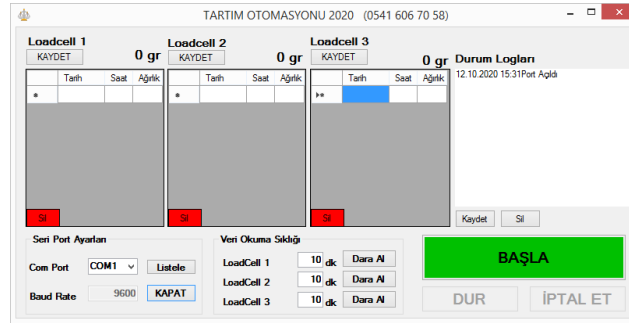


Şekil 5. Yük hücrelerinin kurutucu sistem üzerine bağlanması

Kabların yanında bilgisayar bağlantısı ve sensör değerlerinin okunması amacıyla Nextion ekran ve Arduino'nun bulunduğu kutu konulmuştur.

2.8. PC yazılımı

Kişisel bilgisayar üzerinde hazırlanan yazılım, veriler kaydedilmek isteniyorsa kullanılabilir. Bu amaçla bilgisayar üzerinde çalışacak bir yazılımda sisteme entegre edilmiştir. Yazılıma ait ekran görüntüsü aşağıda verilmiştir.



Şekil 12. Ağırlıkların ölçülmesi ve saklanması için hazırlanan program arayüzü

Bilgisayar yazılımı C# programlama dili kullanılarak Windows platformuna uygun masaüstü uygulama şeklinde yazılmıştır. Program kurulum gerektirmeden tek bir uygulama dosyasına sahiptir.

Bilgisayar yazılımı verilerin .xls formatında saklanması amacıyla kullanılmıştır. Verilerin izlenmesi ve ölçülmesi için bilgisayar bağlantısına gerek kalmadan Nextion ekran üzerinden Arduino yardımıyla ölçülen anlık veriler an be an takip edilebilmektedir. Bunun için sisteme harici bir adaptör ile elektrik bağlantısı sağlanmalıdır.

3. Sonuç

Kurutma sisteminde çalışılan numunelerin çalışma süresince istenen aralıklarda ağırlıklarının ölçülmesi ve kaydedilmesi projesine ait denemeler başarı ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler .xls formatına çevrilerek Excel programının veriler üzerindeki gücünden faydalanılması amaçlanmıştır. Yük hücrelerinin istenen aralıklarda veri okuyabileceği ayarlar programa eklenmiştir. Program Arduino ile USB-Seri port dönüşümü ile haberleşmektedir. Sanal seri port ayarları ve seçimi programda kolayca yapılabilmektedir. Port durumlarına ait hata ve raporlamalar yine kayıt altına alınmaktadır.

Yapılan ölçümlerde herhangi bir hata ve problemle karşılaşılmaştır. Kurutma sisteminde azda olsa oluşan titreşimlerin neden olduğu ağırlık değişimleri program üzerinden elimine edilerek hatalar giderilmiştir. Kurutma sistemindeki fan, ağırlıklarda bir miktar yanlış okumaya neden olmaktadır. Bu durumda okumadan önce fanın kapatılması ve sonra okuma yapması sağlanmıştır.

Elektrik kesintilerinde ve port bağlantı kayıplarında sistemin kaldığı yerden devam etmesi için gerekli yazılım eklemeleri yapılarak sistemin kullanılabilirliğini artırılmıştır.

4. Teşekkür

Bu çalışma Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir. (Proje No: 2020/09).

Kaynakça

- Anton Satria Prabuwo, Habibullah Akbar, Wendi Usino. (2009). International Conference on Computer Engineering and Technology.
- Yunho Kim, Hyungchul Kim ve Junghoon Lee. (2009). "Silicon-based capacitive load cell for tensile load measurement," Symposium on Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS, Rome, pp. 410-415.
- Jose S. Higinio, Carlos Couto. (1995). Industrial Electronics, Control, and Instrumentation, Proceedings of the 1995 IEEE IECON 21st International Conference on. Volume: 2.
- Holman. (1994). Experimental Methods for Engineers. Sixth Edition, McGraw-Hill publishers, New York.
- D. Leea, H.P. Hongb, M.J. Leea, C.W. Park, N. K. Mina. (2012). A prototype high Sensitivity load cell using single walled carbon nanotube strain gauges, Sensors and Actuators A 180.
- How to Measure Weight With Load Cell Sensors. (2020). Erişim adresi: <https://dewesoft.com/daq/measure-weight-with-load-cell-sensors#what-is-load-cell>.
- Edmond Lou, V. James Raso, Nelson G. Durdle, ve Doug L. Hill. (1988). IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, VOL. 47, NO. 2, 1998.
- J. G. Webster. (1988). Tactile Sensors for Robotics and Medicine, Wiley.
- A. Qandil ve A. I. O. Zaid. (2015). "Considerations in the design and manufacturing of a load cell for measuring dynamic compressive loads," Power Generation System and Renewable Energy Technologies (PGSRET), Islamabad, pp. 1-6,
- Ivan Muller, Renato Machado de Brito, Carlos Eduardo Pereira, ve Valner Brusamarello. (2010). Load Cells in Force Sensing Analysis – Theory and a Novel Application. IEEE Instrumentation & Measurement Magazine.
- D. Crescini. (2012). "Load cell for dynamic force measurements: An example in Thick-Film Technology," IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, Graz, pp. 2448-2453.
- D. Atmajaya, N. Kurniati, W. Astuti, Y. Salim ve A. Haris. (2018). "Digital Scales System on Non-Organic Waste Types Based on Load Cell and ESP32," 2018 2nd East Indonesia Conference on Computer and Information Technology (EIConCIT), Makassar, Indonesia, pp. 1-4, doi: 10.1109/EIConCIT.2018.8878667.
- N. Ge ve L. Xie. (2019). "High Precision Weight Measurement of Liquid Viscosity," 2019 International Conference on Electronic Engineering and Informatics (EEI), Nanjing, China, pp. 269-276, doi: 10.1109/EEI48997.2019.00066.
- A. C. Bento. (2018). "An Experiment with Arduino Uno and Tft Nextion for Internet of Things," International Conference on Recent Innovations in Electrical, Electronics & Communication Engineering (ICRIEECE), Bhubaneswar, India, pp. 2138-2142, doi: 10.1109/ICRIEECE44171.2018.9008416.



Glove Design Assistant With Hearing and Speech Difficulties

Fırat Orhanbulucu¹, Reyhan Zengin^{2*}, Ferhat Kurt³, Kemal Karadeniz⁴, Mustafa Emre Ergüleç⁵

¹ Inonu University, Faculty of Engineering, Dept. of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID: 0000-0003-4558-9667)

² Inonu University, Faculty of Engineering, Dept. of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID: 0000-0001-8631-3339)

³ Inonu University, Faculty of Engineering, Dept of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID:0000-0001-6477-7431)

⁴ Inonu University, Faculty of Engineering, Dept of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID:0000-0001-5355-4902)

⁵ Inonu University, Faculty of Engineering, Dept of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID:0000-0002-0593-7615)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821713)

ATIF/REFERENCE: Orhanbulucu, F., Zengin, R., Kurt, F., Karadeniz, K. & Ergüleç, M. (2020). Glove design assistant with hearing and speech difficulties. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 228-231.

Abstract

Communication is the proper transfer of feelings and thoughts to others. The most used communication among people is verbal communication, which is based on hearing and speech. However, it is observed that individuals with disabilities due to hearing or speech loss either do not use this communication method or can use it limitedly. These individuals communicate with each other through methods such as sign language, alphabet created using hand or finger movements. In this study, a system that can perceive sign language has been developed for individuals with speech and hearing impairments in order to communicate more easily with each other and with individuals who do not know sign language. Flex sensors are placed on the glove to be used in the developed system. Flex sensors were connected to Arduino with voltage divider circuits and varying voltage values were taken. In this system, a new sign language was developed based on the existing sign language. In the developed system, each combination of finger and hand gestures represents a separate word. These combinations are logically numerical sets consisting of logic 0 and logic 1 in computer language. Finger movements corresponding to the words to be used in the study were introduced to the developed system. The words corresponding to the combinations have been transferred to the system library and stored. In the study, the most used words in daily life were determined and test studies were conducted. A word introduced to the system in return for each combination made by the hand and finger movements performed by the user was exported via the screen.

Keywords: Hearing, talk, flexibility sensor, logic combination, glove.

İşitme ve Konuşma Güçlüğü Çekenlere Yardımcı Olan Eldiven Tasarımı

Öz

İletişim, duyu ve düşüncelerin akla uygun şekilde başkalarına aktarılmasıdır. İnsanlar arasında en çok kullanılan iletişim, temeli işitme ve konuşmaya dayalı olan sözlü iletişimidir. Fakat işitme ya da konuşma kaybindan kaynaklı olarak engelli bireylerin bu iletişim yöntemini ya kullanmadıkları ya da sınırlı kullanabildikleri görülmektedir. Bu bireyler kendi aralarında çoğunlukla işaret dili, el ya da parmak hareketlerini kullanarak oluşturulan alfabe gibi yöntemler ile iletişim sağlarlar. Yapılan bu çalışmada konuşma ve işitme engelli bireylerin hem kendi aralarında, hem de işaret dili bilmeyen bireylerle daha kolay iletişim kurabilmeleri amacıyla işaret dilini algılayabilen bir sistem geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde kullanılacak olan eldiven üzerine flex (esneklik) sensörler yerleştirilmiştir. Flex sensörler gerilim bölücü devreler ile Arduino'ya bağlanmıştır ve değişen gerilim değerleri alınmıştır. Yapılan sistemde mevcut işaret dili temel alınarak yeni bir işaret dili geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemde her parmak ve el hareketleri kombinasyonları ayrı bir kelimeyi temsil etmektedir. Bu kombinasyonlar lojik olarak bilgisayar dilinde lojik 0 ve lojik 1'lerden oluşan sayısal kümelerdir. Geliştirilen sisteme, çalışmada kullanılacak olan kelimelerin karşılık geldiği parmak hareketleri tanıtılmıştır. Kombinasyonların karşılık geldiği kelimeler sistem kütüphanesine aktararak depolanmıştır. Yapılan çalışmada günlük hayatta en çok kullanılan kelimeler belirlenmiştir ve test çalışmaları yapılmıştır. Kullanıcı tarafından gerçekleştirilen el ve parmak hareketleri ile yapılan her kombinasyon karşılığında sisteme tanıtılan bir kelime ekran aracılığı ile dışarıya aktarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İşitme, konuşma, esneklik sensörü, lojik kombinasyon, eldiven.

* Corresponding Author: Inonu University, Faculty of Engineering, Dept. of Biomedical Eng, Malatya, Turkey, ORCID: 0000-0001-8631-3339
reyhan.zengin@inonu.edu.tr

1. Introduction

Communication is defined as the rational transfer and reporting of feelings and thoughts to others [1]. It is known that individuals with disabilities have difficulties in communicating due to hearing or speech loss. These individuals can communicate among themselves mostly through methods such as sign language, finger alphabet and gestures [2]. All around the world, different sign languages exist. Each sign language has its own vocabulary and gestures. These sign languages are known between deaf communities (friends and families of the deaf etc). However, out of these communities, these sign languages are not known generally, thus communication between deaf and hearing people is become so difficult [3].

Researches investigated different methods and systems to solve the difficulties in the communication of deaf and hearing people. Sign language studies can be examined in three classes as computer vision based, data gloves and speed-position sensor based, using both methods together. In the computer vision-based system, cameras are used to detect sign language signs, the feature vectors of these signs are extracted and images are obtained with image processing algorithms. In the second method, special data gloves and speed-position sensors are used to detect hand shape and arm movements. In the last method, the techniques in the first and second methods are used together with the sensors [4]. For Turkish sign language, Yalçın et al. tried to identify all the letters in the Turkish alphabet with the help of a single glove and obtain them visually [5]. Another study is on the translation of the sign language with a data glove, which is a portable system with sensors on it [6]. Candra et al., applied a different method in their study and used machine learning algorithms to predict the word associated with each movement, and they developed a design that can recognize both American Sign Language (ASL) and Indian Sign Language (ISL) [7].

It is easy for individuals with hearing and speech difficulties to communicate through visual means. However, it is very difficult for people who do not know sign language to communicate with these individuals. In this study, a system and a new sign language were developed in order to enable individuals with hearing and speaking difficulties to communicate more easily with each other and with individuals who do not know sign language. We aimed to develop a portable system these individuals can communicate with themselves and other people simultaneously. Thanks to the developed system and sign language, each combination of finger and hand gestures represents a separate word in the library. In this study, it is aimed to expand the word volume and to communicate easily by means of these combinations in order for the users to communicate.

2. System Design

In this study, it is aimed to design a system to help those who have hearing and speech difficulties. As a preliminary study, in this system flexible (flex) sensors, Arduino microcontroller, Thin Film Transistor (TFT) LCD flat panel display are used. Flex sensors are carbon-component elements with a thin flexible substrate inside [8]. The flex sensors with analog resistance feature are placed on the glove(s) to be used in the system. Researchers generally used flexible sensors with 4.5 inch and 2.2 inch sizes for such studies. In this study, flexible sensors with 4.5 inches were preferred considering the finger sizes. Flex sensors produce resistance when bent and increase resistance value as the bending increases (Figure 1). A voltage divider circuit was created with the help of flex sensors and resistors in order to convert the resistance values read in flex sensors to voltage values. The total circuit voltage is divided over the resistors by dividing it in accordance with Kirchoff's Voltage Law (KVL), and the voltage on each resistor is directly proportional to the value of that resistor. Arduino Mega was used as a microcontroller. Arduino is an open source electronic platform with hardware and software. The motherboard in the hardware part of Arduino consists of many components (microcontroller, external power supply, input and output pins etc) that come together. In the software part of Arduino, it has a program called IDE (Integrated Development Environment) and open source coding can be done [9]. TFT screen type was preferred in order to provide the best resolution in the images to be obtained in the study. It is a type of LCD flat panel display where each pixel is controlled by 1 to 4 transistors. The flex sensors were placed on the glove and a voltage divider circuit connection consisting of a resistor was made with flex sensors (Figure 2). As the flex sensors fold and open, the resistance values of the sensors will change and this change will also cause the flex sensor voltage to change. This system will determine which finger makes flexion movement with the voltage changes coming from the voltage divider circuits to the microcontroller and determine the finger combinations and will select the defined word from the system library and transfer it to the external environment (Figure 3).



Figure 1. Testing Flex sensors. Resistance values are different during flexion and extension of hand.

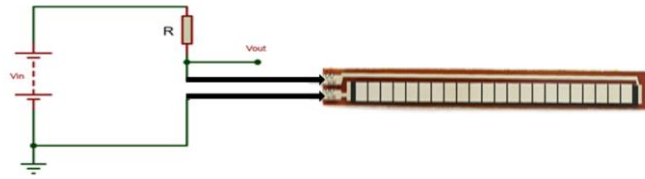


Figure 2. Voltage divider circuit and flex sensor connection.

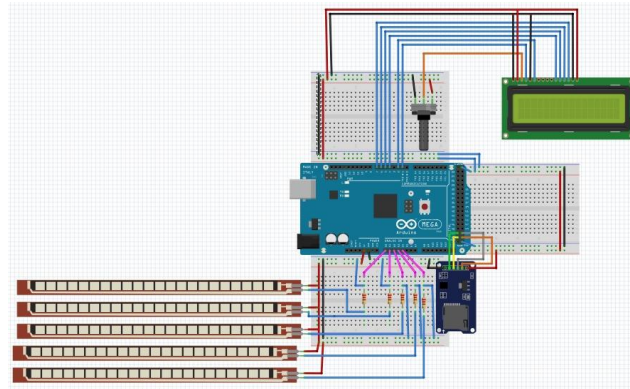


Figure 3. System circuit diagram. Each flex sensor is connected to Arduino with resistors. Arduino Mega is used for microcontroller. The output of Arduino is connected to the TFT LCD flat panel display.

3. Preliminary Research Results

In the study, flex sensors were placed on a glove. Flex sensors were connected to Arduino with voltage divider circuits and varying voltage values were taken. It has been observed that the determined finger or hand combinations can be determined according to these changes. These combinations were detected by the microcontroller with the help of flex sensors placed on the glove. In the system, a new sign language was developed based on the existing sign language. With this developed sign language, the combinations of each finger and hand movements represent a word in the library. These combinations are logically numerical sets of 0 and 1 in computer language. In this preliminary study, 5 flex sensors and one hand were used, 2^5 different combinations were obtained in total. Finger movements corresponding to the words to be used in the study and determined in return for combinations were introduced to the system and stored in the library.

In this study, the most used words in daily life were determined and tested. In the test study, a word was transferred to the outside via the screen for each combination made with hand and finger movements performed by the user. Figure 4 shows finger combinations of four different words (Hello, World, I, Turkish) and a screen shot in English. The logical equivalence of the combinations expressing which finger movements are determined by these words are shown in Table 1.



Figure 4. Test run and system output. Each word has different finger combinations.

Binary equivalent	Signs	Thumbs Finger	Index Finger	Middle Finger	Ring Finger	Little Finger
1	<i>Hello</i>	1	0	0	0	0
3	<i>I</i>	1	1	0	0	0
13	<i>Turkish</i>	1	0	1	1	0
31	<i>World</i>	1	1	1	1	1

Table 1. Combinations and words corresponding to combinations introduced to the system

4. Conclusion

In this study, a system has been developed for individuals lost their hearing or speaking abilities to reintegrate into society and to communicate with other individuals. A prototype was designed to eliminate obstacles by detecting combinations of hand or finger movements determined with the help of flex sensors and visually transferring the printouts to the external environment. With a new language developed, it is aimed that individuals with hearing and speaking difficulties can communicate more easily with each other and with individuals who do not know sign language. A word can be drawn from the system library for each combination made with finger or hand movements and displayed on the screen.

In the future, the use of two hands will be provided and 2^{10} combinations will be obtained and more words will be stored in the system library. The voice commands will be integrated to the system with the aim of that visually impaired individuals can easily use the system and communicate. The second language option will be added, thus it will be possible to print both Turkish and English by applying the same finger combinations. Furthermore, using this system, two people who do not know the same language will be able to communicate with them comfortably.

Acknowledgment

This work was supported by İnonu University Department of Scientific Research Projects (Project number: **FBA-2020-2174**).

References

- [1] Türk Dil Kurumu Sözlük, Erişim adresi: [Online] <https://sozluk.gov.tr/>
- [2] Bayır, M. F. (2018). Türk İşaret Dili İncelemesi: İletişim ve Dil Bilgisi. Ulusal Eğitim Akademisi Dergisi, 36
- [3] Ebrahim Al-Ahdal & Nooritawati Md Tahir, (2012), Review in Sign Language Recognition Systems, IEEE Symposium on Computers & Informatics, pp. 52-58.
- [4] Oz, C., & Leu, M. C. (2011). American Sign Language word recognition with a sensory glove using artificial neural networks. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 24(7), 1204-1213.
- [5] Yalçın, M., Ilgaz, S., Özkul, G., & Yıldız, Ş. K. (2018, May). Turkish sign language alphabet translator. In 2018 26th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU) (pp. 1-4). IEEE.
- [6] Ceber Y. E., Karacaoğlan E., Uysaf F., Tokmakçı M., "The design of glove that can translate sign language to Turkish language," 2017 Medical Technologies National Congress (TIPTEKNO), Trabzon, 2017, pp. 1-4.
- [7] Chandra, M. M., Rajkumar, S., & Kumar, L. S. (2019, October). Sign Languages to Speech Conversion Prototype using the SVM Classifier. In TENCON 2019-2019 IEEE Region 10 Conference (TENCON) (pp. 1803-1807). IEEE.
- [8] Syed, A., Agasbal, Z. T. H., Melligeri, T., & Gudur, B. (2012). Flex sensor based robotic arm controller using micro controller.
- [9] Badamasi, Y. A. (2014, September). The working principle of an Arduino. In 2014 11th international conference on electronics, computer and computation (ICECCO) (pp. 1-4). IEEE.



Optimization of Surgical Schedules at a Specialist Hospital: A Case Application

Mehmet Savsar¹, Muhammet Enis Bulak^{2*}, Orkun Kozanoğlu³

¹ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4299-8545)

² Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3784-7830)

³ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1006-4879)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821953)

ATIF/REFERENCE: Savsar, M., Bulak, M. E. & Kozanoğlu, O. (2020). Optimization of Surgical Schedules at a Specialist Hospital: A Case Application. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 232-239.

Abstract

The operations management in health services has recently become extremely important since hospitals' main objective is to provide high-quality health services to patients while reducing their costs and improving their financial assets for their survival and growth. In this respect, operating rooms are of great interest to the hospitals since they are the hospital's largest cost and revenue center. However, despite their criticality in health services, they are generally bottleneck resources in hospitals. Therefore, increasing the efficiency of operating rooms results in improved patient satisfaction and reduction in the cost of surgical operations. At this stage, operating room scheduling is the key to accomplish these two conflicting goals at a reasonable level simultaneously. It includes the timing of each operation as well as the assignment of surgical resources to each operation such as operating room and surgical teams over a few days or a week. Operating room surgical schedules often present logistical difficulties in terms of assigning doctors to specific operating rooms. Due to a wide variety of factors such as room availability, working hours in a week, doctor preferences, and operating room capabilities, surgical scheduling can prove to be challenging. In many hospital administrators manually modify the assignments on a case-by-case basis, which makes it difficult and time-consuming when dealing with surgical schedules. In this paper, we try to implement a linear programming procedure, which transforms the operating room schedule into a working schedule that dynamically changes weekly; and can be programmed to incorporate different scenarios within the hospital-based on specific hospital parameters. With the application of a binary linear programming model on illustrative problems by using Excel Solver Add-in, we demonstrate the advantages of using such an approach in optimizing static and dynamic surgical assignments weekly in order to meet a specific goal.

Keywords: Operation Rooms Scheduling, Surgical Schedules, Operator Schedules, Doctor Assignments, Surgical Room Assignments

Bir İhtisas Hastanesinde Ameliyathane Programının Optimizasyonu: Bir Vaka Uygulaması

Öz

Hastaneler yüksek kaliteli sağlık hizmeti sağlarken varlıklarını sürdürebilmek ve büyüebilmek için maliyet azaltmayı ve finansal varlıklarını artırmayı hedeflediğinden sağlık hizmetlerinde operasyon yönetimi son dönemde büyük önem kazanmıştır. Bu bağlamda, ameliyathaneler hastanelerdeki en önemli gelir ve maliyet merkezi olmaları itibarıyla hastane yöneticilerinin ilgi odağı haline gelmiştir. Sağlık hizmetlerinde kritik bir öneme sahip olmalarına rağmen ameliyathaneler genellikle hastanelerde darboğazın olduğu kaynaklardır. Dolayısı ile, ameliyathane verimliliğini iyileştirmek, hasta memnuniyetini artırırken cerrahi operasyonların maliyetinde azalma ile sonuçlanacaktır. Bu noktada, ameliyathane çizelgeleme, bu iki çatışan hedefi belli bir düzeyde başarabilmenin anahtarı olarak öne çıkmaktadır. Ameliyathane çizelgeleme bir kaç gün veya bir haftalık bir periyotta gerçekleştirecek ameliyathanelerin zamanlarının belirlenmesini ve her bir ameliyat için gerekli olan ameliyathane ve ameliyat ekibi gibi kaynakların atanmasını kapsamaktadır. Ameliyathane çizelgeleme sürecinde doktorların belirli ameliyathanelere atanması esnasında genellikle bir takım lojistik zorluklar ortaya çıkar. Bu nedenle, ameliyathane çizelgeleme, ameliyathane kullanılabilirliği, çalışma saatleri, doktor tercihleri ve ameliyathanelerin teknolojik yeterliliği gibi çeşitli faktörler nedeniyle oldukça zorlayıcı bir iş haline dönüşebilir. Pek çok hastanede, idariciler ameliyathane atamalarını vakalar bazında manuel şekilde değerlendirerek değiştirmekte; bu da çizelgelemede zorluklara ve

*Corresponding Author: Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3784-7830, muhammetenis.bulak@uskudar.edu.tr

zaman kaybına yol açmaktadır. Bu çalışmada, spesifik hastane parametrelerini göz önünde bulundurarak farklı senaryoları dahil edebileceğimiz bir esnekliğe sahip bir doğrusal programlama modeli geliştirilerek haftalık değişen ameliyat gereksinimlerini dinamik bir ameliyathane çizelgesine dönüştüren bir yöntem uygulayacağız. Model detaylı bir şekilde anlatıldıktan sonra geliştirilen ikili doğrusal programlama yaklaşımının örnek problemler üzerinde Excel Çözücü eklentisi kullanılarak uygulanması ile ameliyat için gerekli olan kaynakların haftalık bazda atanması statik ve dinamik durumlar için optimize edilmiş; belirli bir hedef açısından ortaya çıkan avantajlar ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ameliyathane çizelgelenmesi, cerrahi çizelgeler, operatör çizelgeleme, doktor atama, cerrahi oda atama.

1. Introduction

Hospitals must operate in a way that allows them to provide effective medical services to their patients while utilizing the human resources and valuable facility, such as the available operating rooms, in the most efficient way. Several objectives must be addressed when the hospital administration makes scheduling assignments for its operator physicians. Scheduling procedures in hospitals often present logistical difficulties due to a wide range of variables such as doctor availability, doctor preferences, operating hours, and functionality of rooms. With many moving elements and many factors to consider, creating an optimal surgical schedule is not an easy task. Having an optimal, or close to an optimal, surgical schedule can improve the efficiency in the hospital by reducing patient waiting time, and increasing the utilization of the operating rooms.

The surgical scheduling problem has been studied by several healthcare pieces of research based on different views. The objectives of operating room scheduling, the constraints, and the solution methods significantly vary. For instance, Yang et al. (2015) designed time segments based on the preferences of surgeons. They indicated that a satisfactory level of surgeons was enhanced with efficient use of time resources. Khaniyev et al. (2020) considered the next-day scheduling problem of a hospital operating room. The aim was to minimize the weighted sum of expected patient waiting times, room idle time, and overtime. They proposed simple-to-use and close-to-optimal scheduling heuristics which reached up to a 1.22% average performance gap and worst average optimality gap of 2.77%. The studies, which are determined from the most recent literature to address surgical scheduling are summarized in the following Table 1.

Table 1. Researches on surgical scheduling of healthcare institutions

Authors	Aims and Findings
Zhang et al. (2020)	In order to minimize the patient-related costs as well as the hospital-related costs, a two-stage stochastic programming model with recourse to address the surgical scheduling problem in an operating theater. The surgical intensive care unit capacity constraint is considered to deal with uncertainties in surgery operations and postoperative length of stays. A column-generation-based heuristic (CGBH) approach decreased the gap between the resulting near-optimal solutions and the exact ones below 1%.
Silva and Souza (2020)	It is addressed scheduling with common resources for emergency and elective situations. Approximate dynamic programming with an integer programming model was proposed to monitor surgical scheduling for a short period. The expected cost is decreased with a confirmed statistical analysis.
Gecici and Guler (2019)	In this study, a nurse scheduling problem of cardiovascular surgery service of a hospital in Istanbul is considered. The proposed mixed-integer programming and decision support system enabled managers to plan fair and balanced schedules practically.
Cappanera et al. (2018)	They proposed a mixed integer multi-objective model which enables determining the number and typology of surgeries to be scheduled in each operating room. Goal programming was used to examine the weight space that can lead to more efficient use of resources.
Abedini et al. (2017)	In order to minimize blockings between two consecutive stages, a blocking minimization model is proposed for the MSS based on deterministic data. They found out that the model decreases the number of blocking with a 94% improvement level.
Huang et al. (2012)	In this research, the surgical scheduling problem is considered as the hybrid flow-shop scheduling problem. Beds and operating rooms were indicated as parallel machines.

	A mathematical model for a surgical scheduling problem was presented and solved by LINGO. A case study with its optimal solution was also indicated to verify the model.
Oostrum et al. (2010)	They analyzed the advantages and disadvantages ways of master surgical scheduling(MSS) and compared it with centralized and decentralized planning approaches. They indicated several implementation subjects of MSS and assessed its suitability in hospitals considering different organizational cultures.
Cardoen et al. (2009)	A multi-objective combinatorial optimization problem was considered to conduct the decision process of the operating room scheduler. The computational performance of the algorithmic approaches was compared with the data collected from UZ Leuven Campus Gasthuisberg (Belgium) with 224 instances.
Trilling et al. (2006)	In this study, the authors focused on the anesthesiology nurse scheduling problem (ANSP) of a French public hospital in which anesthesiology nurses are the most shared human capital in the service units. Two different methodologies were proposed to solve the ANSP based on integer and constraint programming while the objective was to maximize the fairness level of the schedule.

In this paper, we have analyzed a surgical scheduling procedure in a specialist hospital, where the schedules are currently done manually based on experience. We have formulated the problem following a new approach in order to obtain an optimal schedule to achieve certain goals set by the hospital administration. Our model is different from the previously developed model concerning the objective function, which was to balance the workload between the surgical teams while producing a workable optimum schedule. In addition to using operations research tools to optimize the weekly schedules, a procedure has also been incorporated to adjust the dynamically changing schedules every week to fit different scenarios due to surgery delays within the hospital.

2. Methodology

The surgery department, where this study was conducted had a total of 31 beds. The hospital provides progressive healthcare programs and services to around 700,000-800,000 people for the specific area it serves. The surgery department is divided into 4 units; A, B, C, and D, where each unit has a total of 10 physicians and around 80 nurses in total. The following hierarchy is used for the doctors: **A Consultant** is a senior doctor who practices in one of the medical specialties. A consultant does not spend the entire 24-hour duty but remains on call when needed. **Specialists** are doctors who have completed advanced education and clinical training in a specific area of medicine (their specialty area). Specialists do not spend the entire 24-hour duty but remain on call when needed. **Senior Registrars** are medical practitioners undertaking, or had completed, several years of higher-level training in a hospital specialty or public health but had not yet gained a consultant position. While on sentry duty, the senior registrar has the highest position. **A Registrar** is a doctor who is receiving advanced training in a specialist field of medicine. A registrar comes right below the senior registrar. **Assistant Registrar** follows the registrar on the hierarchy position and are doctors always on duty helping the other registrars. **A Trainee** also known as junior doctors is those in postgraduate training, starting at graduation with a Bachelor of Medicine. The physicians are grouped into several teams and a team or group of physicians perform the surgery operations that need to be scheduled based on certain requirements and constraints. The hospital considered in this study maintains a 24-hour emergency center with hospital-based ambulance services.

There are about 80 nurses in the surgery department, which work in rotating three shifts as 7:00 AM-2:00 PM; 2:00 PM-10:00 PM; and 10:00 PM-7:00 AM. There are two types of nurses: **Circulating nurses** manage the overall nursing care in the operating room and help in maintaining a safe and comfortable environment. **Scrub nurses** select and pass instruments and supplies used for the operation. While the hospital has a total of eight operation rooms, only four of them are assigned to the surgery Department. Two rooms are divided between the units on sentry that day, one room is only assigned for Urology and Plastic related surgeries and the fourth room is for the cases that come from the emergency department. Such cases have priority over the scheduled surgeries.

Scheduling the operation rooms to be used by different physician teams at different time slots of the day and the week may be a challenging problem. The problem is referred to as optimizing an operating room schedule. Since the problem is so widespread, many operations research studies have been conducted with varying objective function formulations. Based on the requirements in the hospital, we have defined a new objective function to be optimized to minimize the difference between the targeted and the allocated hours assigned to each physician team per week. A binary linear program is used to optimize the assigned number of daily time slots in each operating room to each physician team during the week. Historical data were obtained from the hospital and the model was applied to the data. The data collected from the hospital did not include any cost data since the hospital was a state-owned hospital and the cost was not the main concern in the operating room scheduling problem.

2.1. Scheduling Model

The operating room scheduling problem is formulated as a mathematical model, for which the following components had to be included in order to define the model variables, the constraints, as well as the objective function.

1. Four surgical teams, which are denoted as $i=1, 2, 3, 4$.
2. Four days of the week denoted as $j=1, 2, 3, 4$.

3. Two operating room types are denoted as $k=1, 2$.
4. Three daily time slots for long surgeries denoted as $l=1, 2, 3$.
5. Six daily time slots for short surgeries also denoted as $l=1, 2, 3, 4, 5, 6$

The combination of these components of the problem results in a total of 48 decision variables for the long surgeries and 96 decision variables for the short surgeries. Therefore, the model included a total of 144 decision variables.

The Decision Variables: The variables are defined as follows:

X_{ijkl} = integer variable representing the assignment of surgical team type $i = \{1,2,3, 4\}$, in day $j = \{1,2,3,4\}$, in the operating room $k = \{1,2,\}$ during the time slot $l = \{1,2,3\}$ or $\{1,2,3,4,5,6\}$ depending if it is short or a long surgery slot.

$X_{ijkl} \in \{0,1\}$ [Binary Variable]

Where,

$X_{ijkl} = 1$ If the team i is assigned on day j to room k in the time slot l .

$X_{ijkl} = 0$ If the specific assignment is not made,

The index i specifies a particular surgical group or team. Each doctor who works in the operating rooms is associated with a particular surgical group, and for our purposes, all doctors in a particular surgical group are interchangeable. We used the following indices:

Index i	Team
1	A
2	B
3	C
4	D

Index j	Day
1	Monday
2	Wednesday
3	Thursday
4	Friday

The index j simply corresponds to the day of the week. We used the following indices, assuming that Tuesdays are scheduled for doctors to go on Major Rounds visiting patients. Surgeries are scheduled only during the remaining four days

The index k specifies the operating room type, which allows us to differentiate between the surgical lengths. We used the following indices:

Index k	Room Type
1	Long Surgeries
2	Short Surgeries

The index l specifies the time slots in each room. Three slots are fit into operating room 1 (long surgeries) and six slots fit into operating room 2 (short surgeries). Figure 1 illustrates the daily slots for short and long surgeries.

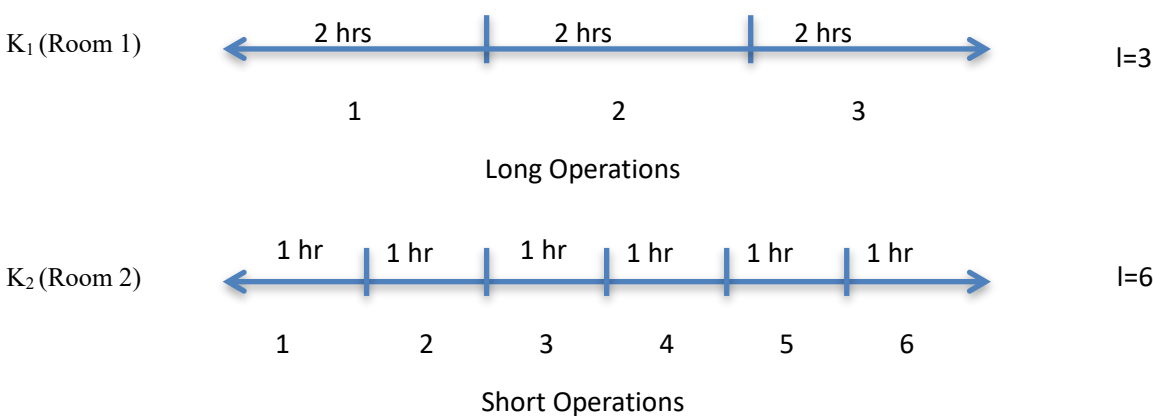


Figure 1. Time slots of the operating rooms

The Objective Function: As it was mentioned above, the main objective in surgical scheduling was is to minimize the difference between the targeted and allocated hours for all surgical groups per week. This goal has been specified by the hospital administration in order to reduce the deviation in the difference between the working hours of the surgeons. The objective function of the linear programming formulation is given as follows:

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^4 Y_i$$

$$\text{Where } Y_i = \left| \text{Target Hours} - \sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^m \sum_{i=1}^4 X_{ijkl} d_{kl} \right|$$

Where,

- Target Hours = 12 hours/week for each surgical team (estimated from historical data)
- d_{kl} is the number of operating hours in the k^{th} type of operating room during the l^{th} time slot
- $Y_i - 12 + X_{ijkl}d_{kl} \geq 0$ and $Y_i - 12 + X_{ijkl}d_{kl} \leq 0$
- $\sum_{j=1}^4 \sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^m X_{ijkl}d_{kl} = \text{Total time allocated/week}$

During the formulation of this objective, we decided to set the objective function simply be the difference between the targeted hours and the actual allocated hours across each of the surgical groups. It was decided that the objective function should provide a level of fairness across the surgical groups by minimizing the difference between the targeted and the allocated hours rather than the simple difference.

The Constraints: The following constraints have been defined for the problem based on the physical operations and functions carried out in the hospital.

1. The deviation between the teams should be less than or equal to 4 hours.

$$|Y_i - Y_j| \leq 4$$

Where, $Y_i - Y_j \leq 4$ and $Y_j - Y_i \leq 4$

2. Assigning team i on the j^{th} day to the k^{th} room into time slot l must be less than or equal to 6 hours/day, which was a requirement.

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^m d_{kl} X_{ijkl} \leq 6 \quad \forall i, j$$

3. Assigning team i on the j^{th} day to the k^{th} room into time slot l must be greater than or equal to 1 hour/day.

$$\sum_{k=1}^2 \sum_{l=1}^m d_{kl} X_{ijkl} \geq 1 \quad \forall i, j$$

4. It should be ensured that each slot on each day in each room should be assigned only once.

$$\sum_{i=1}^4 x_{ijkl} \leq 1 \quad \forall j, k, l$$

5. The number of surgeries in each time slot should not exceed the specified numbers.

$$\sum_{l=1}^3 \sum_{i=1}^4 x_{ij1l} = 3 \quad \forall j$$

$$\sum_{l=1}^6 \sum_{i=1}^4 x_{ij2l} = 6 \quad \forall j$$

3. Results and Discussion

The integer linear program formulated for the scheduling problem above has been solved using the standard Excel Solver Add-In. The solution is illustrated for the hospital case problem and the optimum surgical schedule obtained for this case has been presented in Table 2. The results are shown concerning the teams denoted by letters and colors, days of the week, surgery rooms, and time slots of the day, where the assignment is made.

Table 2. The optimal schedule in a form of a timetable.

Room Type	Room 1			Room 2					
	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Time Slots									
Days									
Monday	A	B	C	D	C	B	C	B	B
Wednesday	D	B	C	A	A	A	A	A	A
Thursday	D	B	C	D	D	D	D	D	A
Friday	D	D	C	B	A	A	A	A	A

As it is seen in the schedule, by the end of the week, teams A and D would have worked for a total of 14 hours/week each and, teams B and C both would have worked for a total of 10 hours/week for each team. This means that teams A and D work 2 hours more than the targeted 12 hours (14 hrs–12 hrs=2 hrs) and teams B and C work 2 hours less than the targeted 12 hours (12 hrs–10 hrs=2). This is the minimum deviation that could be achieved for the scheduling case considered.

Handling Dynamic Schedules:

As mentioned above, the schedules change weekly and the solver also needs to be run weekly to obtain new schedules. If surgery was canceled on a specific day of the week, it will be postponed and scheduled for the upcoming week. This can mean that the team whose surgery got canceled the week before, a certain time slot will have to be fixed for that operation on the following week. Also, if there was a very long surgery that might occupy the operating room for the whole day by a certain team, the following surgeries will have to be postponed to the following week as well. This will also result in a fixed schedule for this specific day during the following week. The linear program has to be run with the fixed slot as a constraint to maintain minimum deviation from the target hours for each team in that week. Thus, in each schedule, consideration must be given to specific changes such as delays and cancellation of surgeries. Surgeries can be canceled for several reasons and the most common ones are due to the cases coming from the emergency department. To deal with such issues, we consider the canceled surgery when running a schedule for the upcoming week by setting the variable corresponding to that certain day, room, slot, and team equaling to one before the program is run. This will give us an optimum schedule while taking into consideration those certain surgeries that were previously canceled. The following are three case examples, each showing certain fixed slots due to surgeries delayed from the previous week. In each case, certain variables are set to one representing the shifts of surgeries from the previous week.

Example 1:

Let team B occupy operating room type 2, time slot 3 on Monday. $X_{2123}=1$

Let team C occupy operating room type 2, time slot 2 on Wednesday. $X_{3222}=1$

Let team C occupy operating room type 2, time slot 6 on Thursday. $X_{4426}=1$

Let team A occupy operating room type 2, time slot 3 on Friday. $X_{1323}=1$

This will give us the scheduling results presented in Table 3 from the solver for the upcoming week.

Table 3. The optimal schedule for example 1 in the form of a timetable.

Room Type	Room 1			Room 2					
Time Slots	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Days									
Monday	D	A	A	C	A	B	A	A	A
Wednesday	A	A	C	A	C	D	B	B	C
Thursday	B	B	B	C	D	A	D	B	D
Friday	C	D	D	A	C	C	C	B	D

Therefore, by the end of the week, teams A has worked for a total of 15 hours/week each and, teams B, C, and D have worked for a total of 11 hours/week for each team. This means that teams A work 3 hours more than targeted (15 hrs–12 hrs = 3 hrs) and teams B, C, and D work 1 hour less than targeted hours (12hrs–11hrs=1)

Example 2:

Let team B occupy operating room type 1, time slot 1 on Monday. $X_{2111}=1$

Let team D occupy operating room type 1, time slot 2 on Wednesday. $X_{4312}=1$

Let team B occupy operating room type 1, time slot 3 on Thursday. $X_{2413}=1$

Let team C occupy operating room type 2, time slot 5 on Friday. $X_{3325}=1$

The optimal schedule for this case is given in table 4 below.

Table 4. The optimal schedule for example 2 in the form of a timetable.

Room Type	Room 1			Room 2					
Time Slots	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Days									
Monday	B	C	B	B	D	A	B	A	A
Wednesday	D	D	B	A	C	A	A	A	A
Thursday	C	D	C	B	A	D	D	C	D
Friday	C	B	B	D	D	D	A	A	D

Therefore, by the end of the week teams, A has worked for a total of 11 hours/week each and, team B has worked for a total of 13 hours/week each, team C has worked for a total of 10 hours/week each and, team D has worked for a total of 14 hours/week each.

This means that team A work 1 hour less than targeted (12hrs – 11 hrs = 1), team B work 1 hour more than targeted (12hrs – 13 hrs = -1), team C work 2 hours less than targeted (12hrs – 10 hrs = 2) and, team D work 2 hours more than targeted (12hrs – 14 hrs = -2),

Example 3:

Let team A occupy operating room type 1 on Monday for a long surgery that takes 6 hours (the whole day). Fixing this room for team will give us the schedule results shown in Table 5 from the solver for the upcoming week.

Table 5. The optimal schedule for example 3 in the form of a timetable.

Room Type	Room 1			Room 2					
Time Slots	1	2	3	1	2	3	4	5	6
Days									
Monday	A	A	A	A	A	D	A	B	C
Wednesday	C	C	B	B	A	A	D	C	B
Thursday	D	B	D	B	D	C	A	A	A
Friday	D	B	D	A	B	C	C	C	C

This shows that, by the end of the week, team A has worked for a total of 15 hours/week each and, teams B, C, and D have worked for a total of 11 hours/week for each team. This means that teams A works 3 hours more than the targeted time (15 hrs–12 hrs=3 hrs) and teams B, C, and D work 1 hour less than the targeted time (12hrs–11hrs=1 hr). This is the optimum or minimum deviation from the target hours that could balance the working load between the surgeon teams.

4. Conclusion

The main objective of this study was to develop a model that could be used to generate surgical schedules in a specialist hospital in a relatively simple and direct procedure so that workload between the surgical teams is distributed as evenly as possible. To achieve this goal, a simple linear integer programming model was formulated with an objective function, which was constructed to minimize the deviation between the working hours of the surgeons weekly. The model included several constraints and resulted in workable schedules that could be also dynamically changed as surgeries were shifted to the following week due to delays or longer than planned surgeries. Based on our case results, we feel confident that the model works well and can be utilized as a tool for more efficient scheduling in a hospital setting. The model is relatively easy to construct and to run on Excel Solver Add-In, which makes it suitable for hospital administration to solve their simple scheduling problems by a computer in an optimal way rather than trying to do manual schedules, which are not optimum and consume time. Based on our discussion with the hospital staff, this model and the solution would benefit the management in scheduling and assigning different surgical teams to different time slots in various days to minimize the deviation from the target hours and eliminate to overlaps.

References

Abedinia, A., Lia, W. and Yea, H. (2017). An optimization model for operating room scheduling to reduce blocking across the perioperative process. *Procedia Manufacturing*, 10, 60 – 70.

Cappanera, P., Visintin, F. and Banditori, C. (2018). Addressing conflicting stakeholders’ priorities in surgical scheduling by goal programming. *Flexible Services and Manufacturing Journal*, 30, 252–271. <https://doi.org/10.1007/s10696-016-9255-5>

Cardoen B., Demeulemeester, E. and Belien. (2009). Optimizing a multiple objective surgical case sequencing problem. *Int. J. Production Economics*, 119, 354–366.

Gecici, E. and Guler, M. G., (2019). A decision support system for nurse scheduling problem. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, XX(X), XX-XX, 20XX, doi: 10.5505/pajes.2019.86402

Huang, G. X., Xiang, W., Li C., Zheng, Q., Zhou, S., Shen, B. Q. and Chen, S. F. (2012). Surgical Scheduling Based on Hybrid Flow-Shop Scheduling. *Applied Mechanics and Materials*, 201-202, 1004-1007. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.201-202.1004>

Khaniyev, T., Kayis, E. and Gullu, R. (2020). Next-day operating room scheduling with uncertain surgery durations: Exact analysis and heuristics. *European Journal of Operational Research*, 286, 49–62.

- Oostrum, J. M. V., Bredehoff E. and Hans, E. W. (2010). Suitability and managerial implications of a Master Surgical Scheduling approach. *Annals of Operations Research*, 178, 91–104.
- Silva, T. A.O. and Souza, M C. D. (2020). Surgical scheduling under uncertainty by approximate dynamic programming. *Omega*, 95, 102066.
- Trilling, L., Guinet, A. and Magny, D. L. (2006). Nurse scheduling using integer linear programming and constraint programming. *IFAC Proceedings Volumes*, 3, 671-676.
- Yang, Y., Shen, B., Gao, W. and Zhong, L. (2015). A surgical scheduling method considering surgeons' preferences. *Journal of Combinatorial Optimization*, 30, 1016–1026. <https://doi.org/10.1007/s10878-015-9853-2>
- Zhang, J., Dridi, M. and Moudni, A. E. (2020). Column-generation-based heuristic approaches to stochastic surgery scheduling with downstream capacity constraints. *Int. J. Production Economics*, 229, 107764. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107764>



Edas ve Codas Yöntemiyle İstanbul İlinin Dış Ticaret Kapasitesinin İncelenmesi

Ecenur Alioğulları^{1*}, Fatih Tüysüz²

¹ Fenerbahçe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0162-0194)

² İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0203-4047)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822468)

ATIF/REFERENCE: Alioğulları, E. & Tüysüz, F. (2020). Edas ve Codas Yöntemiyle İstanbul İlinin Dış Ticaret Kapasitesinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 240-248.

Öz

Bu çalışmada 2013-2018 yılları arasında İstanbul'daki dış ticaret faaliyetleri incelenmiştir. Bununla beraber 2013-2018 arasındaki yıllara bağlı olarak, İstanbul'daki dış ticaretin ithalat ve ihracat tutarları ve dış ticarete aktif olduğu sektörler ele alınmıştır. Sektörler açısından ithalat ve ihracat faaliyetleri beraber değerlendirilerek dış ticarete (açık/fazlalık) hangi sektörün daha iyi olduğu çok kriterli karar verme tekniklerinden Entropi tabanlı EDAS ve CODAS yöntemleriyle ele alınarak her iki yöntem kıyaslanmıştır. Çok kriterli karar verme yöntemleri, birden çok amacı içinde barındıran, karar vericiye bilgi veren ve matematik programlama modelleri ile analiz edilen karar verme tekniğidir. Aynı zamanda gerçek hayat uygulamasında çok sık karşılaşılan problemler hakkında kullanıcıya bilgi vermektedir. Ortalama çözüm uzaklığına dayalı değerlendirme olan EDAS yöntemi ile birleştirilebilir uzaklık tabanlı değerlendirmeye dayanan CODAS yöntemleri beraber ele alınıp İstanbul'daki dış ticaret performansı ele alınmıştır. Entropi tabanlı EDAS ve CODAS yöntemleriyle yapılan analiz sonuçlarına göre; İstanbul ili için 2013-2018 yılları arasında dış ticaret hacminde en fazla kâr elde edilen sektörün gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri (A1) sektörü olduğu görülmüştür. Çalışmanın bulguları kısmında ele alınan EDAS ve CODAS yöntemleri dış ticaret açığı/fazlalığı açısından İstanbul ilinin ithalat ve ihracat performansı hakkında bilgi vermektedir. Bu bilgiler ışığında hem ithalat hem de ihracatı düşündüğümüzde dış ticaret açısından hangi sektörün gelişmekte olduğu ve hangi sektörün gelişmemiş olduğunu analiz edebilmekteyiz. Seçim kriterleri değerlendirildiğinde her iki yöntem de çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan EDAS ve CODAS yönteminin başarı ile uyguladığını ve bu iki yöntemin performansının da iyi düzeyde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Çok kriterli karar verme teknikleri, EDAS, CODAS, Entropi, İstanbul

Investigation of Foreign Trade Capacity of Istanbul Province with the Edas and Codas Method

Abstract

In this study, foreign trade activities in Istanbul between the years 2013-2018 were studied. By considering the period between the years 2013-2018, the import and export amounts of foreign trade in Istanbul and the sectors in which it is active in foreign trade are discussed. By evaluating import and export activities together in terms of sectors, which sector is better in foreign trade (deficit / surplus) was compared using Entropy-based EDAS and CODAS methods, which are multi-criteria decision making techniques. Multi-criteria decision-making methods include more than one purpose, provide information to the decision maker and are analyzed with mathematical programming models. It also provides information to the user about the problems that are frequently encountered in real life applications. The EDAS method, which is The Evaluation Based on Distance from Average Solution, and the CODAS method which is Combinative

* Sorumlu Yazar: Fenerbahçe Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0162-0194, ecenur.aliogullari@fbu.edu.tr

Distance-based Assessment are discussed together and the foreign trade performance in Istanbul is discussed. According to the results of the analysis made with entropy based EDAS and CODAS methods, it was observed that the sector with the highest profit in foreign trade volume between 2013 and 2018 for Istanbul was the real estate, leasing and business activities (A1) sector. EDAS and CODAS methods discussed in the findings of the study provide information about the import and export performance of Istanbul in terms of foreign trade deficit/surplus. In the light of this information, when we consider both import and export, we can analyze which sector is developing and which sector is not developed in terms of foreign trade. When the selection criteria were evaluated, it was seen that EDAS and CODAS methods, which are among the multi-criteria decision making methods, were successfully applied and the performance of these two methods was at a good level.

Keywords: Multi-criteria decision making techniques, EDAS, CODAS, Entropi, İstanbul

1. Giriş

Çok kriterli karar verme teknikleri gerçek hayat uygulamalarında çok sık kullanılan, işletmelerin performanslarını artırmayı amaçlayan ya da herhangi bir sektörde farklı alternatifler arasındaki seçim kriterlerinin hangisinin daha iyi olduğunu anlamaya yardımcı olmaktadır.

Karar verme açısından bu yöntemler çeşitli şekilde sınıflandırılabilir. Her bir yöntem mantığı aynı olmakla beraber uygulamada farklı teknikler ve hesaplamalar yapılmaktadır.

İstanbul'da T.C Sanayi Bakanlığının yayınladığı sanayi raporlarında, 2013-2018 yılları arasındaki ithalat ve ihracat değerlerinin bütçeleri incelenmiştir. EDAS ve CODAS yönteminin uygulandığı bu çalışmada en yüksek dış ticaret kârının bulunması amaçlanmıştır. Yapılan literatür taramasında yerli ve yabancı yazın incelenmiş olup konu ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Özgün nitelikte olan bu çalışma ilgili literatüre katkı sağlayacaktır.

Çalışmanın ikinci kısmında materyal ve yöntem başlığı ile çok kriterli karar verme tekniklerinden Entropi yöntemi, EDAS yöntemi ve CODAS yöntemi detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Üçüncü kısımda araştırma sonuçları ve tartışmalar ele alınarak analiz sonuçları ve hesaplamalar gösterilmiştir. Çalışmanın son ve dördüncü kısmında ise elde edilen sonuç ve önerilere yer verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Edas Yöntemi

EDAS (Evaluation based on Distance from Average Solution) Türkçe açılımıyla Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme yöntemi, Ghorabae ve arkadaşları tarafından (2015) yılında geliştirilmiş çok kriterli karar verme yaklaşımlarından biridir. EDAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir: (Ghorabae vd., 2015)

Adım 1: İlk adımda eşitlik 1'de yer alan karar matrisi oluşturulur. Aşağıda karar matrisi görülmektedir. Burada $X_{ij} = i$. alternatifin j . kritere göre performansını göstermektedir.

$$X_{ij} = [X_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{m1} & x_{m2} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Adım 2: Ortalama çözüm matrisi (AV: Average Solution matrix) eşitlik 2 ve 3'deki gibi oluşturulur. Bunun için bütün kriterlerin ortalamaları alınır.

AV_j : j . Kriterlerin ortalama matrisini ifade etmektedir.

$$AV = [AV_j]_{1 \times n} \quad (2)$$

$$AV_j = \frac{\sum_{i=1}^m X_{ij}}{m} \quad (3)$$

Adım 3: Her bir kriter için ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (Positive Distance From Average-PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (Negative Distance From Average-NDA) oluşturulur. Eğer ölçütler fayda türü ise PDA ve NDA matrisleri Eşitlik (6) ve (7) ile hesaplanır. Eğer ölçütler maliyet türü ise o zaman PDA ve NDA matrisleri Eşitlik (8) ve (9) ile hesaplanır.

$$PDA = [PDA_{ij}]_{m \times n} \quad (4)$$

$$NDA = [NDA_{ij}]_{m \times n} \quad (5)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (6)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (7)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (8)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (9)$$

Adım 4: Bütün alternatifler için ağırlıklı toplam pozitif değer (Weighted total positive value (SP_i)) ve ağırlıklı toplam negatif değer (Weighted total negative value (SN_i)) aşağıda eşitlik 10 ve eşitlik 11'deki gibi hesaplanır. Burada $w_j = j$. ölçütün ağırlığını göstermektedir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^n w_j * PDA_{ij} \quad (10)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n w_j * NDA_{ij} \quad (11)$$

Adım 5: Bütün alternatifler için SP ve SN değerleri eşitlik 12 ve eşitlik 13'deki hesaplamalara göre normalize edilir.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max_i(SP_i)} \quad (12)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max_i(SN_i)} \quad (13)$$

Adım 6: Her bir alternatif için değerlendirme skor (Evaluation score - AS_i) değeri eşitlik 14'deki gibi hesaplanır.

$$AS_i = \frac{1}{2} * (NSP_i + NSN_i) \quad (14)$$

Burada; $0 \leq AS_i \leq 1$ koşulu sağlanmalıdır.

Adım 7: Bütün alternatifler, değerlendirme skoruna göre azalan sıraya göre sıralanır. İlk sıraya sahip olan alternatif yani en büyük alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

2.2.Codas Yöntemi

CODAS Yöntemi (COmbinative DIstance-based ASsessment) Türkçe açılımıyla Birleştirilebilir Uzaklık Tabanlı Değerlendirme yöntemi Keshavarz Ghorabae ve arkadaşları tarafından 2016 yılında geliştirilmiştir. CODAS yönteminde alternatiflerin tercih edilebilirliği negatif ideal çözüm uzaklıklarına göre belirlenmektedir.

CODAS yönteminin adımları aşağıdaki gibidir (Ghorabae vd., 2016).

Adım 1: n alternatif ve m kriterden oluşan karar matrisi X_{ij} aşağıdaki gibi oluşturulur. Burada $X_{ij} = i$. Alternatifin j. Kriterine göre performansını göstermektedir. Ve $X_{ij} \geq 0$ olmalıdır.

$$X_{ij} = [X_{ij}]_{n*m} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

Adım 2: Birinci adımda oluşturulan karar matrisi bu adımda normalize edilir. Normalize işlemi eşitlik 15'deki gibidir. Burada N_b fayda kriteri, N_c ise maliyet kriteridir.

$$n_{ij} = \begin{cases} \frac{x_{ij}}{\max_i * x_{ij}} & j \in N_b \text{ ise} \\ \frac{\min_i * x_{ij}}{x_{ij}} & j \in N_c \text{ ise} \end{cases} \quad (15)$$

Adım 3: Normalize edilen karar matrisinin ağırlıklandırma işlemi eşitlik 16'daki gibi hesaplanır. Burada $r_{ij} = i$. Alternatifin j. kriterine göre normalize edilmiş ağırlıklı performans değerini ifade etmektedir. W_j ise j.kriterine göre ağırlık performansdır.

$$r_{ij} = W_j * n_{ij} \quad (16)$$

Adım 4: Bu adımda negatif ideal çözüm noktaları eşitlik 17'deki gibi hesaplanır. Negatif ideal çözüm noktasının belirlenmesi için ağırlıklı matriste tüm sütunlardaki elemanların en küçük değerleri seçilmelidir.

$$ns=[ns_j]_{1 \times m} \quad ns_j = \min_i r_{ij} \quad (17)$$

Adım 5: Her bir alternatif değer için Öklidyen uzaklık (E_i) ve Taxicab uzaklık (T_i) değerleri eşitlik 18 ve eşitlik 19'daki gibi hesaplanır.

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m (r_{ij} - ns_j)^2} \quad (18)$$

$$T_i = \sum_{j=1}^m |r_{ij} - ns_j| \quad (19)$$

Adım 6: Karşılaştırmalı görelî değerlendirme matrisi oluşturulur. Eşitlik 20'de yer alan ψ değeri E_i uzaklıklarının eşitliğini gösteren eşik değeridir.

$$\psi(x) = \begin{cases} 1, & |x| \geq \tau \text{ ise,} \\ 0 & |x| < \tau \end{cases} \quad (20)$$

τ değeri karar verici tarafından belirlenmektedir. Bu değer 0.01 ile 0.05 arasında bir değer seçilmesi önerilir. Karşılaştırılan iki alternatifin Öklidyen uzaklıkları arasındaki fark τ 'den daha az ise bu durumda, iki alternatif Taxicab uzaklığı ile karşılaştırılmalıdır. Karşılaştırmalı değerlendirme matrisi eşitlik 21'de görüldüğü gibidir:

$$R_a = [h_{ik}]_{n \times n} \quad \text{ve} \quad h_{ik} = (E_i - E_k) + (\psi(E_i - E_k) \times (T_i - T_k)) \quad (21)$$

Adım 7: Bütün alternatifler için değerlendirme skoru eşitlik 22'deki gibidir. Her bir alternatif arasında en yüksek değerlendirme skoruna sahip olan alternatif en iyi seçim olarak seçilir.

$$H_{ik} = \sum_{k=1}^n h_{ik} \quad (22)$$

2.3.Entropi Yöntemi

Entropi yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır (Wang and Lee, 2009; Li vd., 2011):

Adım 1: Birinci adımda karar matrisi düzenlenir. Bu matris, problemde yer alan bütün alternatifleri ve kriterleri içermelidir. Karar matrisi aşağıdaki eşitlik 23'de gösterilmektedir:

$$E = [z_{ij}]_{m \times n} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \dots & z_{1n} \\ z_{21} & z_{22} & \dots & z_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{m1} & z_{m2} & \dots & z_{mn} \end{bmatrix} \quad (23)$$

Eşitlik 23'de bulunan z_{ij} , i . alternatifin j . kriterde gösterdiği performansı belirtmektedir. Karar matrisi n adet kriteri ve m adet alternatifi kapsamaktadır.

Adım 2: Karar matrisinde yer alan bütün değerler, eşitlik 24 (fayda temelli kriterler) ve eşitlik 25 (maliyet temelli kriterler) yardımı ile standartlaştırılır. Eşitlik 24 ve 25'de yer alan r_{ij} değerleri, karar matrisindeki z_{ij} değerinin standartlaşmış formunu göstermektedir.

$$r_{ij} = \frac{z_{ij}}{\max_j(z_{ij})} \quad (24)$$

$$r_{ij} = \frac{\min_j(z_{ij})}{(z_{ij})}, \min_j(z_{ij}) \neq 0 \quad (25)$$

Adım 3: Aşağıdaki eşitlik 26'da t_{ij} değeri r_{ij} değerinin normalize edilmiş hali görülmektedir.

$$t_{ij} = \frac{r_{ij}}{\sum_{i=1}^m r_{ij}} \quad (26)$$

Adım 4: Her bir kriterin entropi değeri (H_j) aşağıdaki eşitlik 27 yardımı ile bulunur.

$$H_j = - \frac{\sum_{i=1}^m t_{ij} \ln(t_{ij})}{\ln(m)} \quad (27)$$

Adım 5: Son olarak her bir kriterin ağırlığı (w_j) eşitlik 28'deki gibi hesaplanır. Bulunan kriter ağırlıkları EDAS yöntemine aktarılır.

$$W_j = \frac{1-H_j}{\sum_{j=1}^n (1-H_j)} \quad (28)$$

Çalışmada ele alınan yöntemlerle ilgili literatür taramalarına aşağıda yer verilmiştir:

He *et al.* (2019) kaynak kullanımının etkinliği ve çevresel kirliliğin olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi ve uygun bir yeşil tedarikçi seçimi için olasılıklı belirsiz dilsel kümelerle sahip EDAS yöntemini ele almışlardır.

Zavadskas *et al.* (2019) Geleneksel EDAS yönteminin değiştirilmiş bir uzantısı olarak verilen Minkowski uzayındaki Ortalama Çözümünden Uzaklığa (EDAS-M) dayalı yeni bir Değerlendirme yöntemi sunmuşlardır. Bu çalışmada ele aldıkları otonom (sürücüsüz) araçlar diğer adıyla robot araçlar için EDAS-M yöntemini ele almışlardır.

Karagöz *et al.* (2019) çalışmalarında çok ölçütlü karar verme yaklaşımları kullanılarak İstanbul'daki ömrünü tamamlamış araçlar için izin verilen toplama yerlerinin seçiminde farklı alternatiflerin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Atık yönetimine katkıda bulunmak için bulanık tabanlı sezgisel CODAS yöntemini ele almışlardır. Sezgisel bulanık CODAS, TOPSIS ve WASPAS yöntemleri İstanbul'daki hurda araç toplama yer seçimi için aynı alternatifleri ortaya çıkarmıştır.

Ghorabae *et al.* (2015) çalışmalarında bulanık ortamda çok kriterli karar verme (ÇKKV) problemlerini ele almak için EDAS yöntemini incelemişlerdir. Önerilen yöntemin prosedürünü ve uygulanabilirliğini göstermek için tedarikçi seçimi vaka çalışması kullanılmıştır.

Ghorabae *et al.* (2016) çalışmalarında, bir şirketin rekabet gücünü artırması için önemli faaliyetlerden biri olan pazar araştırması için CODAS yönteminin bulanık bir uzantısını ele almışlardır.

Barauskas *et al.* (2018) çalışmalarında özel ve toplu taşıma sistemlerinin başarılı bir şekilde işleyişini destekleyen anahtar kriterleri tanımlayarak, Ortalama Çözümünden Uzaklık (EDAS) yöntemini ele almışlardır.

Karabasevic *et al.* (2018) çalışmalarında, tekstil endüstrisindeki web sitelerinin kalitesinin değerlendirilmesi için kullanım kalitesini ISO / IEC 9126-4 kriterleriyle birlikte EDAS ve SWARA yöntemleriyle ele almışlardır.

Fan *et al.* (2019), teknoloji seçiminin karmaşıklığı nedeniyle, karar vericilerin zor bir görevle karşı karşıya olduğunu ifade etmişlerdir. Bu nedenle en iyi teknolojileri seçmek için EDAS yöntemi ele alınmıştır.

Ouenniche *et al.* (2019) Çalışmalarında parametrik olmayan yeni bir sınıflandırıcı önererek yeni parametrik olmayan yaklaşım ile EDAS tabanlı sınıflandırıcıya dayalı bir yaklaşım ele almışlardır. Önerilen yeni parametrik olmayan sınıflandırma sisteminin performansı, İngiltere firmalarının başarısızlıklarının tahmini için bir veri seti üzerinde test edilmiştir.

Stević *et al.* (2019) ondan fazla farklı üretim alanında ele alınan tedarikçi seçim modeli ve değerlendirmesini ele almışlardır. Kriterlerin önemini belirlemek için bulanık AHP ve tedarikçi seçimini değerlendirmek için Bulanık EDAS kullanılarak naylon poşet ve folyo üretimine yönelik tedarikçi seçimi uygulaması ele almışlardır.

Yalçın ve Pehlivan (2019) personel seçim problemini çözmek için karşılaştırmalı dilsel ifadelerle dayanan belirsiz bulanık dilsel kümeleri, bulanık CODAS yöntemi ile birleştiren bir yöntem ele almışlardır.

Yeni ve Özçelik (2019), personel seçim problemi için atanassov aralıklı dilsel değerli bulanık kümelere CODAS olarak adlandırılan grup karar verme süreçleri için bulanık uzantılı CODAS yöntemini ele almışlardır.

Zhang *et al.* (2019) Geleneksel bulanık EDAS modeli oluşturmuşlardır. İlk olarak, *picture fuzzy set* (PFS'ler) tanımını ve *picture fuzzy set* (PFN'ler) skor fonksiyonunu, doğruluk fonksiyonunu ve çalışma kuralları gösterilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Uygulama

2013-2018 yıllarında İstanbul ilinde uluslararası ticarete bulunduğu 8 ayrı sektör için ele alınan alternatifler ve kriterler şu şekildedir. Ölçütlerden C1: 2013 yılı ihracatı-USD, C2: 2014 yılı ihracatı-USD, C3: 2015 yılı ihracatı -USD, C4: 2016 yılı ihracatı -USD, C5: 2017 yılı ihracatı-USD ve C6: 2018 yılı ihracatı-USD fayda yönlü iken C7: 2013 yılı ithalatı-USD, C8: 2014 yılı ithalatı-USD, C9: 2015 yılı ithalatı-USD, C10: 2016 yılı ithalatı-USD, C11: 2017 yılı ithalatı-USD ve C12: 2018 yılı ithalatı-USD maliyet yönlüdür. Çalışmanın alternatifleri şunlardır. A1: Tarım ve ormancılık, A2: Balıkçılık, A3: Madencilik ve taşocakçılığı, A4: İmalat sanayi, A5: Elektrik, gaz ve su, A6: Toptan ve perakende ticaret, A7: Gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri, A8: Diğer sosyal, toplumsal ve kişisel hizmetler. Değerlendirme ölçütleri, T.C Sanayi ve Ticaret Bakanlığının web sitesinde yayınladığı sanayi durum raporundan (2018) elde edilerek çeşitli literatür taraması ile oluşturulmuştur (<https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari/mu0803011615>)

Tablo 1. Karar problemine ait veri seti (Karar Matrisi)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	701	976	1.0	593	647	691	2.4	2.4	2.1	2.0	2.3	2.2
A2	34.	39.	33.	33.	37.	34.	46.	56.	77.	48.	50.	44.
A3	1.1	985	851	786	1.0	1.0	4.3	4.4	3.5	2.7	3.8	4.1
A4	76.	79.	74.	74.	79.	82.	131	124	109	108	123	109
A5	28.	88.	72.	12.	76.	87.	305	411	293	170	49.	51.
A6	318	375	215	200	226	266	4.9	4.3	2.7	2.7	4.2	5.0
A7	266	151	383	206	275	471	842	906	1.0	877	2.2	1.1
A8	14.	3.8	2.8	3.3	10.	20.	38.	37.	18.	28.	74.	55.

Tablo 1'deki başlangıç karar matrisindeki veriler, İstanbul ilinde 2013-2018 yılları arasındaki ithalat ve ihracat fiyatlarının USD para birimiyle değerini göstermektedir. Bu veriler T.C Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, İstanbul Sanayi ve Teknoloji İl Müdürlüğü'nün hazırladığı İstanbul ili Sanayi Durum Raporundan (2018) elde edilmiştir.

Tablo 2. Normalleştirilmiş karar matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,01	0,02	0,04	0,02
A3	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A4	0,00	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,02
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96	0,96	0,93	0,95	0,89	0,94
A8	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,05	0,03	0,03	0,03	0,02

Entropi yöntemine göre standartlandırılmış matris haline getirilen matris daha sonra Tablo 2'de, Entropi yöntemi başlığında yer alan adım 3'deki (26) nolu denkleme göre hesaplanarak normalize edilmiş matris haline getirilmiştir.

Tablo 3. Entropi Değerleri ve kriter ağırlıkları

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
Hj	0	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.09	0.09	0.127	0.111	0.224	0.141
1-Hj	0	0.94	0.94	0.95	0.94	0.94	0.91	0.91	0.873	0.889	0.776	0.859
Wj	0	0,095	0,095	0,096	0,095	0,095	0,092	0,092	0,088	0,090	0,078	0,087

Tablo 3'de, Entropi yönteminde Adım 4'deki (27) nolu formül ile hesaplanarak entropi değerleri bulunmuştur. Yine aynı bölümde yer alan Entropi yönteminde Adım 5'deki (28) nolu denkleme göre ise 12 kriter için her bir kriterin ağırlıkları hesaplanmıştır. Bu kriterler EDAS ve CODAS yönteminde ele alınacaktır.

3.2.EDAS Yöntemiyle Çözüm

Tablo 4. Ortalamadan Pozitif Uzaklık Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,881	0,873	0,872	0,877	0,877	0,867
A2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,998	0,997	0,995	0,997	0,997	0,997
A3	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,788	0,769	0,788	0,832	0,801	0,761
A4	5,797	5,789	5,800	5,850	5,825	5,822	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,985	0,979	0,983	0,990	0,997	0,997
A6	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,761	0,778	0,838	0,837	0,778	0,709
A7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,998	0,998	0,999	0,998	0,996	0,997

Tablo 4'de ortalamadan pozitif uzaklık matrisi, EDAS yöntemi başlığı altındaki Adım 3'de yer alan (4), (6) ve (8) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 5. Ortalamadan Negatif Uzaklık Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	0,938	0,917	0,907	0,945	0,944	0,943	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A2	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,997	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A3	0,895	0,916	0,923	0,928	0,911	0,913	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A4	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	5,410	5,394	5,475	5,531	5,447	5,329
A5	0,997	0,992	0,993	0,999	0,993	0,993	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A6	0,972	0,968	0,980	0,982	0,980	0,978	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A7	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A8	0,999	1,000	1,000	1,000	0,999	0,998	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tablo 5’de ortalamadan negatif uzaklık matrisi EDAS yöntemi başlığı altındaki Adım 3’de yer alan (5), (7) ve (9) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 6. SP, SN, NSP, NSN ve AS Değerleri

	SPi	SNi	NSPi	NSNi	ASi	Sıralama
A1	0,45962	0,44187	0,16652	0,84520	0,50586	5
A2	0,52402	0,47299	0,18985	0,83430	0,51208	2
A3	0,41502	0,43555	0,15036	0,84741	0,49889	7
A4	2,76012	2,85448	1,00000	0,00000	0,50000	6
A5	0,51938	0,47170	0,18817	0,83475	0,51146	4
A6	0,41205	0,46389	0,14929	0,83749	0,49339	8
A7	0,52557	0,47445	0,19041	0,83379	0,51210	1
A8	0,52442	0,47413	0,19000	0,83390	0,51195	3

Tablo 6, EDAS yöntemi başlığı altındaki Adım 4 ve Adım 5’de yer alan (10), (11) ve (12) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Tablodaki ASi değerlendirme skoru ise yine aynı adımda yer alan formül yardımıyla hesaplanmıştır. Burada en yüksek değerlendirme skoru olan A7 yani gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri seçilmiştir. En düşük seçim kriteri ise 8 numaralı sıra ile A6 yani Toptan ve parekende ticaret sektörü olduğu görülmüştür. Sektörlerin EDAS yöntemi ile sıralanması bu şekildedir: A7>A2>A8>A5>A1>A4>A3>A6

3.3.CODAS Yöntemiyle Çözüm

Tablo 7. Normalize Edilmiş Karar Matrisi

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12
A1	0,009	0,012	0,014	0,008	0,008	0,008	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
A2	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,018	0,016	0,013	0,018	0,044	0,025
A3	0,015	0,012	0,011	0,011	0,013	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
A4	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
A5	0,000	0,001	0,001	0,000	0,001	0,001	0,003	0,002	0,004	0,005	0,045	0,022
A6	0,004	0,005	0,003	0,003	0,003	0,003	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000
A7	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
A8	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,024	0,054	0,031	0,030	0,020

Tablo 7’de CODAS yönteminin adım 2’de yer alan ve (15) numaralı denklemden ifade edilen formüle göre başlangıç karar matrisi normalize haline getirilerek normleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir.

Tablo 8. Ağırlıklı normalize karar matrisi (rij)

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	Ei	Ti
A1	0,00000	0,00116	0,00130	0,00076	0,00077	0,00079	0,00003	0,00003	0,00004	0,00004	0,00007	0,00004	0,002	0,005
A2	0,00000	0,00005	0,00004	0,00004	0,00005	0,00004	0,00164	0,00147	0,00116	0,00161	0,00341	0,00220	0,005	0,012
A3	0,00000	0,00117	0,00108	0,00101	0,00124	0,00121	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00005	0,00002	0,003	0,006
A4	0,00000	0,09469	0,09469	0,09570	0,09469	0,09469	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,212	0,474
A5	0,00000	0,00011	0,00009	0,00002	0,00009	0,00010	0,00025	0,00020	0,00031	0,00046	0,00349	0,00191	0,004	0,007
A6	0,00000	0,00045	0,00027	0,00026	0,00027	0,00030	0,00002	0,00002	0,00003	0,00003	0,00004	0,00002	0,001	0,002
A7	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,09170	0,09180	0,08800	0,08960	0,07800	0,08650	0,215	0,526
A8	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00001	0,00002	0,00200	0,00221	0,00478	0,00275	0,00233	0,00177	0,007	0,016

Tablo 8’de CODAS yönteminin adım 3’de yer alan ve (16) numaralı denklemde ifade edilen formüle göre normalleştirilmiş karar matrisi ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi haline getirilmiştir. Aynı zamanda bu tabloda yer alan Ei yani Öklidyen uzaklığı ve Ti-Taxicab uzaklığı Adım 5’de yer alan ve (18) ve (19) numaralı denklemlerde ifade edilen formüller yardımıyla hesaplanmıştır. Öklidyen ve Taxicab uzaklık değerlerine bağlı olarak bir sonraki aşamada bu her iki değer görelide değerlendirme matrisinde kullanılmıştır.

Tablo 9. Görelide Değerlendirme Matrisinin Oluşturulması

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	Hi	H skor
A1	0	-0,009	-0,001	-0,679	-0,004	0,005	-0,733	-0,016	-1,437849832	7
A2	0,009	0,000	0,008	-0,670	0,006	0,014	-0,724	-0,006	-1,362039273	4
A3	0,001	-0,008	0,000	-0,678	-0,003	0,006	-0,732	-0,014	-1,428406641	6
A4	0,679	0,670	0,678	0,000	0,676	0,684	-0,054	0,664	3,997430475	2
A5	0,004	-0,006	0,003	-0,676	0,000	0,009	-0,729	-0,012	-1,407339017	5
A6	-0,005	-0,014	-0,006	-0,684	-0,009	0,000	-0,738	-0,020	-1,47643787	8
A7	0,733	0,724	0,732	0,054	0,729	0,738	0,000	0,718	4,428038513	1
A8	0,016	0,006	0,014	-0,664	0,012	0,020	-0,718	0,000	-1,313396355	3

Tablo 9’da yer alan bu matris CODAS yöntemi başlığı altında adım 6’da yer alan (20) ve (21) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Aynı zamanda H_i değerlendirme skoru ise adım 7’de yer alan (22) numaralı denklem yardımıyla bulunmuştur. CODAS yöntemi başlığı altındaki Adım 4 ve Adım 5’de yer alan (17), (18) ve (19) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Burada en yüksek değerlendirme skoru olan A7 yani gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri seçilmiştir. En düşük seçim kriteri ise 8 numaralı sıra ile A6 yani Toptan ve perakende ticaret sektörü olduğu görülmüştür. Sektörlerin CODAS yöntemi ile sıralanması bu şekildedir: A7>A4>A8>A2>A5>A3>A1>A6

4. Sonuç

Her iki yöntemde yapılan analiz sonuçlarına göre Entropi tabanlı EDAS ve CODAS yöntemlerinde ilk seçim kriteri olarak A1 yani gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetleri alternatifi seçilmiştir. Her iki yöntemde de son seçim olarak ise Toptan ve perakende ticareti yer almaktadır.

İstanbul’da gayrimenkul kiralama ve iş faaliyetleri sadece iş yeri ve ofis kiralamayla sınırlı kalmayıp özel mülkiyet olarak da ele alınabilir. Son 6 yıla baktığımızda İstanbul’daki inşaat sektörüne olan yatırımlar büyük oranda artmıştır. İstanbul’da kentsel dönüşümle beraber birçok yerde yeniden yapılanma olmuş ve bu doğrultuda iç ve dış piyasada bu sektöre olan talebin de arttığı gözlenmiştir. Yabancıların konut seçiminde ulaşımın daha rahat, uçuş sayısının fazla olduğu, gidiş-gelişin ekonomik olduğu illeri tercih ettiği gözlenmiştir. Aynı zamanda şehir merkezi ve havalimanına yakınlık ile güvenli siteler de başka bir seçim nedenidir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre yabancıların konut seçiminde Türkiye’de ilk sırada İstanbul’u tercih ettiği gözlenmiştir.

Türkiye genelinde konut satışlarında bir önceki yıla oranla yüzde 47.7 oranında artarak 202.074 olduğu görülmüştür. Konut satışlarında 40.317 konut satışı ile İstanbul birinci sırada yer almaktadır. Bu satış sayısında Türkiye geneline göre yüzde 20 pay ile en büyük yüzdeliğe sahip olan il İstanbul’dur. Konut satışında ikinci sırada yer alan şehir İstanbul’dan sonra Ankara takip etmektedir. Ankara ili, 12.284 konut satışıyla yüzde 9.9 orana sahiptir. Türkiye’nin en çok konut satışı yaptığı ülkelerin başında Irak gelmektedir. Irak vatandaşları son bir yılda Türkiye’den 7.596 konut alarak ilk sıraya yerleşmiştir. Türkiye’den ikinci en yüksek konut alımı yapan ülke ise 5.423 konut sayısı ile İran gelmektedir. Diğer konut alımı yapan ülkeleri şu şekilde sıralayabiliriz. 2.893 konut ile Rusya Federasyonu, 2.208 konut ile Suudi Arabistan ve 2.191 konut alımı ile Afganistan gelmektedir. (T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü)

Gayrimenkul, kiralama ve iş faaliyetlerindeki dış ticaret performansının artışıdaki bir diğer neden ise bu sektöre yapılan politikalar olduğu görülmektedir. Yabancılar konut satışı yapan firmaların ihracatçı sınıfına alınmasıyla beraber, bir yabancı konut almasıyla

zamanını da Türkiye’de geçirmesini sağladığı ve dolaylı olarak da döviz kazandırdığını söyleyebiliriz. Çalışmada ele alınan EDAS ve CODAS yöntemleri dış ticaret açığı/fazlalığı açısından İstanbul ilinin ithalat ve ihracat performansı hakkında bilgi vermektedir. Bu bilgiler ışığında hangi sektörün gelişmekte olduğu ve hangi sektörün gelişmemiş olduğunu analiz edebilmekteyiz. Seçim kriterleri değerlendirildiğinde her iki yöntem de çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan EDAS ve CODAS yönteminin başarı ile uyguladığını ve bu iki yöntemin performansının da iyi düzeyde olduğu görülmüştür. Gelecekteki çalışmalar için bu yöntemler çok kriterli karar verme tekniklerinden TOPSIS, MOORA, ELECTRE, Bulanık EDAS, Bulanık CODAS, gibi yöntemlerle kıyaslanabilir. Bu yöntemlerin performansları değerlendirilerek hangi yöntemin daha iyi olduğuna karar verilebilir.

Kaynakça

- Barauskas, A., Mateckis, K. J., Palevičius, V., & Antuchevičienė, J. (2018). Ranking conceptual locations for a park-and-ride parking lot using EDAS method. *Gradevinar*, 70(11), 975-983.
- Fan, J.-P., Li, Y.-J., & Wu, M.-Q. (2019). Technology Selection Based on EDAS Cross-Efficiency Evaluation Method. *IEEE Access*, 7.
- Ghorabae, M. K., Zavadskas, E. K., Amiri, M., & Turskis, Z. (2015). Extended EDAS Method for Fuzzy Multi-criteria Decision-making: An Application to Supplier Selection. *International Journal Of Computers Communications & Control*, 11(3), 358-371.
- Ghorabae, M., Amiri, M., Zavadskas, E., Hooshmand, R., & Antuchevičienė, J. (2016). Fuzzy Extension Of The Codas Method For Multi-Criteria Market Segment Evaluation. *Journal of Business Economics and Management*, 18(1), 1–19.
- He, Y., Lei, F., Wei, G., Wang, R., Wu, J., & Wei, C. (2019). EDAS Method for Multiple Attribute Group Decision Making with Probabilistic Uncertain Linguistic Information and Its Application to Green Supplier Selection. *International Journal of Computational Intelligence Systems*, 12(2), 1361–1370.
- Karabasevic, D., Stanujkic, D., Brzakovic, M., Maksimovic, M., & Brzakovic, P. (2018). The evaluation of websites in the textile industry by applying ISO/IEC 9126-4 standard and the EDAS method. *Industria Textila*, 69(6).
- Karagöz, S., Deveci, M., Simic, V., Aydın, N., & Bölükbaş, U. (2019). A novel intuitionistic fuzzy MCDM-based CODAS approach for locating an authorized dismantling center: a case study of Istanbul. *Waste Management & Research*, 1-13.
- Li, X., Wang, K., Liu, L., Xin, J., Yang, H., & Gao, C. (2011). Application of the Entropy Weight and TOPSIS Method in in Safety Evaluation of Coal Mines. *Procedia Engineering*, 26, 2085-2091.
- Ouenniche, J., Perez, O. J., & Ettouhami, A. (2019). A new EDAS-based in-sample-out-of-sample classifier for risk-class prediction. *Management Decision*, 57(2), 314-323.
- Stević, Ž., Vasiljević, M., Puška, A., Tanackov, I., Junevičius, R., & Vesković, S. (2019). Evaluation Of Suppliers Under Uncertainty: A Multiphase Approach Based On Fuzzy Ahp And Fuzzy Edas. *Transport*, 34(1), 52–66.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü: [https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/turkiye-genelinde-2019da-1-milyon-348-bin-729-konut-satis-sonucu-el-degistirdi#:~:text=T%C3%BCrkiye%20%C4%B0statistik%20Kurumu%20\(T%C3%9C%C4%B0K\)%2C,milyon%20348%20bin%20729%20oldu](https://www.tkgm.gov.tr/tr/icerik/turkiye-genelinde-2019da-1-milyon-348-bin-729-konut-satis-sonucu-el-degistirdi#:~:text=T%C3%BCrkiye%20%C4%B0statistik%20Kurumu%20(T%C3%9C%C4%B0K)%2C,milyon%20348%20bin%20729%20oldu). (Erişim Tarihi: 15.07.2020)
- T.C Sanayi ve Ticaret bakanlığı - sanayi durum raporu (2018) <https://www.sanayi.gov.tr/plan-program-raporlar-ve-yayinlar/81-il-sanayi-durum-raporlari/mu0803011615>. (Erişim Tarihi: 15.07.2020)
- Wang, T.-C. ve Lee, H.-D. (2009). "Developing a fuzzy TOPSIS approach based on subjective weights and objective weights", *Expert Systems with Applications*, C. XXXVI, S. 5, s. 8980-8985.
- Yalçın, N., & Pehlivan, N. Y. (2019). Application of the Fuzzy CODAS Method Based on Fuzzy Envelopes for Hesitant Fuzzy Linguistic Term Sets: A Case Study on a Personnel Selection Problem. *Symmetry*, 11, 493.
- Yeni, F. B., & Özçelik, G. (2019). Interval-Valued Atanassov Intuitionistic Fuzzy CODAS Method for Multi Criteria Group Decision Making Problems. *Group Decision and Negotiation*, 28, 433-452.
- Zavadskas, E., Stević, Ž., Turskis, Z., & Tomašević, M. (2019). A Novel Extended EDAS in Minkowski Space (EDAS-M) Method for Evaluating Autonomous Vehicles. *Studies In Informatics And Control*, 28(3), 255-264.
- Zhang, S., Guiwu, W., Gao, H., Wei, C., & Wei, Y. (2019). Edas Method For Multiple Criteria Group Decision Making With Picture Fuzzy Information And Its Application To Green Suppliers Selections. *Technological And Economic Development Of Economy*, 25(6), 1123-1138.



Metal-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT Sandviç Panellerin Eğilme Davranışlarının Deneysel Olarak Araştırılması

Berkant Dindar

Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1215-3621)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822564)

ATIF/REFERENCE: Dindar, B. (2020). Metal-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT Sandviç Panellerin Eğilme Davranışlarının Deneysel Olarak Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 249-253.

Öz

Bu çalışmada E-cam/Epoksi kompozitler çoğul duvarlı karbon nanotüpler (ÇDKNT) ile modifiye edilerek E-cam/Epoksi/ÇDKNT nanokompozitler üretilmiştir. Nanokompozitler pirinç, bakır ve alüminyum ile yapıştırılarak metal/nanokompozit sandviç paneller elde edilmiştir. Çalışmanın amacı sandviç panellerin bu üç farklı tasarım parametresinde eğilme dayanımı değerlerinin deneysel olarak tespit edilmesidir. Sandviç panellerin çekirdek kısmını oluşturan nanokompozitler 330 g/m² ağırlığındaki tek eksenli (unidirectional) E-cam kumaşlar ile takviye edilmiştir. Nanokompozitlerin matris kısmını oluşturan reçine ise diglisidil ether bisfenol A türü bir epoksidir. Modifiye malzemesi olarak kullanılan karbon nanotüplerin saflıkları %98, iç çapları 5-10 nanometre dış çapları 10-20 nanometre ve 0,5-2 mikrometre aralığındadır. Karbon nanotüpler fonksiyonelleştirilmiş (-OH) olarak temin edilmiştir. Matris ve takviye elemanları arasındaki arayüzey bağları bir kompozit için en önemli noktalardan birtanesidir. Yükün matristen elyaflara dengeli aktarılması kompozitin bazı mukavemet değerlerini arttırmaktadır. Karbon nanotüpler fonksiyonel (-OH) gruplar ile kimyasal olarak epoksi reçineye bağlanmakta ve fiziksel olarak da E-cam elyaflara saplanarak bir köprü gibi işlev göreyerek arayüzey kalitesini arttırmaktadır. Karbon nanotüplerin bu işlevleri yerine getirebilmesi reçine içerisinde homojen karışımları ile doğrudan ilişkilidir. Reçine sertleştirici karışımı %70-30 yapıldıktan sonra ağırlıkça %0,5 oranında ilave edilen nano partüküller mekanik olarak 20 dk. süre ile karıştırılmışlardır. Bu karışım bir el paleti ile E-cam kumaşlara uygulanmış ve sonrasında reçinenin kumaşa iyice difüze olması için 30 dk. bekletilmiştir. Bu ıslak haldeki kumaşlar dört tabakalı şekilde [0]₄ sıcak pres kalıplama ile 100 °C sıcaklık ve 7 bar basınç altında kürleştirilmişlerdir. Kürleşen plakalar ve pirinç, bakır, alüminyum levhalar su jeti ile deney numunesi ölçülerinde (100x20mm) ebatlandırılmışlardır. Sandviç panelin dış laminatlarını oluşturan pirinç, bakır, ve alüminyum ile çekirdeği oluşturan nanokompozit malzeme çift komponentli metil metakrilat ile yapıştırılmıştır. Son olarak üç nokta eğme deneyleri yapılan bu sandviç panellerin bükülmeye karşı en dayanıklısı 19 MPa ile Alüminyum-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT, sonrasında 11 MPa, Bakır-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT son olarakda 10 MPa ile Pirinç-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon nanotüp, E-cam, Epoksi, Pirinç, Bakır, Alüminyum.

Experimental Investigation of Flexural Behavior of Metal-Glass fiber/Epoxy/MWCNT

Abstract

In this study E-glass/Epoxy/MWCNT nanocomposites were produced by modifying E-glass/epoxy composites with multi-walled carbon nanotubes (MWCNT). Metal/nanocomposite sandwich panels were obtained by bonding nanocomposites with brass, copper and aluminum. The aim of study is to determine the bending strength values of sandwich panels in these three different design parameters experimentally. The nanocomposites forming the core part of the sandwich panels are reinforced with 330 g/m² unidirectional E-glass fabrics. The resin that forms the matrix part of nanocomposites is a diglycidyl ether bisphenol A type epoxy. The purity of carbon nanotubes used as modification material is 98%, inner diameters of 5-10 nanometers, outer diameters of 10-20 nanometers and 0,5-2 micrometers. Carbon nanotubes functionalized as -OH were imported from Switzerland. Interfacial bonds between matrix and reinforcement elements are one of the most important points for a composite. The balanced transfer of the load from the matrix to the fibers increases some of the strength values of the composite. Carbon nanotubes are chemically bonded to epoxy resin with functional

(-OH) groups and physically stuck to E-glass fibers acting as a bridge, increasing the quality of the interface. The ability of carbon nanotubes to fulfill these functions is directly related to their homogeneous mixing within the resin. After the resin hardener mixture is made 80-20%, the nanoparticles added at 0.5% by weight are mechanically 20 min. have been mixed for time. The mixture is applied to E-glass fabrics with a hand palette and then 30 min. to allow the resin to diffuse into the fabric thoroughly has been suspended. These wet fabrics were cured in four layers [0]₄ with hot press molding at 100 °C and 7 bar pressure. Cured plates and brass, copper aluminum plates were sized with water jet to test sample dimensions (100x20). Brass, copper and aluminum forming the outer laminate of the sandwich panel and the nanocomposite material forming the core are bonded with methyl methacrylate with two components. Finally, the three-point bending tests of these sandwich panels are the most resistant to bending with 33 MPa, Aluminum-Glass fiber/Epoxy/MWCNT then 11 MPa, Copper-Glass fiber/Epoxy/MWCNT and 10 MPa were determined.

Keywords: Carbon nanotub, E-glass, Epoxy. Brass, Copper, Aluminum.

1. Giriş

Sandviç yapıların kullanımı, uygulama alanlarının genişliği nedeniyle hızla artmaya devam etmektedir, örneğin; uzay araçlarında, uçaklarda, deniz araçları, kamyon yapıları, tren ve konteynerlerin yanı sıra bazı otomobil gövde parçalarında kullanılırlar. Kompozit sandviç paneller genellikle iki ince yüzey malzemesinden ve yüzey malzemesine göre nispeten kalın bir çekirdek malzemedenden oluşur(Mingze vd., 2020). Sandviç panelin orta kısmını oluşturan çekirdek elemanlar balsa, kontrplak gibi doğal malzemelerden oluşabileceği gibi petek, köpük, kompozit gibi, yüksek mühendislik malzemelerine kadar çeşitlilik gösterebilmektedir. Bundan dolayı sandviç kompozitlerin mekanik davranışları, çekirdek elemanın özellikleri ile yakından ilişkilidir(Efe, 2019). Kompozit sandviç yapıları kullanmanın sayısız avantajına rağmen, düzlem dışı darbe hasarına karşı son derece hassastırlar(Alamin vd., 2018). Sandviç panellerin davranışı temel olarak geometrik konfigürasyona ve çekirdek ve kaplamanın malzemelerine bağlıdır (Hussain vd., 2019). Sandviç panellerin göçme davranışı da geometrik konfigürasyonlarına, malzeme türlerine, ve yükleme düzenine bağlıdır. Bu nedenle sandviç panellerin arıza mekanizmalarını ayrı ayrı araştırmak gerekir(Sakly vd., 2016). Sandviç yapı imalatının en yaygın amacı minimum toplam yoğunlukta (ortalama) en büyük sertliği elde etmektir(Krzyhak vd., 2016). Son zamanlarda sandviç panellerin davranışları üzerine pek çok çalışma yayınlanmıştır. Bazı sandviç yapıların temelleri ve deneysel araştırmaları (Dai vd., 2003; Engin vd., 2008; Mostafa., 2014; Iyer vd., 2017) tarafından açıklanmıştır.

Nanokompozitlere yönelik çalışmalar: Fiber ve matris arasındaki bağın, fiber takviyeli polimerlerin genel özelliklerinde çok önemli bir rol oynadığı iyi bilinmektedir. Zayıf fiber matris ara yüzey bağları olması gerektiren düşük yüklerde hasar meydana getirebilir ve sonuç olarak fiber takviyeli polimerlerin nihai mukavemeti azalır(Qingyu vd., 2013). Nano partiküller arayüzey yapışmasını arttırmada dikkate değer bir etki göstermiştir. Nanopartiküller, fazlar içinde birbirine kenetlenen pimler gibi hareket ederek fiber ile matris arasında daha yüksek bir sürtünme oluşturabilir. Karbon nanotüplerin kompozit malzeme özelliklerini değiştirme gücüne sahip oldukları aşikardır. Karbon nanotüpler polimer matris içinde dolgu maddeleri olarak kullanılarak yeni özellikte malzemeler elde edilebilir (Gao vd., 2015;Mittal vd.2015; Tian vd., 2017). Çok duvarlı karbon nanotüpler, çok geniş en-boy oranı ve yüksek modüllü dolgu maddeleri olarak polimerik matriste obimal oranlarda (Eskizeybek 2012) kullanıldığında, iyi takviye verimlilikleri gösterdikleri deneysel olarak kanıtlanmıştır (Mortone vd., 2010). Cam dokuma takviyeli epoksi kompozitin mekanik özellikleri, çoğul duvarlı karbon nanotüpler eklenmesiyle iyileşmektedir. (Shivamurthy vd., 2020)

Bükülmeye yönelik çalışmalar: Gemi gövdelerinde kullanıldığında, sandviç yapılar çoğunlukla bükülme yüküne maruz kalır (Hou vd., 2018). Cam/epoksi kompozite nanosilika (epoksinin ağırlıkça% 1'i kadar) ve nanokil (epoksinin ağırlıkça% 2'si kadar) ilave edilmesi, nanokompozitin bükülme mukavemetinde % 10.81 artış sağlamıştır. (Nayak, vd., 2020). Fiber takviyeli polimerik yapılar ve Al6063T5 alüminyum birlikte kullanılmasıyla hibrid yapılar elde edilmiş ve bu yapının numerik olarak eğilme davranışları araştırılmıştır. Analizler sonucunda ilk önce karbon takviyeli kompozitte delaminasyon meydana olmuş daha sonra alüminyum ve kompozit arasındaki bağlar açılmış ardından da alüminyumun burkulması ve hibrit kirişin bükülmesi ile çökme meydana gelmiştir (Shin, vd. 2014). Eksenel bükülme çökmesi altında enerji absorpsiyon kabiliyetini araştırmak üzere alüminyum/cam fiber takviyeli polimerik hibrid kare tüpler üretilmiştir. Eksenel bükülme koşullarında alüminyum tüpe göre daha hafif olan hibrid tüp iyi bir enerji soğurma kabiliyeti göstermektedir (Shin, vd. 2002). Tasarım optimizasyonu, tüm bu faktörlerin etkilerini göz önünde bulundurmanın, uygun yapısal parametreleri belirlemenin ve metal/kompozit hibrit tüplerin dayanıklılığını iyileştirmenin umut verici bir yoldur (Sun. vd., 2019; Yu. vd., 2019). Farklı çelik/polimer/çelik sandviç kompozit kombinasyonlarının eğilme davranışı deneysel, sayısal ve analitik olarak incelenmiştir. Daha kalın çekirdeklerde daha az geri esneme öngörülmüş ancak azalan geri esneme ile birlikte kılın çekirdeklerin dış katmanındaki çekme gerimesinin artmasından dolayı çatlama olasılığında artmaktadır (Harhasha, vd.2020).

Bu çalışmada ise sandviç panellerin, farklı tasarım parametrelerinin eğilme davranışlarına etkisi incelenmiştir. Sandviç panellerin, bakır ve alüminyum yüzey tabakalarının bir yapıştırıcı ile tek yönlü [0]₄ E-cam/epoksi/ÇDKNT çekirdek elemana yapıştırılmasıyla üretilmiştir. Deneysel olarak üç noktadan eğilmeye tabi tutulan bu sandviç panellerin dayanımına yönelik bir analiz sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

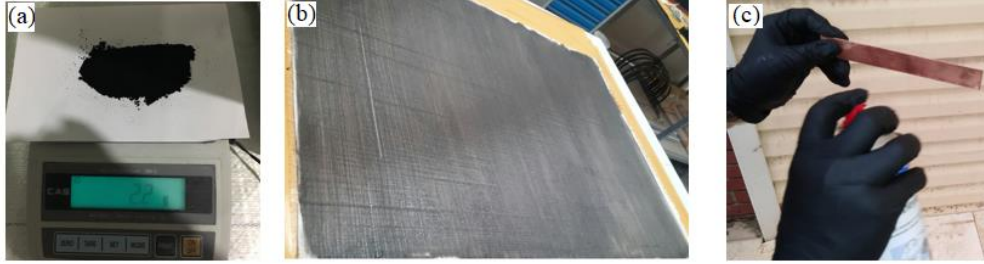
2.1. Malzemeler

Çalışmada kullanılan sandviç panellerin nanokompozit çekirdek kısmında 330 g/m² ağırlığındaki tek eksenli (unidirectional) E-cam kumaşlar kullanılmıştır. Bu kumaşlar İzmir Kompozitsan şirketinden temin edilmiştir. Nanokompozitlerin matris kısmını oluşturan

reçine ise diglisidil ether bisfenol A türü bir epoksidir bu epoksi ve sertleştiricisi yine İzmir'de faaliyet gösteren Meduza Karbon şirketinden temin edilmiştir. Modifiye malzemesi olarak kullanılan karbon nanotüplerin saflıkları %98, iç çapları 5-10 nanometre dış çapları 10-20 nanometre ve 0,5-2 mikrometre aralığındadır. Karbon nanotüpler -OH olarak fonksiyonelleştirilmiş olarak tercih edilmiştir.

2.2. Deney Numunelerinin Üretilmesi

Reçine sertleştirici karışımı %70-30 yapıldıktan sonra hassas terazide ağırlıkça %0,5 oranında tartılan (Şekil 1(a)) karbon nanotüpler reçineye ktılmış ve mekanik olarak 20 dk. süre ile karıştırılmıştır. Bu karışım manüel olarak E-cam kumaşlara uygulanmış (Şekil 1(b)) ve sonrasında reçinenin kumaşa iyice difüze olması için 30 dk. bekletilmiştir. Bu ıslak haldeki kumaşlar dört tabakalı şekilde [0]₄ sıcak pres kalıplama ile 100 °C sıcaklık ve 7 bar basınç altında kürleştirilmiştir. Kürleşmeden sonra plakaların kenarlarında oluşan reçine çapakları bir elektrikli testere ile traşlanmıştır. Daha sonra kompozit plakalar ve pirinç, bakır, alüminyum levhalar su jeti ile deney numunesi ölçülerinde (100x20mm) ebatlandırılmışlardır.

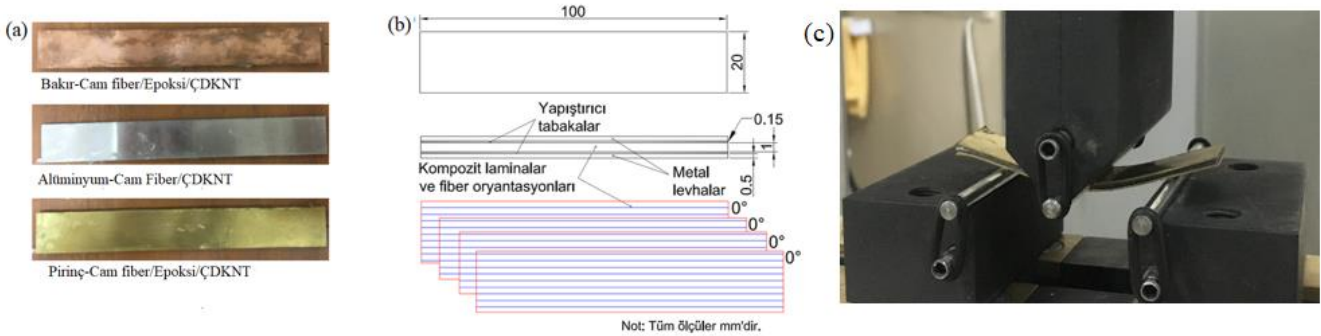


Şekil 1. Karbon nanotüplerin tartılması (a), E-cam kumaşlara epoksi/ÇDKNT(ağırlıkça %0,5) karışımının uygulanması (b), yapıştırma yüzeylerinin Weicon genel temizleyici srey ile temizlenmesi (bakır eleman).

Sandviç panelin dış lamnatlarını oluşturan pirinç, bakır ve alüminyum ile çekirdeği oluşturan nanokompozit malzemenin yapıştırma işlemleri Pamukkale Üniversitesi Mekanik Laboratuvarında yapılmıştır. Numuneler yapıştırılmadan önce yüzeyleri önce bir döner keçe ile parlatılmış ve sonrasında Weicon genel temizleyici spre (Şekil 1(c)) ile temizlenmiştir. Temizlik işlemi yapıldıktan sonra elemanlar ortam şartlarında çift komponentli metil metakrilat ile yapıştırılmış ve yapıştırıcının kürleşmesi için üç gün beklemeye alınmıştır.

2.2. Deneysel Çalışmalar

Deney numuneleri yapıştırılmadan sonra (Şekil 2(a))'daki nihai hallerini alarak deneylere hazır hale gelmişlerdir. Sandviç yapıların eğilme özellikleri Instron 8801 (50 kN) servo hidrolik deney cihazı ile Pamukkale Üniversitesi, Mekanik Laboratuvarında ortam sıcaklığı ve ortam nem koşullarında 1mm/dk bası hızında deplasman kontrollü olarak yapılmıştır. Deney numunelerinin yapısı ve ölçüleri (Şekil 2 (b))'deki teknik resim çiminden görüldüğü üzere 100x20mm en boy mesfesindire ve 2 adet 0,5 mm kalınlığında metal dış yüzey elemanı, yaklaşık 0,15 mm kalınlığında 2 adet yapıştırıcı bölgesi ve çekirdeği oluşturan 1 mm kalınlığındaki nano kompozit şeklindedir. (Şekil 3(b))'de üç nokta eğme aparatı ve Prinç-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT numuneye ait bir üç nokta eğme deneyi görülmektedir.

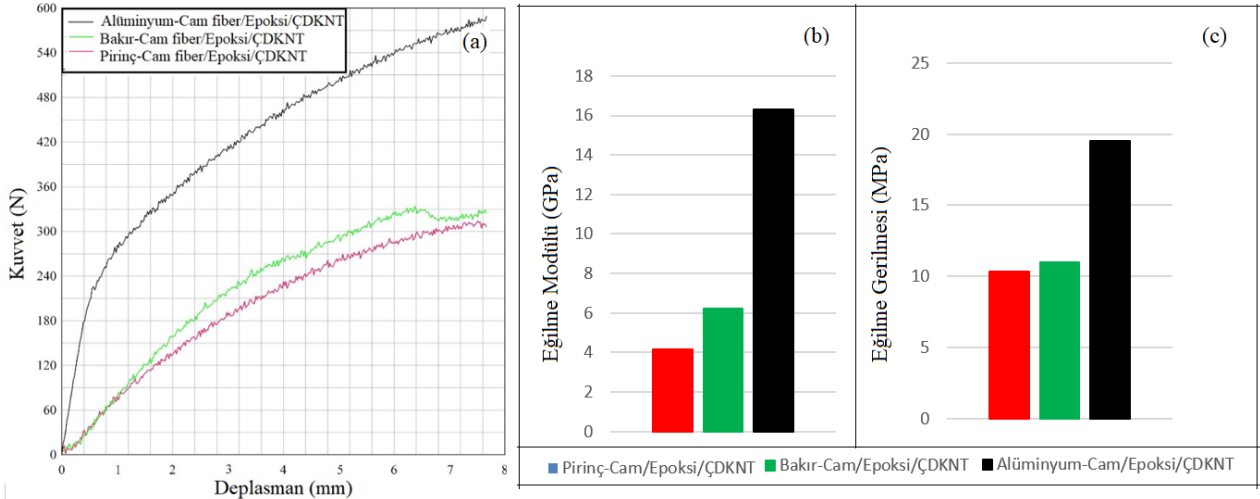


Şekil 2 Sandviç yapılı deney numuneleri (a), sandviç yapının teknik resim çizimi ve oryantasyon açıları (b) nokta eğme deneyi (Pirinç-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT) (c).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

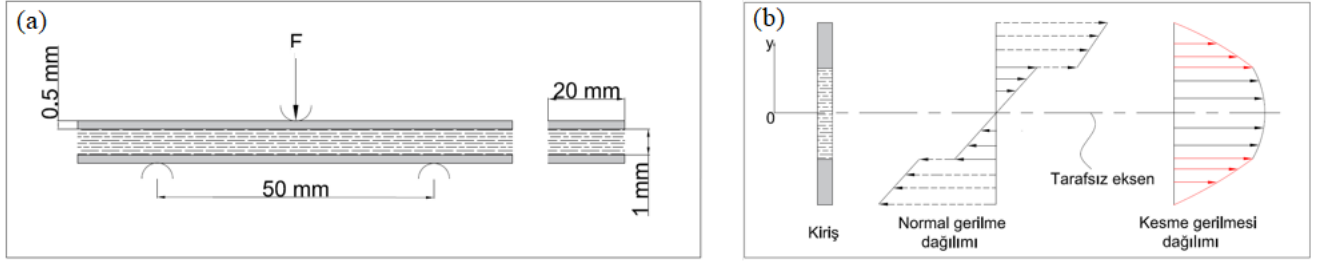
Matris ve takviye elemanları arasındaki arayüzey bağları bir kompozit için en önemli noktalardan birtanesidir. Yükün matristen elyaflara dengeli aktarılması kompozitin tabakalar arası kırılma tokluğunu etkileyen en önemli faktörlerdendir kırılma tokluğu aynı zamanda bükülme dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda karbon nanotüpler fonksiyonel (-OH) guruplar ile kimyasal olarak epoksi reçineye bağlanmakta ve fiziksel olarak da E-cam elyaflara saplanarak bir köprü gibi işlev görerek arayüzey kalitesini arttırmaktadır. Üç nokta eğme deneyleri yapılan bu sandviç panellerin bükülmeye karşı en dayanıklısı 570 N ile Alüminyum-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT, sonrasında 330 N, Bakır-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT son olarakda 300 N ile Pirinç-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT olarak tespit edilmiştir(Şekil 3(a)). Eğilme modülleri alüminyum, bakır,pirinç yüzey laminatlı numunelerde sırasıyla yaklaşık olarak 16,

6 ve 4 GPa'dır (Şekil 3 (b)). Eğilme gerilmeleri ise yine aynı sıralama ile yazılırsa 19 MPa alüminyum laminatlı, 11 MPa Bakır laminatlı ve 10 MPa pirinç laminatlı şekildedir (Şekil 3(c)).



Şekil 3. Üç nokta eğme değerleri; kuvvet-yüzde uzama grafiği(a), eğilme modülleri (b), eğilme gerilmesi (c).

Mesnet ve kuvvet noktaları (Şekil 4(a))'da gösterilmiştir. Kuvvet numuneye tam orta noktasından etki etmektedir. Bu kiriş sisteminde meydana gelen normal gerilmeler yüzey elemanında maksimum olmaktadır, F yükünün uygulandığı metal laminat'ta maksimum bası gerilmesi oluşmakta alttaki mesnet noktalarına karşılık gelen metal laminat'ta ise maksimum çeki gerilmesi oluşmaktadır. Kesme gerilmeleri ise tarafsız ekseninde maksimum olmakta ve yüzeydeki metal elemanlara yaklaştıkça gerilme azalarak ve en dış noktalarda minimum seviye gelmektedir (Şekil 4 (b)).



Şekil 4. Sandviç deney numunesinin mesnet ve kuvvet noktaları (a), deney numunesi üzerindeki gerilme dağılımları (b).

4. Sonuç

Üç farklı konfigürasyonda üretilmiş bu sandviç yapıların üç nokta eğme deneyleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

Pirinç-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT sandviç yapılar en düşük bükülme dayanımını sergilemişlerdir, Bakır-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT yapıların yaklaşık olarak %8 oranında bu kompozitlere göre bükülme bakımından daha mukavim olduğu tespit edilmiştir. Alüminyum-Cam fiber/Epoksi/ÇDKNT sandviç yapılar ise bükülmeye karşı diğer iki konfigürasyona kıyasla oldukça iyi performans göstermiştir. Öyle ki pirinç laminatlı sandviçlerden yaklaşık %77 bakır laminatlı kompozitlerden ise %88 oranında bükülmeye karşı daha mukavimdirler.

Bu üç sandviç yapıda nanokompozit çekirdeğin yüzey metalleri ile sinerj içinde çalışması kabul edilebilir eğilme özellikleri ortaya çıkarmıştır. Bu uyumluluktan dolayı bu yapıların bazı endüstriyel ürünlerde kullanımına dair olumlu düşünceler oluşmuştur.

Kaynakça

- Dai, J. ve Hahn, T.H. (2003). Flexural behavior of sandwich beams fabricated by vacuum-assisted resin transfer molding. *Composite Structures*, 61(3), 247-253.
- Efe, M.O. (2019). Farklı destek mesafelerinde polivinil klorür (PVC) çekirdek yapıları sandviç kompozitlerin eğilme davranışlarının numerik analizi. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir.
- Elamin, M., Li, B., Tan, K.T., (2018) Impact damage of composite sandwich structures in arctic condition. *Composite Structures*, 192, 422-433.
- Engin, M.R. ve Rizkalla, S.H. (2008). Material characteristics of 3-D FRP sandwich panels. *Construction and Building Materials*, 22, 1009-1018.
- Eskizeybek, V. (2012). Yüzeylerine kimyasal olarak karbon nanotüpler bağlanmış örgü cam fiber/epoksi nanokompozitlerin üretimi ve tabakalar arası kırılma davranışlarının incelenmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya,
- Gao X., Gillespie J.W., Jensen, R.E., Li, V., Haque B.Z., McKnight S. M., (2015). Effect of fiber surface texture on the mechanical properties of glass fiber reinforced epoxy composite. *Composites: Part A*, 74, 10-17.

- Harhasha, M., Gilbertb, R.R., Hartmannb, S., Heinz, P., (2020). Experimental characterization, analytical and numerical investigations of metal/polymer/metal sandwich composites – Part 2: Free bending. *Composite Structures*, 232, 1-15.
- Hou, P., Zhao, a., Wu, W., Huan, H., Li, C., Wang, S., Zhao, H., (2018). Failure mechanism of glass-fiber reinforced laminates influenced by the copper film in three-point bending. *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 84, 368-377.
- Hussain, M., Khan, R., Abbas, N., (2019). Experimental and computational studies on honeycomb sandwich structures unde static and fatigue bending load. *Composite Structures, Journal of King Saud University-Science*, 31, 222-229.
- Iyer, V.S., Chatterjee, R., Ramya, M., Suresh, E., Padmanabhan, K., (2017). A comparative study of the three point and four point bending behaviour of rigid foam core glass/epoxy face sheet sandwich composites. *Materials Today: Proceedings* 5(5), 12083-12090.
- Krzyhak, A., Mazur, M., Gajewski, M., Drozd, K., Komorek, A., ve PrzybyBek, P., (2016). Sandwich structured composites for aeronautics: Methods of manufacturing affecting some mechanical properties. *International Jour. of Aerospace Engineering*, 1-10.
- Mingze, M., Weixing, Y., Wen, J., Wei, J., Yan, C., Piao L., (2020). Fatigue behavior of composite sandwich paneles under three point bending load. *Polymer Testing*, 91, 1-8.
- Mittal, G., Dhand, V., Rhee K.Y., Parki, S., Lee, W.R., (2015). A review on carbon nanotubes and graphene as fillers in reinforced polymer nanocomposites. *Journal of Indistrial and Engineering Chemistry*, 21, 11-25.
- Mortone, A., Formicola C., GiordanoM., Zarrelli M., (2010). Reinforcement efficiency of multi-walled carbon nanotube/epoxy nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 70, 1154-1160.
- Mostafa, A., Shankar, K., ve Morozov, E.V., (2014) Experimental, Theoretical and numerical investigation of the composite sandwich panels with PVC foam core. *Applied Composite Materials*, 21(4), 661-675.
- Nayak B.A., Shubham., Prusty, R.K., Ray, B.C. (2020). Effect of nanosilica and nanoclay reinforcement on flexural and thermal properties of glass fiber/epoxy composites. *Materials Today: Proceedings*, doi:0000000/0000000000000
- Qingyu, P., Yibin, L., Xiaodong, H., Hongzhen, L., Pingan, H., Yuanyuan. S., ... Shanyi D., (2013) Interfacial enhancement of carbon fiber composites by poly (amido amine) functionalization. *Composites Science and Technology*, 74, 37-42
- Shivamurthy, B., Anandhan, S., Bhat, K.U., Thimmappa, B,H,S, (2020). Structure-property relationship of glass fabric/MWCNT/epoxy multi layered laminates. *Composites Communications*, 22, 1-8.
- Sakly, A., Laksimi, A., Kebir, H., Benmedakhen, S. (2016) Experimental and modelling study of low velocity impacts on composite sandwich structures for railway applications. *Engineering Failure Analysis*, 68, 22-31.
- Shin, D.K., Kim, H.C., Lee, J.J., (2014). Numerical analysis of the damage behavior of an aluminum/CFRP hybrid beam under three point bending. *Composites: Part B*, 56, 397-404.
- Shin, K.C, Lee, J.J, Kim, K.H., Song, M.C., Huh, J.S. (2002). Axial crush and bending collapse of an aluminium/GFRP hybrid square tube and its energy absorption capability. *Composite Structures*, 57, 279-287.
- Wei, X., Wua, Q., Gao, Y., Xionga J., (2020). Bending characteristics of all-composite hexagon honeycomb sandwich beams: experimental tests and a three-dimensional failure mechanism map. *Mechanics of Materials*, 148, 1-10.
- Xiong, J., Ma, L., Stocchi, A., Yang, J., Wu, L., Pan, S., (2014) Bending response of carbon fiber composite sandwich beams with three dimensional honeycomb cores, *Composite Structures* 108, 234-242.



Model Investigation of Nonlinear Dynamical Systems by Sparse Identification

Nezir Kadah^{1*}, Necdet Sinan Özbek²

¹ Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9320-1140)

² Adana Alparslan Türkeş Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7184-9015)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822361)

ATIF/REFERENCE: Kadah, N., & Özbek, N.S. (2020). Model Discovery of Nonlinear Dynamical Systems by Sparse Identification. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 254-263.

Abstract

The sparse identification of nonlinear dynamics (SINDy), which is based on the sparse regression techniques to identify the nonlinear systems, is one of the recent data-driven model identification methods. The model equations of the system are extracted from the data. Although sufficient data is available from most of the engineering, healthcare, and economic sciences, there are few well-defined models to represent the system behaviour that can also be estimated from data-driven methods. With this motivation in mind, this study presents offline data-driven identification techniques to build the mathematical model of nonlinear systems. The data-based sparse identification of nonlinear systems is elaborated with a number of examples. The performance of the identification procedure is discussed in terms of quantitative metrics in the presence of noisy measurements.

Keywords: Nonlinear System, Sparse Identification, Sparse Regression, Model Discovery, System Identification.

Seyrek Tanılama Yöntemi ile Doğrusal Olmayan Dinamik Sistemlerin Model İncelenmesi

Öz

Doğrusal olmayan sistemleri tanımlamak için seyrek regresyon tekniklerine dayanan doğrusal olmayan dinamiklerin seyrek tanımlanması (SINDy) son yıllarda ortaya konan veriye dayalı model tanımlama yöntemlerinden biridir. Sistem tanılamada sistemin model denklemleri verilerden çıkarılır. Mühendislik, sağlık hizmetleri ve ekonomi bilimlerinin çoğundan yeterli veri mevcut olmasına rağmen, sistem davranışını temsil eden çok az sayıda iyi tanımlanmış model vardır. Sistemin davranışı, veriye dayalı yöntemlerden de tahmin edilebilir. Bu motivasyon göz önünde bulundurularak, bu çalışma doğrusal olmayan sistemlerin matematiksel modelini oluşturmak için çevrimdışı veri odaklı tanımlama tekniklerini ele alır. Doğrusal olmayan sistemlerin veriye dayalı seyrek tanımlanması bir dizi örnekle detaylandırılır. Tanımlama işleminin performansı, gürültülü ölçümlerin varlığında bir takım nicel ölçümler üzerinden tartışılır.

Anahtar Kelimeler: Doğrusal Olmayan Sistemler, Seyrek Tanılama, Seyrek Regresyon, Model Keşfi, Sistem Tanılama.

* Corresponding Author: Adana Alparslan Türkeş Science and Technology University, Faculty of Engineering, Departments of Electrical-Electronics Engineering, Adana, Turkey, ORCID: 0000-0001-9320-1140, nkadah@atu.edu.tr

1. Introduction

The mathematical modelling of the real systems, which comprise complex nonlinear dynamics, is a tedious task due to uncertain parameters, nonlinear components, as well as the time-varying nature of the system. Additionally, unlike linear systems, nonlinear equations do not have a specific definition, besides, there is no specific approach or universal methodology in mathematical solutions. Furthermore, closed-form expressions for the solutions of the linear systems are not possible to solve nonlinear systems. Therefore, system identification as well as model discovery are extremely important tasks in the control systems engineering framework.

The advances in hardware and software have made it possible to make data-based predictions and modelling for highly complex real-systems. The investigation of system dynamics and model discovery using measured data has been very attractive research in mathematical physics and engineering. System identification enables modelling and design of high-performance systems. Thus, system identification and data-driven modelling have been developing rapidly in the last decades (Ljung, 2010), (Brunton & Kutz, 2019), (Kaheman et al., 2020). Great research efforts have been devoted to developing the most efficient method.

The identification strategies are defined as parametric or nonparametric with respect to control criteria and architecture limitations (Ayyad et al., 2020). Physical rules are paired with so-called white-box formulas in a conventional approach to achieving a system model. Alternatively, grey box models that have a fixed model structure may be used, but the selected model parameters are tuned by using measurement data (Fey et al., 2020).

System identification is challenging for complex nonlinear systems (Brunton et al., 2016), (Ranković et al., 2012). There is no specific mathematical approach for the solution of nonlinear systems, which may exhibit chaotic behaviour (Lusch et al., 2018), (Kadah, 2019). However, a breakthrough was made in data analysis with the advancements in artificial intelligence and machine learning (Ayyad et al., 2020), (Brunton et al., 2016), (Zucatti et al., 2020). It is to be noted that data-based model discovery was first tried in the studies of Kepler and Newton. Both scientists explored the dynamic relationship between variables using data (Brunton et al., 2016), (Niall M. Mangan, Steven L. Brunton, Member, Joshua L. Proctor, 2016), (Cortiella et al., 2020). Recently, much faster and more effective methods are used for data-driven modelling by using methods such as machine learning, artificial neural networks, and deep learning. However, these methods require large datasets and time to characterize dynamics (Quade et al., 2018), (Callahan et al., 2019).

It should be pointed out that complex dynamics affect the systems, which may behave uniquely at different times (Champion et al., 2019). Therefore, it is crucial to model the system mathematically for controlling the nonlinear system dynamics. Towards this goal, data-based learning online and offline methods have been developed to model dynamical systems (Quade et al., 2018), (Maheshwari et al., 2018). Moreover, generating models and estimating system parameters from observed data can effectively be used for systems comprising complex and chaotic behaviour. It is the sparse identification method, which is widely used in the literature and one of the most effective methods to generate models from data (Cortiella et al., 2020), (Maheshwari et al., 2018), (Wen et al., 2020). A few approaches exploit sparse approximations for system identification. However, all these methods are mainly based on sparse regression.

In this work, an offline identification method is proposed to obtain the mathematical model of the system by making use of the data of the system dynamics. To do this, SINDy (Sparse Identification of Nonlinear Dynamics) algorithm, which is a recent invention for system identification, is used through the sparse regression method (Chu & Hayashibe, 2020), (Horrocks & Bauch, 2020). Also, the equations of dynamical systems can be identified via SINDy from measurement data. SINDy technique essentially is based on the notion of the Koopman operator and of sparsity (Fey et al., 2020). In this algorithm, a library containing the variation of linear or nonlinear candidate basis functions is created first. Secondly, the active terms of the coefficients vector are computed via sparse regression. Finally, the model is updated with active terms and the remaining terms are ignored depending on the regularization parameter using the sparse regression. This method has been used successfully by many researchers to diagnose different systems (Brunton & Kutz, 2019), (Bhadriraju et al., 2019), (Goharoodi et al., 2018). The scheme of data-driven modelling is depicted in Fig. 1.

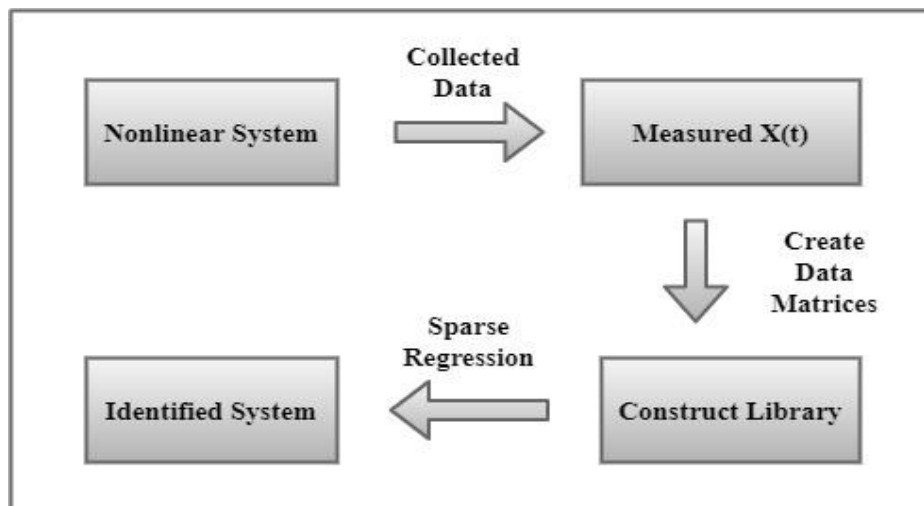


Fig. 1. The scheme of SINDy

In this study, the dynamics of different systems are measured, and the models are estimated with the SINDy method. One of the major challenges in data-driven modelling via the SINDy method is undoubtedly noisy measurements. A number of problems can occur in the presence of noise. To mention a few, noise may cause erroneous parameter estimates (Cortiella et al., 2020). Further, the computing of the derivatives of the states will be big trouble, especially in data measurements. Thus, pre-processing methods such as noise filtering methods are suggested to reduce the effect of noise (Brunton & Kutz, 2019), (Chartrand, 2011), (H. Li et al., 2020).

The contributions of this study are given as follows: Models of nonlinear systems are discovered by using SINDy method in the presence of noisy measurement data. The robustness of sparse regression is investigated through some applications on several benchmark systems.

This paper is organized as follows: The theoretical background of the elaborated strategies is given in the second section. The sparse identification of nonlinear systems is also addressed in the second section. Different applications are highlighted in the third section. Finally, concluding remarks are given in the last section.

2. Material and Method

2.1. Theoretical Background

In this section, the central notion of the algorithm is investigated theoretically. A commonly used model for the dynamical system is

$$x'(t) = \frac{dx(t)}{dt} = f(x(t)) \tag{1}$$

f is dynamic, $x = [x_1 \ x_2 \ \dots \ x_n] \in \mathfrak{R}^n$ is state vector and the components of f are sparse in a given function space. The discrete-time dynamical system of eq. (1) is

$$x_{k+1} = F(x_k) = x_k + \Delta x_k \tag{2}$$

where x_k can be got by sampling the trajectory.

Discretization is the process of separating continuous functions and equations into discrete components in mathematic. This is referring to the discretization of features and variables in machine learning as well as statistics.

In this paper, Euler Step Method is used for discretization. Since the Euler step gives time step of $t + \Delta T$. Hence, this structure gives a time map of the data. Numerically discretization would be used for a time map in the future.

- Input is the state of the system at time t
- Output is the state of the system at time $t + \Delta T$

The discrete-time F is given by the flow map (Champion et al., 2019):

$$F(x_k) = x_k + \int_{k\Delta t}^{(k+1)\Delta t} f(x(\tau))d\tau \tag{3}$$

m step of time-series data is collected from eq. (1) and given as a data matrix X :

$$X = \begin{bmatrix} x_1^T \\ \vdots \\ x_{m-1}^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} | & | & | & \dots & | \\ x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_{m-1} \\ | & | & | & \dots & | \end{bmatrix} \updownarrow \text{time} \tag{4}$$

where $[\cdot]^T$ donates transpose of the matrix and m is the count of measurements. Similarly, the derivative of (4) yields by shifting the data

$$X' = \begin{bmatrix} x_1'^T \\ \vdots \\ x_{m-1}'^T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} | & | & | & \dots & | \\ x_1' & x_2' & x_3' & \dots & x_{m-1}' \\ | & | & | & \dots & | \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} | & | & | & \dots & | \\ x_2 & x_3 & x_4 & \dots & x_m \\ | & | & | & \dots & | \end{bmatrix} \updownarrow \text{time} \quad (5)$$

The central derivative method (6) can be used to compute the numerical derivative of a function f . In this paper, X' will be generated by using the first-order central derivative method from the measured data. The first-order central derivative can be given as follows:

$$f'(x) = \frac{f(x + \Delta x) - f(x - \Delta x)}{2\Delta x} \quad (6)$$

2.1.1. Time-Delay Embedding

It is significant to make measurements accurately, in data-driven modelling, control, and prediction. However, the measurement data may not contain all the dynamics of a system. Time-delay embedding method can be implemented to reconstruct the system from a sequence of observations of the state and an idea about the dynamics of the system can be obtained with this method (Brunton & Kutz, 2019), (Champion et al., 2019), (Brunton et al., 2017), (De Silva, Callaham, et al., 2020).

The time-delay embedding method allows reconstructing data of dynamic systems. With this method, a one-dimensional data set is configured to be multi-dimensional. Thus, it is possible to enrich $x(t)$ measurement by using $x(t - \tau)$, which are delay coordinates (Brunton et al., 2017), (Brunton & Nathan Kutz, 2019). This method does not reconstruct the properties or behaviour of the dynamic system, but only changes its structure in phase space.

2.1.2. Hankel Matrix and Singular Value Decomposition

Hankel matrix is the time-shift “ ΔT ” of the previous rows. It is a time-delay embedding. So, the Hankel matrix H can be generated from a time-series of measurement (Brunton & Kutz, 2019), (Brunton et al., 2017), (Jain & Pachori, 2014), (Jain & Pachori, 2015).

$$H = \begin{bmatrix} x(t_1) & x(t_2) & \dots & x(t_q) \\ x(t_2) & x(t_3) & \dots & x(t_{q+1}) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x(t_p) & y(t_{p+1}) & \dots & x(t_m) \end{bmatrix} \quad (7)$$

Then dominant time-delay coordinates are found by taking SVD of Hankel Matrix. Moreover, the order of the system can be defined by the Hankel matrix rank and this order can be computed with the left-singular vector of SVD (Champion et al., 2019), (Brunton et al., 2017), (Lim et al., 1998).

$$H = U \Sigma V^* \quad (8)$$

where “ $*$ ” denotes the conjugate transpose of the matrix. SVD, which is one of the most useful matrix decompositions, can be applied to any matrix in linear algebra (Ford, 2014). SVD allows us to decompose the matrix as the product of three matrices. U and V are the unitary or orthogonal matrices and Σ is a diagonal matrix. SVD is also a coordinate transformation or mapping strategy, thus it is not unique (Brunton & Kutz, 2019).

2.2. Sparse Identification of Nonlinear Dynamics (SINDy)

The performance of data-driven identification can reduce for strongly nonlinear and high dimensional systems. However, SINDy is a perfect method in the low-data limit (Quade et al., 2018), (Kaiser et al., 2018). SINDy method can discover mathematical equations of a system with the comparatively little data-set provided that calculates the derivative (Champion et al., 2019).

This algorithm is mainly concerned with the dominant terms of the function and ignores the terms that low effect (Brunton et al., 2017). Because the function f , which contains the dynamics of the system, is dominantly affected by only a few terms (De Silva, Higdon, et al., 2020).

SINDy that uses sparse regression to find coefficients from measured data. Each of the constants is the coefficients of terms that affect system dynamics. Then, the mathematical model of the system is created by using dominant terms from the library that contains all candidate terms of a dynamic system. This library contains all possible combinations of terms (Niall M. Mangan, Steven L. Brunton, Member, Joshua L. Proctor, 2016), (Quade et al., 2018), (Champion et al., 2019), (Kaiser et al., 2018).

Consider a library of possible nonlinear functions $\Theta(X)$ that may consist of polynomial terms, trigonometric functions or etc., (Corbetta, 2020), see Eq. (9).

$$\Theta(X) = \begin{bmatrix} | & | & | & \dots & | & & \dots & | & \dots \\ 1 & X & X^2 & \dots & X^a & \cos(X) & \dots & e^X & \dots \\ | & | & | & \dots & | & & \dots & | & \dots \end{bmatrix} \quad (9)$$

Equation (9), the matrix $\Theta(X)$ contains many columns and each of these columns represents one of the candidate nonlinear functions. The matrix of coefficient Ξ has only a few active or dominant terms. The remaining terms are almost zero (Quade et al., 2018), (Brunton & Kutz, 2019), (Brunton et al., 2017), (Rudy et al., 2017).

$$\Xi = \begin{bmatrix} | & | & \dots & | \\ \zeta_1 & \zeta_1 & \dots & \zeta_m \\ | & | & \dots & | \end{bmatrix} \quad (10)$$

2.3. Sparse Regression Method

Most of the nonlinear systems may contain polynomial terms. However, only a few of these terms affect or represent system dynamics, while many are insignificant, therefore they can be removed. To calculate the subset of candidate terms of the system, sparse regression method like “least absolute shrinkage and selection operator (LASSO)”, ElasticNet, “least-square method (LSM)” and “sequential thresholded least-squares (STLSQ)” can be used. Unlike other methods, LASSO and STLSQ have noise elimination and improved robustness performance (Brunton & Kutz, 2019), (Brunton et al., 2017), (Rudy et al., 2017), (Kukreja et al., 2006), (Calafiore et al., 2015).

“Minimum norm least-square”, “Moore-Penrose Pseudoinverse methods” and “backslash” are also regression methods, which can be used for linear systems represented by $Ax = b$. However, none of these methods has penalty parameters. Therefore they do not provide performance like LASSO or ElasticNet (Brunton & Kutz, 2019).

LASSO, which is a widely used regression method for data-driven modelling, learns the linear relationship between a dependent variable and explanatory variables (Misra et al., 2020), (J. Li & Li, 2020). Besides, LASSO is used extensively for the model or feature selection and system identification in statistics, machine learning, and control theory (Brunton & Kutz, 2019), (Kukreja et al., 2006), (Calafiore et al., 2015), (J. Li & Li, 2020). LASSO implements an ℓ_1 regularization term that can produce sparse coefficients.

LASSO algorithm is expressed as

$$\min_w \frac{1}{2n} \|Xw - Y\|_2^2 + \lambda \|w\|_1 \quad (11)$$

where X and Y represent the input and target vector; w is sparse or coefficients vector and n is the number of sample data. It is to be noted that LASSO requires the determination of a regularization term that penalizes the ℓ_1 norm, which is λ for the penalty parameter. ℓ_1 norm forces particular elements to be exactly zero. As the value of λ parameter decreases, the degree of sparsity decreases and consequently the error in the model decreases. Because, when the value of λ rises more terms are ignored (Corbetta, 2020), (Calafiore et al., 2015), (Misra et al., 2020), (Tibshirani, 1996).

Finally, the mathematical model of the dynamical system can be generated from (12) for continuous and discrete-time systems.

$$\begin{aligned} X' &\approx \Theta(X(t))\Xi \\ X_{k+1} &\approx \Theta(X_k)\Xi \end{aligned} \tag{12}$$

3. Results and Discussion

The application of SINDy for nonlinear systems is discussed in this section. Two nonlinear systems namely, Rössler and Lotka-Volterra equations are chosen for system identification applications. Suppose that in the first example, initially only one state is measured to calculate the number of states. However, suppose in the second step, all states are measured for both applications. All results and simulations are generated using MATLAB 2020a.

3.1. Rössler Attractor System

In the first case study, predictions will be made about the behaviour of a system with limited measurements of the trajectory data. Also, in the case of full-state measurements, the equations of the model are identified correctly by SINDy.

Rössler attractor equation is a very popular example of a nonlinear system. Consider Rössler system represented by three differential equations as follow:

$$\begin{aligned} x' &= -y - z \\ y' &= x + \alpha y \\ z' &= \beta - \gamma z + xz \end{aligned} \tag{13}$$

with the numerical parameters $\alpha = 0.4$, $\beta = 2$ and $\gamma = 4$.

Firstly, Data will be collected from (13) only for one dimension (x) or variable for random initial conditions. Then using the time-delay embedding method, Hankel Matrix will be generated.

Secondly, the SVD of the Hankel matrix can be calculated. The rank of this system can be obtained with SVD of the Hankel Matrix. The first three modes of the Hankel matrix are dominants as can be seen in Fig. 2. Thus, it can be truncated at three (x, y, z).

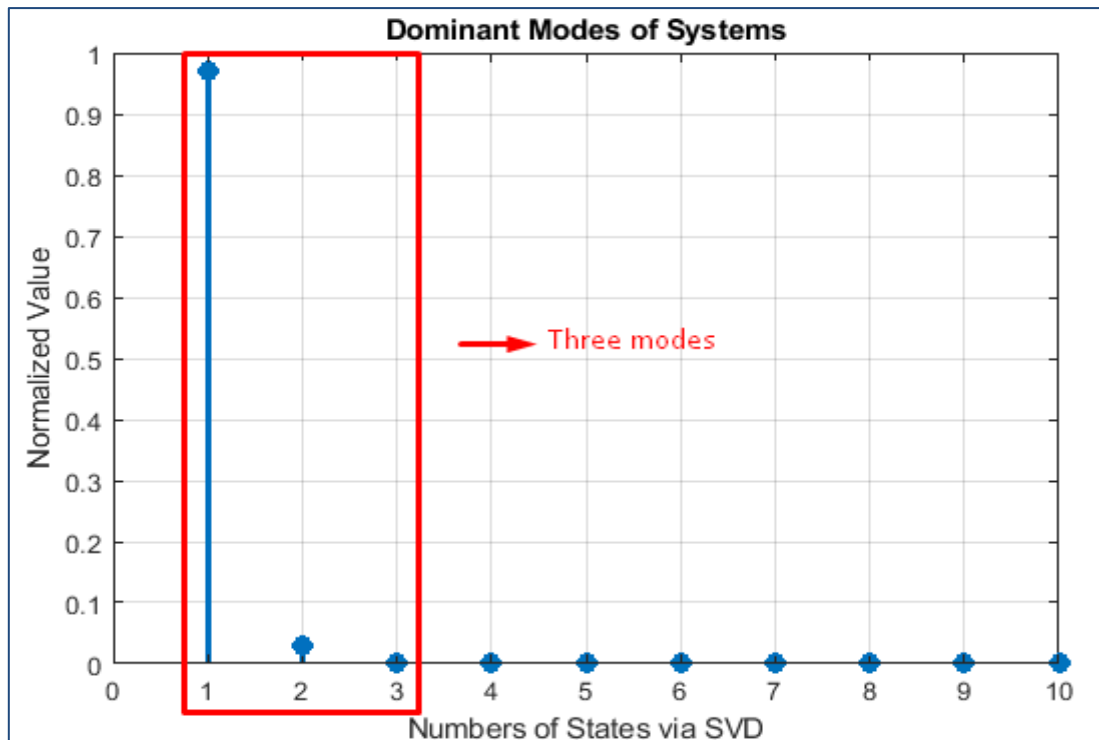


Fig. 2. Selection of dominant states of system

Using SINDy with Minimum norm least-square, backslash and Moore-Penrose Pseudoinverse methods, it is determined that Eq. (15) of the system consists of three state variables.

$$\begin{aligned} x' &= -y - 0.99z \\ y' &= x + 0.4y \\ z' &= 2 - 3.98z + xz \end{aligned} \tag{15}$$

3.2. Lotka-Volterra System

In this application, the system is identified by using SINDy when the system dynamics are measured full-state and noisy.

Consider the Lotka-Volterra system in (16) with numerical parameters $\alpha = 2.5$, $\beta = -\delta = -0.1$ and $\gamma = -1$. $x_1(t)$ and $x_2(t)$ are predator and prey population respectively.

$$\begin{aligned} x_1' &= \alpha x_1 + \beta x_1 x_2 \\ x_2' &= \delta x_1 x_2 + \gamma x_2 \end{aligned} \tag{16}$$

Data matrices will be generated from (16) for both states with initial conditions $x_1(0) = 8$ and $x_2(0) = 3$, and noisy measurement. Then, derivative matrices are created for both states by first-order central derivative method with the collected data. Then, candidate library of possible nonlinear terms can be structured from data as in (17).

$$\begin{bmatrix} x_1' & x_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} | & | & | & \dots & | & \dots \\ x_1 & x_2 & x_1 x_2 & \dots & \sin(x_1) & \dots \\ | & | & | & \dots & | & \dots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \end{bmatrix} \tag{17}$$

Finally, the LASSO regression is applied to find the linear combination of these nonlinearity terms represented by x_1' and x_2' . These two variables will be the state equations of the system. Since, the arithmetic sequence of the term and coefficient of each state variable will be generated. Towards this goal, LASSO regression model is used and as a result, non-dominant terms are eliminated.

In Fig. 5, the coefficients of possible terms that represent the system are given. In addition, active terms can be easily recognized from this figure.

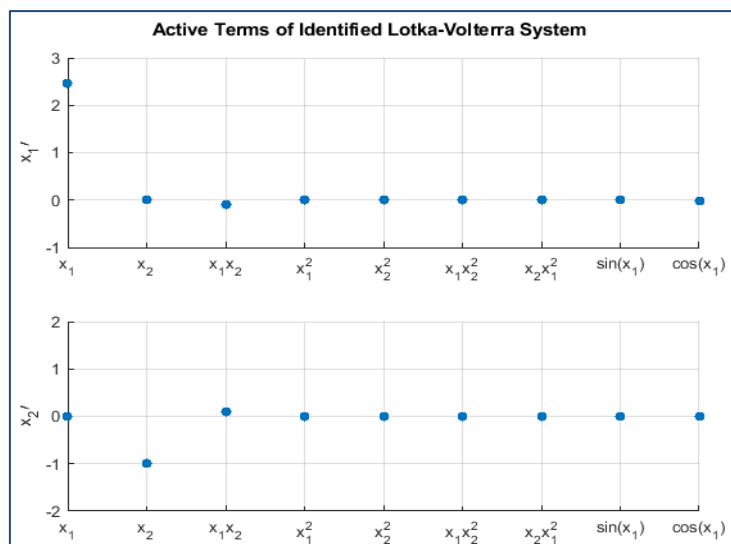


Fig. 5. Determined terms of the library for Lotka-Volterra system

As a result, using SINDy, it was determined that the equation (18) of the system consists of two state variables, and this is achieved despite being noisy data.

$$\begin{aligned}x_1' &= 2.48x_1 - 0.01x_1x_2 \\x_2' &= -0.1x_2 + 0.01x_1x_2\end{aligned}\tag{18}$$

4. Conclusions and Recommendations

This paper investigates the modelling of dynamical systems using SINDy method, with an emphasis on different regression methods. The modelling of nonlinear dynamical systems from data that is collected or measured from the system is a key insight for “System Identification”. SINDy method, which is based on sparse regression, performs quite satisfactory results for full-state measurements. However, the time-delay embedding method allows the designer to construct dynamic models in the presence of partial measurements. Also, this study has been verified in which Lasso regression can find the best coefficient vector. This makes the equation of the system simpler and easier to understand.

This manuscript contributes to the behaviour of system variables, the system model, and methods to predict the system's future plots. It was also emphasized that the model of an unknown system can be easily obtained with measurements. Moreover, SINDy method can be easily integrated with areas such as controller design and model prediction.

References

- Ayyad, A., Chehadeh, M., Awad, M., & Zweiri, Y. (2020). Real-Time System Identification Using Deep Learning for Linear Processes With Application to Unmanned Aerial Vehicles. *IEEE Access*, 8, 122539–122553. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3006277>
- Bhadriraju, B., Narasingam, A., & Kwon, J. S. II. (2019). Machine learning-based adaptive model identification of systems: Application to a chemical process. *Chemical Engineering Research and Design*, 152, 372–383. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2019.09.009>
- Brunton, S. L., Brunton, B. W., Proctor, J. L., Kaiser, E., & Kutz, J. N. (2017). Chaos as an Intermittently Forced Linear System. *Nature Communications*, 8(19), 34. <http://faculty.washington.edu/sbrunton/HAVOK.zip>
- Brunton, S. L., & Kutz, J. N. (2019). Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems and Control. In *Cambridge University Press*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108380690>
- Brunton, S. L., & Nathan Kutz, J. (2019). Methods for data-driven multiscale model discovery for materials. *J. Phys.: Mater*, 2, 44002. <https://doi.org/10.1088/2515-7639/ab291e>
- Brunton, S. L., Proctor, J. L., & Nathan Kutz, J. (2016). Discovering governing equations from data by sparse identification of nonlinear dynamical systems. *PNAS*, 113(15). <https://doi.org/10.1073/pnas.1517384113>
- Calafiore, G. C., El Ghaoui, L. M., & Novara, C. (2015). Sparse identification of posynomial models. *Automatica*, 59, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.automatica.2015.06.003>
- Callahan, J. L., Maeda, K., & Brunton, S. L. (2019). Robust flow reconstruction from limited measurements via sparse representation. *PHYSICAL REVIEW FLUIDS*, 4, 103907. <https://doi.org/10.1103/PhysRevFluids.4.103907>
- Champion, K. P., Brunton, S. L., & Nathan Kutz, J. (2019). Discovery of Nonlinear Multiscale Systems: Sampling Strategies and Embeddings. *SIAM J. APPLIED DYNAMICAL SYSTEMS*, 18(1), 312–333. <https://doi.org/10.1137/18M1188227>
- Chartrand, R. (2011). Numerical Differentiation of Noisy, Nonsmooth Data. *ISRN Applied Mathematics*, 2011, 1–11. <https://doi.org/10.5402/2011/164564>
- Chu, H. K., & Hayashibe, M. (2020). Discovering Interpretable Dynamics by Sparsity Promotion on Energy and the Lagrangian. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 5(2), 2154–2160. <https://doi.org/10.1109/LRA.2020.2970626>
- Corbetta, M. (2020). Application of sparse identification of nonlinear dynamics for physics-informed learning. *2020 IEEE Aerospace Conference*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/aero47225.2020.9172386>
- Cortiella, A., Park, K.-C., & Doostan, A. (2020). *Sparse Identification of Nonlinear Dynamical Systems via Reweighted ℓ_1 -regularized Least Squares*. <http://arxiv.org/abs/2005.13232>
- De Silva, B. M., Callahan, J., Jonker, J., Goebel, N., Klemisch, J., McDonald, D., Hicks, N., Nathan Kutz, J., Brunton, S. L., & Aravkin, A. Y. (2020). *Physics-informed machine learning for sensor fault detection with flight test data*. 21.
- De Silva, B. M., Higdon, D. M., Brunton, S. L., & Kutz, J. N. (2020). Discovery of Physics From Data: Universal Laws and Discrepancies. *Frontiers in Artificial Intelligence*, 3(25), 17. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.00025>
- Fey, A., Thiele, G., & Krüger, J. (2020). *System identification of a hysteresis-controlled chiller plant using SINDy*. 8. <http://arxiv.org/abs/2003.07465>
- Ford, W. (2014). Numerical Linear Algebra with Applications: Using MATLAB. In *Academic Press*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2011-0-07533-6>
- Goharoodi, S. K., Dekemele, K., Dupre, L., Loccupier, M., & Crevecoeur, G. (2018). Sparse Identification of Nonlinear Duffing Oscillator From Measurement Data. *IFAC-PapersOnLine*, 51(33), 162–167. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.12.111>
- Horrocks, J., & Bauch, C. T. (2020). Algorithmic discovery of dynamic models from infectious disease data. *Scientific Reports*, 10(1), 1–18. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-63877-w>
- Jain, P., & Pachori, R. B. (2014). Event-Based Method for Instantaneous Fundamental Frequency Estimation from Voiced Speech Based on Eigenvalue Decomposition of the Hankel matrix. *IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing*, 22(10), 1467–1482. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2014.2335056>
- Jain, P., & Pachori, R. B. (2015). An iterative approach for decomposition of multi-component non-stationary signals based on

- eigenvalue decomposition of the Hankel matrix. *Journal of the Franklin Institute*, 352(10), 4017–4044. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2015.05.038>
- Kadah, N. (2019). *Doğrusal Olmayan RLC Devrelerinin Kararlılık ve Pasiflik Analizi*. Van Yuzuncu Yil University.
- Kaheman, K., Kutz, J. N., & Brunton, S. L. (2020). *SINDy-PI: A Robust Algorithm for Parallel Implicit Sparse Identification of Nonlinear Dynamics*. <http://arxiv.org/abs/2004.02322>
- Kaiser, E., Nathan Kutz, J., & Brunton, S. L. (2018). Sparse identification of nonlinear dynamics for model predictive control in the low-data limit. *Proceedings of The Royal Society A Mathematical Physical and Engineering Sciences*, 474(2219), 14. <https://doi.org/https://doi.org/10.1098/rspa.2018.0335>
- Kukreja, S. L., Löfberg, J., & Brenner, M. J. (2006). a Least Absolute Shrinkage and Selection Operator (Lasso) for Nonlinear System Identification. *IFAC Proceedings Volumes*, 39(1), 814–819. <https://doi.org/10.3182/20060329-3-au-2901.00128>
- Li, H., Wang, Z., & Wang, W. (2020). A Local Sparse Screening Identification Algorithm with Applications. *Computer Modeling in Engineering & Sciences*, 124(2), 765–782. <https://doi.org/10.32604/cmescs.2020.010061>
- Li, J., & Li, X. (2020). Online sparse identification for regression models. *Systems and Control Letters*, 141, 104710. <https://doi.org/10.1016/j.sysconle.2020.104710>
- Lim, R. K., Phan, M. Q., & Longman, R. W. (1998). State-Space System Identification with Identified Hankel Matrix. *Department of Mechanical and Aerospace Engineering Technical Report*, 3045, 1–36.
- Ljung, L. (2010). Perspectives on system identification. *Annual Reviews in Control*, 34(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2009.12.001>
- Lusch, B., Kutz, J. N., & Brunton, S. L. (2018). Deep learning for universal linear embeddings of nonlinear dynamics. *Nature Communications*, 9(1), 4950. <https://doi.org/10.1038/s41467-018-07210-0>
- Maheshwari, J., Jariwala, R., Pradhan, S., & George, N. V. (2018). Online Least Angle Regression Algorithm for Sparse System Identification. *2017 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology, ISSPIT 2017*, 191–195. <https://doi.org/10.1109/ISSPIT.2017.8388640>
- Misra, S., Li, H., & He, J. (2020). Robust geomechanical characterization by analyzing the performance of shallow-learning regression methods using unsupervised clustering methods. In *Machine Learning for Subsurface Characterization* (pp. 129–155). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817736-5.00005-3>
- Niall M. Mangan, Steven L. Brunton, Member, Joshua L. Proctor, and J. N. K. (2016). Inferring Biological Networks by Sparse Identification of Nonlinear Dynamics. *IEEE Transactions on Molecular, Biological and Multi-Scale Communications*, 22(1), 12. <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7809160>
- Quade, M., Abel, M., Nathan Kutz, J., & Brunton, S. L. (2018). Sparse Identification of Nonlinear Dynamics for Rapid Model Recovery. *Chaos: An Interdisciplinary Journal of Nonlinear Science*, 10. <https://github.com/Ohjeah/sparsereg>
- Ranković, V., Radulović, J., Grujović, N., & Divac, D. (2012). Neural Network Model Predictive Control of Nonlinear Systems Using Genetic Algorithms. *International Journal of Computers, Communications and Control*, 7(3), 540–549. <https://doi.org/10.15837/ijccc.2012.3.1394>
- Rudy, S. H., Brunton, S. L., Proctor, J. L., & Kutz, J. N. (2017). Data-driven discovery of partial differential equations. *Science Advances*, 3(4). <http://advances.sciencemag.org/>
- Tibshirani, R. (1996). Regression Shrinkage and Selection via the Lasso. *Journal of the Royal Statistical Society*, 58(1), 267–288.
- Wen, H. X., Yang, S. Q., Hong, Y. Q., & Luo, H. (2020). A Partial Update Adaptive Algorithm for Sparse System Identification. *IEEE/ACM Transactions on Audio Speech and Language Processing*, 28, 240–255. <https://doi.org/10.1109/TASLP.2019.2949928>
- Zucatti, V., Lui, H. F. S., Pitz, D. B., & Wolf, W. R. (2020). Assessment of reduced-order modeling strategies for convective heat transfer. *Numerical Heat Transfer; Part A: Applications*, 77(7), 702–729. <https://doi.org/10.1080/10407782.2020.1714330>



Atmosferik Sınır Tabakası Stabilesinin Bina Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi

Yiğit C. Altan¹

¹ Özyeğin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0208-6867)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821743)

ATIF/REFERENCE: Altan, Y. C. (2020). Atmosferik Sınır Tabakası Stabilesinin Bina Yüzey Sıcaklığı Üzerindeki Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 264-269.

Öz

Net sıfır enerjili binalar, insanlığın enerji tüketimini azaltmaya yönelik en önemli adımlardan biridir. Binalarda, önemli miktarda enerji ısıtma ve soğutma amacıyla kullanılmaktadır. Binalarda atmosfer ile ısı transferi yüzeyleri vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Bina yüzeyinin dışı ve içerisi arasındaki fark duvarlardan iletilecek ısı miktarını belirlemektedir. Bina dış yüzeyinin sıcaklığı rüzgar, güneş radyasyonu, dış sıcaklık ve Atmosferik Sınır Tabakası (AST) stabilite özellikleri gibi çevresel koşullara göre değişebilir. HAD simülasyonları yardımıyla, bina yüzeyi sıcaklık değişimi bir ısı haritası olarak oluşturulabilir. Oluşturulan ısı haritası, enerji verimli binaların tasarlanmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışmada, genel bir binanın cephe sıcaklık haritası ANSYS Fluent ile simüle edilmiştir. AST'nin tabakalaşması türbülans özelliklerini ve dikey profildeki sıcaklığı değiştirdiğinden, simülasyonlar sırasında tabakalaşmaya özel önem verilmektedir. Monin-Obukhov (M-O) uzunluğuna göre farklı tabakalaşma seviyeleri belirlenir. Simülasyonlar için RANS denklemleri çözülmüş ve türbülans modellemesi için realizable k-ε modeli kullanılmıştır. Simülasyon için giriş, çıkış ve alt kısımdaki sınır koşulları M-O benzerliği doğrultusunda verilmiştir. Tam boyutlarıyla modellenen binaya literatürden alınan ısı akışı değerleri verilmiştir. Üç farklı rüzgar hızı ve üç farklı tabakalaşma durumu analiz edilerek sonuç olarak 9 senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan senaryoların hepsinde yer seviyesi sıcaklık 27 derece olarak alınmış ve binaların ürettiği ısı akışı 105 w/m² olarak literatürden alınmıştır. 9 senaryonun sonucu karşılaştırıldığında, tabakalaşmanın binanın cephe sıcaklığı üzerindeki etkisi gözlemlenmiştir. Rüzgar hızı arttıkça, tabakalaşmanın cephe sıcaklığı üzerindeki etkisi artmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bina yüzey sıcaklığı, Atmosferik sınır tabakası, Bina Enerji Simülasyonu (BES), Katmanlaşmış akış, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Reynold Averaged Navier-Stokes (RANS).

The Effect of Atmospheric Boundary Layer Stratification on the Facade Temperature

Abstract

The net-zero energy buildings are one of the most important steps towards decreasing the total energy consumption of humanity. In the buildings, a considerable amount of energy is used for heating and cooling purposes, and heat is transferred to the atmosphere via the façade of the buildings. The difference between the inside and outside temperature of the facade determine the heat flux through the walls. The temperature of the façade can vary with environmental conditions such as wind, solar radiation, outside temperature, and stability characteristics of the Atmospheric Boundary Layer (ABL). With the aid of CFD simulations, the temperature variation can be created as a heat map. The created heat map can help to design energy-efficient buildings.

¹ Sorumlu Yazar: Özyeğin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0208-6867, yigitcan.altan@ozyegin.edu.tr

In this study, the façade temperature map of a generic building is simulated with ANSYS Fluent. Since the stratification changes the turbulence characteristics and temperature along with the vertical profile of ABL, special care is given to the stratification during the simulations. Different stratification levels are determined in line with the Monin-Obukhov (M-O) length. For the simulations, RANS equations are solved and the realizable k- ϵ model is used for the turbulence modeling. The boundary conditions at the inlet, outlet, and bottom are given in line with the M-O length. The building is explicitly modeled and heat flux values taken from the literature. Three different wind speed and three different stratification conditions are analyzed and as a result, 9 scenarios are created. The result of the 9 scenarios shows the effect of stratification on the facade temperature of the building. As the wind speed increases the effect of stratification on the facade temperature increases.

Keywords: Building facade temperature, Atmospheric boundary layer, Building Energy Simulation (BES), stratified flow, Computational Fluid Dynamics (CFD), Reynold Averaged Navier-Stokes (RANS).

1. Giriş

İklim değişikliği etkilerini azaltmak ve doğayla uyumlu yaşamak üzere Avrupa Birliği yaptığı düzenlemeler ile 2030'dan itibaren yeni yapılan bütün binaların ve 2050 yılına kadar da mevcut bina stokunun sıfır enerji tüketimli binalar olmasını hedeflemiştir (Sartori, Napolitano, & Voss, 2012). Bu hedefler doğrultusunda binaların enerji verimliliğini arttırmanın önemi ön plana çıkmıştır. Bu hedefi gerçekleştirmek için yapılacak planlamaların başında da Bina Enerji Simülasyonları (BES) gelmektedir. BES, daha proje aşamasında iken binanın enerji tüketimi hakkında fikir verebilmekte ve projede doğru yönde değişiklikler yapılabilmesini sağlamaktadır (Önal, 2014). BEP modellerinin sağlıklı sonuçlar verebilmesi dış ve iç koşul girdilerinin gerçekçiliği ile doğru orantılıdır. İç koşullar daha çok binanın kullanımı ile ilgili iken, dış koşullar binanın dış yüzeyinin maruz kaldığı sıcaklık, rüzgar vb. gibi çevresel koşullar ile ilintilidir. Bu çalışmada odağında dış koşullardan olan hava sıcaklığının ve rüzgarın bina yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi ele alınmaktadır.

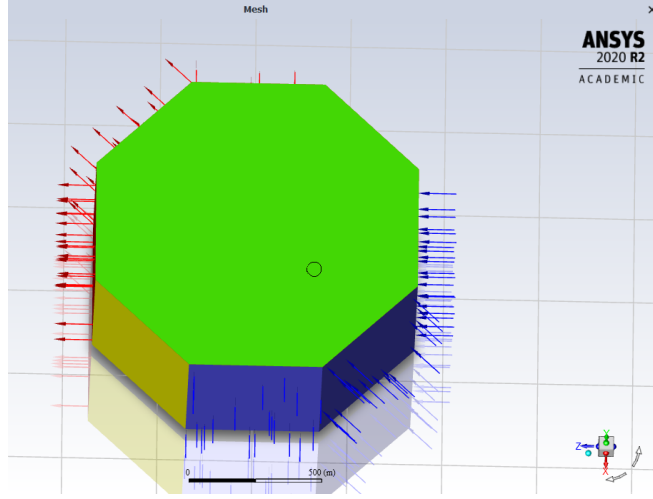
Binaların çevresindeki hava akışı ve sıcaklık dağılımı Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) ile başarı ile modellenmektedir (Allegrini, Dorer, & Carmeliet, 2015; Bartak et al., 2002; Hosseini, Tardy, & Lee, 2018). Bu modellemeler ışığında bina yüzeyindeki sıcaklık farklarının binaların ısı performansı üzerindeki etkileri açığa çıkartılmıştır. Ayrıca binaların yapı malzemelerinden kaynaklanan ısı kapasiteleri, çevresinin sıcaklığını değiştirmekte ve ısı adalarının açığa çıkmasına sebep olmaktadır (Oke, 1973). Bu ısı adaları kaldırma etkili akışları desteklemekte ve binalar arasındaki hava akışlarını değiştirmektedir (Allegrini, Dorer, & Carmeliet, 2014; Xie, Liu, Leung, & Leung, 2006). Ancak binaların içinde bulunduğu ve yaşam faaliyetlerinin sürdüğü Atmosferik Sınır Tabakası (AST) her zaman için aynı özellikleri göstermemektedir (Panofsky & Dutton, 1984).

AST yapısındaki değişikliklerin başında katmanlaşma vardır. Katmanlaşma hava yoğunluğunun yer seviyesinden yukarı doğru artması durumunda kararsız katmanlaşma ve azalması durumunda ise kararlı katmanlaşma olarak isimlendirilmektedir. Kararlı katmanlaşma havanın türbülans karakteristiğinde değişikliklere yol açmakta (Mahrt, 1999) ve binaları doğrudan etkilemektedir. İklim değişikliği ile beraber kararlı katmanlaşma ile ilintili olan ısı dalgaları (Miralles, Teuling, Van Heerwaarden, & De Arellano, 2014) sayısını artmakta ve sağlıklı BES çıktıları için incelenmesi önem arz etmektedir.

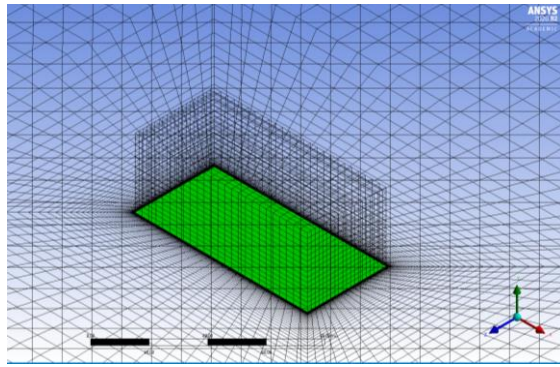
Katmanlaşma Monin-Obukhov benzerliği ile açıklanmakta ve katmanlaşmanın şiddeti M-O uzunluğu (L) ile gösterilmektedir (Monin & Obukhov, 1954). Kararlı katmanlaşma değerli pozitif, kararsız katmanlaşma değerleri negatif rakamlarla gösterilir ve 0'a yaklaştıkça katmanlaşmanın şiddeti artmaktadır. Kararlı katmanlaşmanın şiddeti arttıkça türbülans karakteristiği zayıflamaktadır (Mahrt, 1998). Bu çalışmada L100 kararlı, L250 az kararlı ve L500 doğal koşulları üç farklı rüzgar hızı ile simüle edilerek katmanlaşmanın bina yüzeyi sıcaklığı üzerindeki etkisi incelenmiştir.

2. Metot

Bina yüzey sıcaklığının dış koşullara göre simülasyonu için ANSYS Fluent (2020R2) programı kullanılmıştır. Simülasyonda 85m x 40m x 35m (U x G x Y) boyutlarında bir bina modellenmiştir. Şekilde 1'de gösterildiği gibi simülasyon alanı her bir kenarı 500 metre olan bir sekizgen olarak modellenmiş ve bina bu alanın tam ortasına konumlanmıştır. Simülasyonun ana hedefi bina yüzey sıcaklığının daha iyi çözümlenmesi olduğu için Şekil 2'de gözüken biçimde bina çevresindeki mesh yoğunluğu şişme tabakası ile arttırılmıştır. Bu tabakada en küçük katman 10 cm olarak alınmış ve 1,1 katsayısı ile artacak şekilde 50 katman oluşturulmuştur. Bu meshleme sonucunda bütün simülasyon alanı toplam olarak 1.623.328 hücreye bölünmüştür.



Şekil 1. Simülasyon alanı



Şekil 2. Bina çevresi meshleme

Bina yüzey sıcaklıklarının çözümünde Navier-Stokes ve enerji denklemleri akuple edilerek ANSYS Fluent ile çözümlenmiştir. Navier-Stokes denklemlerinde RANS denklemleri kullanılmış ve türbülans denklemlerinin modellenmesinde kaba cisim aerodinamiği ile daha uyumlu olan realizable $k - \varepsilon$ denklemleri kullanılmıştır. Sıcaklık ile değişen sıvı yoğunluğunu çözmek için hava sıkıştırılmaz ideal gaz olarak modellenmiştir.

Rüzgar profili belirlenirken M-O uzunluğu (L) kullanılmıştır. Bu uzunluk, denklem 1’de gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$L = \frac{\rho C_p u_*^3 \theta_0}{\kappa g \theta_*} \quad (1)$$

burada,

L , Monin-Obukhov uzunluğu (m)

ρ , havanın yoğunluğu

C_p , havanın spesifik ısı kapasitesi

θ , yer seviyesindeki potansiyel sıcaklık (K)

g , yerçekim ivmesi (m^2/s)

θ_* , birimsiz sıcaklık skalası ve denklem 2’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\theta_* = \frac{-H}{\rho C_p u_*} \quad (2)$$

burada,

H , ısı akışı (w/m^2)

M-O uzunluğuna göre belirlenen rüzgar profili ve sıcaklık denklem 3 ve 4'de gösterilmektedir.

$$U(z) = \frac{u_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_m\left(\frac{z}{L}\right) \right] \quad (3)$$

$$\theta(z) = \theta_{base} + \frac{\theta_*}{k} \left[\ln\left(\frac{z}{z_0}\right) - \Psi_h\left(\frac{z}{L}\right) \right] \quad (4)$$

burada,

$$\Psi_m = \Psi_h = -5 \frac{z}{L} \quad (5)$$

Rüzgar ve sıcaklık profilini simülasyon alanı içerisinde düzgün şekilde koruyabilmek için duvar fonksiyonları kullanılmıştır.

$$k_s = \frac{9.793 z_0 \exp\left(\Psi_m\left(\frac{y_p}{L}\right)\right)}{c_s} \quad (6)$$

burada ,

y_p , yere temas eden hücrenin orta yüksekliğidir.

Hava akışının ilk temasının iki cephe ile olmasını sağlamak amacıyla rüzgar yönü bina ile 45 derece açı yapacak şekilde seçilmiştir. Kullanılan rüzgar hızları, katmanlaşma değerleri ve bu kombinasyona karşılık gelen simülasyon numaraları Tablo 1'de verilmiştir. Yaratılan 9 senaryoda da yer seviyesi sıcaklığı 27 derece olarak kabul edilmiştir.

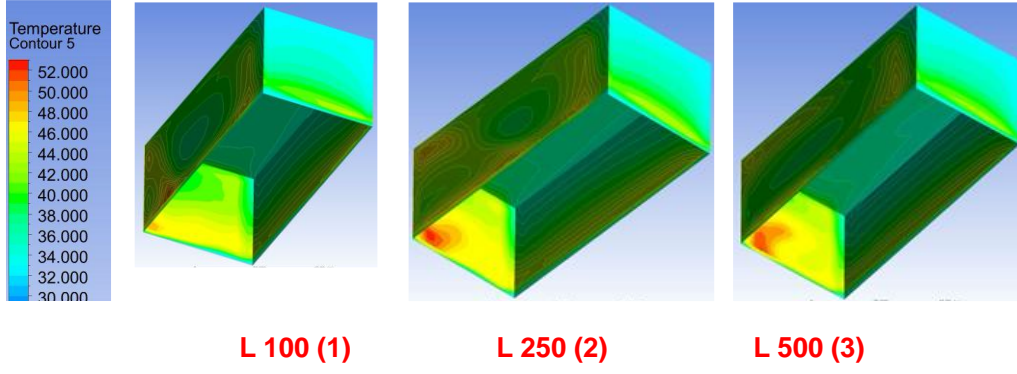
Tablo 1. Rüzgar ve katmanlaşma koşulları ve karşılık gelen senaryo numaraları

		Rüzgar Hızı		
		2,5 m/s	5 m/s	7,5 m/s
M-O uzunluğu	L 100	1	2	3
	L 250	4	5	6
	L 500	7	8	9

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

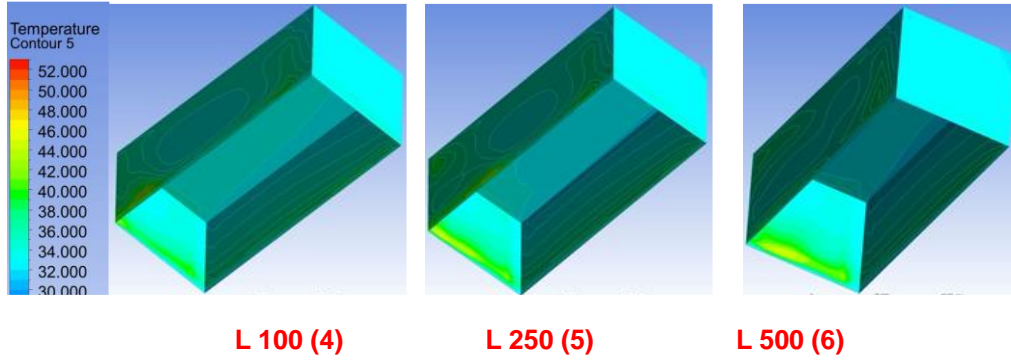
Bu çalışmada 3 farklı rüzgar ve 3 farklı katmanlaşma koşulunun kombinasyonu olarak 9 farklı simülasyon yapılmıştır ve binaların yüzey sıcaklık haritaları çıkartılmıştır. Simüle edilen binalarda 105 w/m²'lik bir ısı akışı sağlanmış ve bu sayede tekil bir binanın yaydığı ısı modellenmiş olmuştur (Allen, Lindberg, & Grimmond, 2011). Simülasyonlardaki temel amaç tabakalaşmanın binanın yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisini çıkarmak olduğu için simülasyon sonuçları buna göre gruplanmıştır.

1, 2 ve 3 numaralı simülasyonlar çok düşük rüzgar hızı olarak kabul edilen 2,5m/s için gerçekleştirilmiştir. Bu senaryolardaki ana değişken AST'nin kararlılık derecesidir. Şekil 3. de gözüktüğü gibi bina yüzey sıcaklıklarında farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu farklılıklar özellikle rüzgaraltı genişlik (güney) ve rüzgarüstü uzunluk (batı) cephelerinde gözlemlenmektedir.



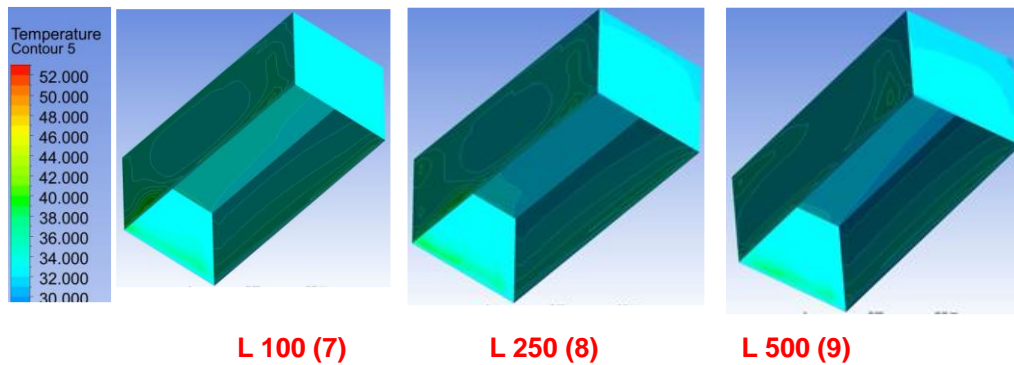
Şekil 3.

4,5 ve 6 numaralı simülasyonlar düşük rüzgar hızı olarak kabul edilen 5m/s için gerçekleştirilmiştir. Natürelle yakın koşul olan simülasyon 6'da rüzgaraltı tarafta tabana yakın yerlerde daha yüksek sıcaklıklar gözlemlenirken, yükseklik ile beraber yüzey sıcaklıkları stabil koşulların altına düşmektedir.



Şekil 4.

7, 8 ve 9 numaralı simülasyonlar normal rüzgar hızı olan 7,5 m/s koşulu için gerçekleştirilmiştir. Şekil 5'de verilen sonuçlara göre binaların yüzey sıcaklıkları artan rüzgarın etkisi ile düşmek ile beraber senaryo 7 ve 8'de diğer senaryoya kıyasla genel olarak daha sıcak bir yüzey gözlemlenmektedir.



Şekil 5.

Şekil 3, 4 ve 5 deki yüzey haritaları detaylı karşılaştırma ve alınacak önlemler için çok önemli olsa da yüzeylerin ortalama sıcaklıkları genel bir karşılaştırma şansı vermektedir. Bu bağlamda yüzeylerin ortalama sıcaklıkları Tablo 2'de verilmiştir. Bu sonuçlar, katmanlaşmış koşullarda (L100 ve L250) bina yüzey sıcaklığının arttığını daha açık şekilde göstermektedir. Ayrıca rüzgar hızı arttıkça katmanlaşmanın etkisi artmakta ve senaryo 7 ve 8'deki yüzey sıcaklıkları senaryo 9'a göre önemli farklılıklar göstermeye başlamaktadır. Bu sıcaklık farkının ana nedeni rüzgar hızıyla katmanlaşmanın türbülans üzerindeki etkisinin daha açıkça hissedilmesi ve rüzgar ile ısı iletiminin azalmasıdır.

Tablo 2. Koşullara göre yüzey sıcaklık değerleri

	rüzgar hızı(m/s)	2.5			5			7.5		
		M-O uzunluğu	L100	L250	L500	L100	L250	L500	L100	L250
Sıcaklık (°C)	çati	36.6	36.99	36.46	33.23	32.89	32.41	33.17	31.89	31.26
	kuzey (rüzgarüstü genişlik)	36.81	37.42	36.99	33.21	33.02	32.65	33.04	31.93	31.39
	bati (rüzgarüstü uzunluk)	38.72	39.17	38.57	34.27	34.01	33.49	33.78	32.62	31.97
	güney (rüzgaraltı genişlik)	42.09	44.51	44.4	36.12	36.82	36.63	35.09	34.66	34.13
	doğu (rüzgaraltı uzunluk)	40.99	42.2	40.83	35.22	35.54	34.84	34.44	33.66	32.93
	yüzeylerin min	36.6	36.99	36.46	33.21	32.89	32.41	33.04	31.89	31.26
	yüzeylerin max	42.09	44.51	44.4	36.12	36.82	36.63	35.09	34.66	34.13
	ortalama	39.04	40.06	39.45	34.41	34.46	34.00	33.90	32.95	32.34

4. Sonuç

Bu çalışmada 9 farklı koşul için bina yüzey sıcaklıkları bulunmuş ve katmanlaşmanın bina yüzey sıcaklığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. HAD ile yapılan simülasyonların çözümler için ANSYS Fluent programı kullanılmıştır.

Yapılan 9 farklı simülasyon ışığında katmanlaşmanın bina yüzey sıcaklığı üzerinde etkisi olduğu ortaya konmuştur. Bu etkinin rüzgar hızı arttıkça arttığı gözlemlenmiştir. Bunun en önemli nedeni olarak rüzgar hızı arttıkça, türbülans karakteristiğindeki değişimlerin daha fazla açığa çıkmasıdır. Bunlara ilaveten, üretilen bina sıcaklık haritaları bir bina üzerinde çok farklı sıcaklığın bulunabileceğini göstermiştir ve binaların ısı performansı için HAD simülasyonlarının önemi göstermiştir. Özellikle büyük binalarda bu sıcaklık değişimleri göz önüne alınarak yapılacak yalıtım çalışmaları ile daha yüksek bir yalıtım/maliyet performansı yakalanabilir ve kaynakların daha etkili kullanılması sağlanabilir.

Yapılan çalışmadan elde edilen dikkate değer sonuçlar bu alanda daha detaylı çalışmalar yapılması gerektiğini göstermektedir. Bu çalışmayı kanopi model ile destekleyerek bina sıralarının sıcaklık haritalarının bulunması ve ısı adası etkisinin incelenmesi gerçek şehirleşme koşulları hakkında daha derinlemesine bilgi sahibi olmamızı sağlayacaktır. Ayrıca, kanopi simülasyonlarına eklenecek güneş ışınması etkisi hem gölgelenme etkisini de inceleyerek günlük koşullara yaklaşmamızı sağlayacaktır. Yılın tamamını kapsayan koşullar yaratmak için daha fazla senaryo üzerinde çalışılması, ileride yapılacak binalar için bir kılavuz oluşturulmasına yardımcı olacaktır.

Kaynakça

- Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet, J. (2014). Buoyant flows in street canyons: Validation of CFD simulations with wind tunnel measurements. *Building and Environment*, 72, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.10.021>
- Allegrini, J., Dorer, V., & Carmeliet, J. (2015). Coupled CFD, radiation and building energy model for studying heat fluxes in an urban environment with generic building configurations. *Sustainable Cities and Society*, 19, 385–394. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.07.009>
- Allen, L., Lindberg, F., & Grimmond, C. S. B. (2011). Global to city scale urban anthropogenic heat flux: Model and variability. *International Journal of Climatology*, 31(13), 1990–2005. <https://doi.org/10.1002/joc.2210>
- Bartak, M., Beausoleil-Morrison, I., Clarke, J. A., Denev, J., Drkal, F., Lain, M., ... Stankov, P. (2002). Integrating CFD and building simulation. *Building and Environment*, 37(8–9), 865–871. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(02\)00045-8](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(02)00045-8)
- Hosseini, M., Tardy, F., & Lee, B. (2018). Cooling and heating energy performance of a building with a variety of roof designs; the effects of future weather data in a cold climate. *Journal of Building Engineering*, 17(February), 107–114. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.02.001>
- Mahrt, L. (1998). Stratified Atmospheric Boundary Layers and Breakdown of Models. *Theoretical and Computational Fluid Dynamics*, 11(3–4), 263–279. <https://doi.org/10.1007/s001620050093>
- Mahrt, L. (1999). Stratified atmospheric boundary layers. *Boundary-Layer Meteorology*, 90(3), 375–396. <https://doi.org/10.1023/A:1001765727956>
- Miralles, D. G., Teuling, A. J., Van Heerwaarden, C. C., & De Arellano, J. V. G. (2014). Mega-heatwave temperatures due to combined soil desiccation and atmospheric heat accumulation. *Nature Geoscience*, 7(5), 345–349. <https://doi.org/10.1038/ngeo2141>
- Monin, A. S., & Obukhov, A. M. (1954). Basic laws of turbulent mixing in the surface layer of the atmosphere. *Contrib. Geophys. Inst. Acad. Sci. USSR*, 24(151), 163–187.
- Oke, T. R. (1973). City size and the urban heat island. *Atmospheric Environment Pergamon Pres*, 7, 769–779. [https://doi.org/10.1016/0004-6981\(73\)90140-6](https://doi.org/10.1016/0004-6981(73)90140-6)
- Önal, S. (2014). Yapıların Enerji Kimlik Belgeleri Üzerine Değerlendirmeler Evaluation on Energy Identity Documents of The Buildings. *European Journal of Science and Technology*, 1(3), 100–105.
- Panofsky, H. A., & Dutton, J. A. (1984). *Hans A Panofsky John A Dutton -Atmospheric turbulence _ models and methods for engineering applications-Wiley (1984).pdf*. Newyork: Wiley - interscience.
- Sartori, I., Napolitano, A., & Voss, K. (2012). Net zero energy buildings: A consistent definition framework. *Energy and Buildings*, 48, 220–232. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.01.032>
- Xie, X., Liu, C. H., Leung, D. Y. C., & Leung, M. K. H. (2006). Characteristics of air exchange in a street canyon with ground heating. *Atmospheric Environment*, 40(33), 6396–6409. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2006.05.050>



A Study of Static and Dynamic Significance Weighting Multipliers on the Pearson Correlation for Collaborative Filtering

Savaş Okyay¹, Sercan Aygün^{2*}

¹ Department of Computer Engineering, Eskişehir Osmangazi University, Eskişehir, Turkey (ORCID: 0000-0003-3955-6324)

² Department of Computer Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-4615-7914)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.822968)

ATIF/REFERENCE: Okyay, S. & Aygün, S. (2020). A Study of Static and Dynamic Significance Weighting Multipliers on the Pearson Correlation for Collaborative Filtering. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 270-275.

Abstract

Recommender systems as a field of data mining and knowledge discovery have a tremendous impact on movie recommendation platforms. Proper recommendation for the audience, considering profiles, is a measurable argument. By inferencing the linear combinations between some numerical data such as user rating actions, statistical analyses can be done. Thus, any item such as a movie can be recommended or not. The numerical calculation of correlations, namely the similarity weight, should be recomputed before prediction to increase the effect of user similarities for further constant multiplications. This method is named as the significance weighting that processes one more step to stress the impact of similarities. The affinity between users can simply be the total number of co-rated items, or any further inference using more complex computations. In this work, the significance weighting method related to Pearson Correlation is inspected using comparative approaches. The MovieLens dataset, both including ML100K and ML1M releases, are used in the experiments. *k*-fold cross-validation method is applied in a shifting fashion to increase the number of tests. After having Pearson Correlation Coefficients for *user-user* similarities, weights are signified using three different approaches. Then, neighbors are sorted to choose the top-*N* closest users for the user in the test. Concerning experimental results, over two other techniques, an explicit method that utilizes only the co-rated item count is preferred taking its simplicity and performance into account. In the plots of experimental results section, accuracy and error metrics are presented for three different significance weighting approaches. Especially for the ML100K dataset, the simple weighting method outperforms in terms of the error metrics.

Keywords: Collaborative filtering, MovieLens, Pearson similarity, recommender systems, significance weighting.

İşbirlikçi Filtreleme için Pearson Korelasyonu Üzerine Statik ve Dinamik Önem Ağırlıklandırma Çarpanları Çalışması

Öz

Veri madenciliği ve bilgi keşfinin bir alanı olarak öneri sistemleri, film tavsiye platformları üzerinde muazzam bir etkiye sahiptir. Profilleri göz önünde bulundurarak izleyiciler için uygun tavsiye ölçülebilir bir argümandır. Kullanıcı oylama eylemleri gibi bazı sayısal veri içerisindeki doğrusal kombinasyonları çıkararak istatistiksel analizler yapılabilir. Böylece, film gibi herhangi bir öge kullanıcıya önerilebilir veya önerilmeyebilir. Korelasyonların sayısal hesaplaması, yani benzerlik ağırlığı, kullanıcı benzerliklerinin etkisini daha fazla sabit çarpımla arttırmak için tahminden önce yeniden hesaplanmalıdır. Bu yöntem, benzerliklerin etkisini vurgulamak için bir adım daha işleyen önem ağırlıklandırması olarak adlandırılır. Kullanıcılar arasındaki yakınlık, ortak oylanan öğelerin toplam sayısı veya daha karmaşık hesaplamalar yapılan başka bir çıkarım olabilir. Bu çalışmada, Pearson Korelasyonu ile

* Corresponding Author: Department of Computer Engineering, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey. ORCID: 0000-0002-4615-7914, ayguns@yildiz.edu.tr

İlgili önem ağırlıklandırma yöntemi karşılaştırmalı yaklaşımlar kullanılarak incelenmiştir. Deneysel hem ML100K hem de ML1M sürümlerini içeren MovieLens veri kümesi kullanılır. k -katlamalı çapraz doğrulama yöntemi, test sayısını artırmak için kaydırmalı tarzda uygulanır. *Kullanıcı-kullanıcı* benzerlikleri için Pearson Korelasyon Katsayılarını elde ettikten sonra, ağırlıklar üç farklı yaklaşım kullanılarak ifade edilir. Ardından komşular, testteki kullanıcı için en yakın N kullanıcıyı seçmek üzere sıralanır. Deneysel sonuçlarla ilgili olarak, diğer iki tekniğe göre, basitliği ve performansı hesaba katılarak, sadece ortak oylanmış öğe sayısını kullanan açık yöntem tercih edilir. Deneysel grafiklerde, doğruluk ve hata ölçümleri üç farklı önem ağırlıklandırma yaklaşımı için sunulmuştur. Özellikle ML100K veri kümesi için, basit ağırlıklandırma yöntemi hata ölçümleri açısından daha iyi performans gösterir.

Anahtar Kelimeler: İşbirlikçi filtreleme, MovieLens, Pearson benzerliği, öneri sistemleri, önem ağırlıklandırma.

1. Introduction

Recommender systems (RS) are in a wide range of usage from movie recommendations to commercial item suggestions (Ahmad and Afzal 2020; Aioli 2013; LVN et al., 2014; Nguyen et al., 2020; Philip et al., 2014; Samad et al., 2019; Singh et al., 2020). In RS, previous preferences are processed using data mining methods, and prospective personal choices are offered. Scientific researches show how the 3-step system implementation is created by measuring the performance. Concisely, the statistical correlation measurement between vectors is the first step. The vector is either users of the intended system or the items depending on the *user-based* or *item-based* similarities (Aygün and Okyay, 2015). The next step is the utilization of the obtained correlation value to attain the numerical prediction. Depending on the calculated prediction value, any system performance can be measured. Let's assume that user similarities are obtained, and for any custom user, an item of interest is tested. The item value can be categorical binary information such as *liked* or *disliked*, or multi-level ratings, i.e., *stars*, such as half-stars and full-stars. By trivially choosing an item that has actual value for test purposes, the obtained prediction via the similarity is compared with the real value. This is the performance measurement phase of the overall framework as the final step that donates the scientifically valuable information for any proposed algorithms in the literature (Hong-Xia, 2019; Nguyen et al., 2020; Powers, 2011).

For the primary step of our study, *user-user* based similarities are captured. In this part, the renowned linear correlation is computed via the *Pearson Correlation Coefficient* (PCC) (Dhawan et al., 2015; Madadipouya, 2015; Sheugh and Alizadeh, 2015). During the second step, the prediction is calculated with the aid of an approach named *mean centering* (Saric et al., 2009; Zeybek and Kaleli, 2018). Finally, the obtained prediction is measured in terms of the actual value. Thereabouts, the utilization of the confusion matrix is needed. We do perform a direct evaluation with *one-to-one* comparison, *F1-measure*, *accuracy*, *mean absolute error* (MAE), and *root mean square error* (RMSE).

When it comes to the literature, there are indicative studies that work on movie-based recommendations. Besides, a subset of RS science pays attention to weight significance (Bellogín et al., 2014; Gao et al., 2012; Ghazanfar and Prugel-Bennett, 2010; Hwang and Chen, 2007; Levinas, 2014; McLaughlin and Herlocker, 2004; Raeesi and Shajari, 2012; Weng et al., 2006; Zhang et al., 2020; Zhang and Yuan, 2017). We perform *user-user* similarities in this work, and we call the weighting signifier, i.e., multiplier, after the PCC result as weight, w , is obtained. One of the simplest methods is the consideration of commonly *co-rated item count* (CIC) in-between *user-neighbor*. This as a run-time compatible method, takes the intersection of commonly rated items between the active user and the neighbors for any correlation constant. In some papers, this method is called *user overlap* (Bellogín et al., 2014; Raeesi and Shajari, 2012). In addition to this, Bellogín et al. also discuss different weighting strategies, like the ones in (Herlocker et al., 2002; Hwang and Chen, 2007; McLaughlin and Herlocker, 2004; Weng et al., 2006). Besides, the *case amplification* method is proposed by Breese et al. (Breese et al., 2013). Still, Ghazanfar and Prugel-Bennett criticize the method reason why it is not including the number of items in common (Ghazanfar and Prugel-Bennett, 2010). In (Herlocker et al., 2017), Herlocker et al. consider the common item counts; however, Ghazanfar and Prugel-Bennett indicate that the approach is not performing well for the weights lower than zero (Ghazanfar and Prugel-Bennett, 2010). They also review the methods by Ma et al. (Ma et al., 2007) and McLaughlin & Herlocker (McLaughlin and Herlocker, 2004), indicating that either approach utilizing the *minimum* or *maximum* operations as an enhanced version of (Herlocker et al., 2017) has the generalization problem.

On the other side, single test item dynamicity at each test attempt converges to the computation load, which is against the performance. In this work, we trivially show how it is possible to use a relatively acceptable weighting signifier that is also compatible with the dynamical approach. In the following sections, first, the methodology will be presented. The details of how to signify the weights properly will be given in that section. Three approaches will be considered. Then, the results will be shown in the following section by addressing the 100K-sized and 1M-sized datasets of MovieLens (Harper and Konstan, 2015).

2. Methodology

The overall methodology will be presented in this section. First, the similarity and prediction equations will be given. After that, the weight significance will follow, presenting three approaches.

2.1. Equations

The primary step is about how to compute linear similarities between two arguments. As *user-user* similarities are in our focus, the similarity coefficient between two users is calculated using the following formula in Equation 1.

$$w_{a,u}^{PCC} = \frac{\sum_{i \in (I_a \cap I_u)} (r_{a,i} - \bar{r}_a) \times (r_{u,i} - \bar{r}_u)}{\sqrt{\sum_{i \in (I_a \cap I_u)} (r_{a,i} - \bar{r}_a)^2} \times \sqrt{\sum_{i \in (I_a \cap I_u)} (r_{u,i} - \bar{r}_u)^2}} \quad (1)$$

The PCC weight value, $w_{a,u}^{PCC}$, is calculated using the ratings of active (a) user $r_{a,i}$ and the ratings of prospective neighbor (u), $r_{u,i}$, who has commonly rated the item of interest, i . The overall rated items of the active user, I_a and the other user items I_u are also utilized for the intersection subset in the denominator, where each rating deviation from the overall rating mean (\bar{r}) is employed.

The calculated weight is then utilized in Equation 2, as it stands for the numerical prediction calculation. This will give to obtain rating value, which is to be then checked in terms of the performance comparison concerning the actual rating value. Therefore, the weight parameter in the equation is quite crucial to decide the prediction; even more, there can be an enhancement over w . Thus, a *significance weighting* (SW) is a method to highlight the correlation between two users if there is any other inference between the two of them.

$$p_{a,i} = \bar{r}_a + \frac{\sum_u ((r_{u,i} - \bar{r}_u) \times w_{a,u}^{PCC})}{\sum_u (w_{a,u}^{PCC})} \quad (2)$$

In the next subsection, three perspectives are given on the utilization of the commonly rated item counts. During the prediction, the number of neighbors to be included in the calculation is a well-known phenomenon. In this work, the *best neighbor count* (BNC) is decided by being set parametrically starting from 5 to 100 with a 5-neighbor increment at every attempt.

2.2. Significance Weighting

Significance weighting can be thought of as a constant multiplication for the calculated weight as the *user-user* correlation. This constant is denoted as μ and given in Equation 3. The multiplication constant, μ , can be based on a static or dynamic approach. In this work, we group these two perspectives, where the first is a static multiplication based on a predefined value, α . Then, the dynamic approach is proposed to see the effect of multiple commonly rated user relations.

$$w_{a,u}^{SW} = \mu \times w_{a,u} \quad (3)$$

All figures in the following subsections are based on the real data (rounded to a 3-digit fraction) obtained from the 15th active user and the 18th item test pair ($a=15, i=18$, for all u values in the randomly folded train-test sets).

2.2.1. Static Multiplier

In the static multiplication, each co-rated item count of the neighbors is processed with an only constant, α . As shown in Equation 4, α is applied to CIC with a condition (Herlocker et al., 2017). In this work, we set $\alpha = 10, 25, 50, 75, 100$ for our parametric tests. All the weights in progress free from their values are processed with stable α .

$$\mu = \begin{cases} \frac{|I_a \cap I_u|}{\alpha} & \text{if } |I_a \cap I_u| < \alpha \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (4)$$

In Figure 1, the real example of the static multiplier is shown. Each CIC between a and u is considered together with the static α , which is then processed for signified weight, $w_{a,u}^{SW}$.

$w_{a,u} \downarrow$	u	$CIC_{a,u}$
0.535	585	5
0.273	59	41
0.154	1	32
0.136	207	37
0.060	181	88
-0.315	385	16

→

$w_{a,u}^{SW}$	u
0.054	585
0.224	59
0.099	1
0.100	207
0.060	181
-0.101	385

→

$w_{a,u}^{SW} \downarrow$	u
0.224	59
0.100	207
0.099	1
0.060	181
0.054	585
-0.101	385

Figure 1. Example of applying multiplier α ($=50$), (a) Sorted original PCC weights, (b) Significance weighted (α applied) PCC weights, (c) Sorted significance weighted (α applied) PCC weights.

2.2.2. Dynamic Multiplier

In the dynamic approach, instead of a constant predefined α , an inference-based technique is performed during the prediction calculation. By considering all neighbors in the co-rating list, the mean value is obtained as $\frac{\sum CICs}{|CICs|}$. Instead of taking the exact maximum depending on a single value, the adaptive solution is preferred. Thus, the mean is doubled by treating all elements in a vector. Then, it is normalized with a fraction that is an intentional parameter, namely β , to show the effect of different mappings by setting $\beta = 1/4, 1/3, 1/2, 2/3, 3/4$ during our experiment. With this approach, a generalized α is obtained fitting into the current values of a, i pair. Then, the same procedure in Equation 4 is applied to all weights from neighbors. In Equation 5, the calculation of the aforementioned general solution is shown as it is rounded to the nearest integer as either $\lfloor \beta \times 2 \times \frac{\sum CICs}{|CICs|} \rfloor$ or $\lceil \beta \times 2 \times \frac{\sum CICs}{|CICs|} \rceil$.

$$\alpha \approx \left(\beta \times 2 \times \frac{\sum CICs}{|CICs|} \right) \tag{5}$$

In Figure 2, the example from the real dataset is shown.

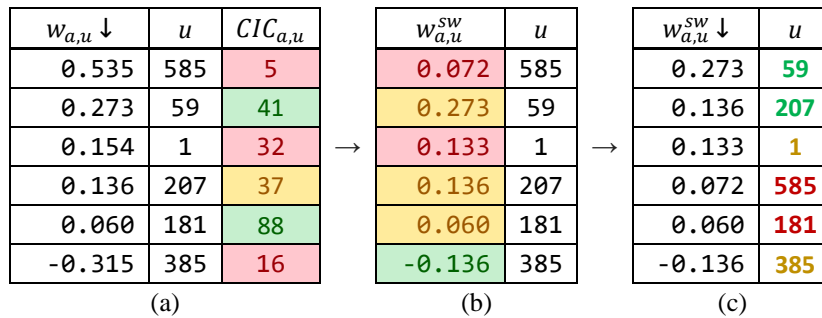


Figure 2. Example of applying the multiplier $\beta = 1/2 \rightarrow$ Equation (5) $\rightarrow \alpha = 37$, (a) Sorted original PCC weights, (b) Significance weighted (β applied) PCC weights, (c) Sorted significance weighted (β applied) PCC weights.

2.2.3. Direct CIC Multiplier

Last but not least, a pure CIC-based approach without an additional operation is applied apart from the above. The multiplier constant is directly taken as $\mu = |I_a \cap I_u|$ (Bellogín et al., 2014; Raeesi and Shajari, 2012). The bright side of the CIC usage is more than the calculation simplicity of it. In the first and the second approaches, the CIC as a threshold is considered with a further normalization, wherein the second, one more adaptive solution is designed with the overall CICs. However, it is experimentally proved in the next section that CIC between users, neither with a further normalization nor with the mean of all intersections, gives the top solution. Especially with the performance in real-time systems, this approach as a single expander of weights works well. In Figure 3, an example of the direct CIC multiplication is shown.

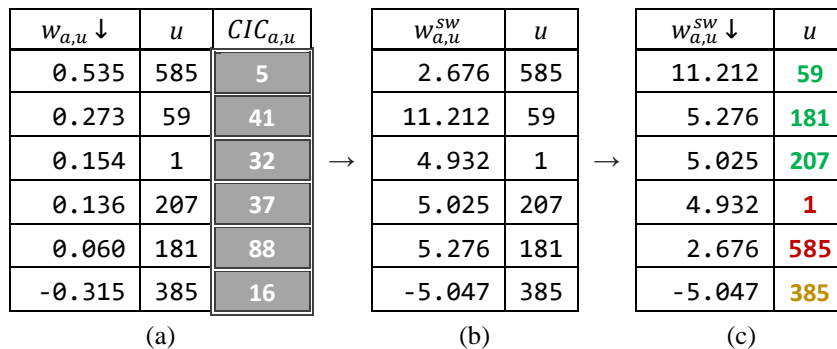


Figure 3. Example of applying the pure CIC multiplier, (a) Sorted original PCC weights, (b) Significance weighted (CIC applied) PCC weights, (c) Sorted significance weighted (CIC applied) PCC weights.

3. Tests and Results

In this section, test results of *significance weighting* methods are given comparatively. For each user, five rated items are randomly chosen to be tested. At each test, the dataset is divided into ten folds stochastically, and tests are repeated 100 times. On each test, prediction values are computed distinctively for the same *train-test* set couples used in the compared methods for a fair analogy. Predicted values are labeled as *liked* or *disliked* depending on whether being greater or less than 3.5 of 5-scale ratings. Then, actual ratings and calculated results are processed for binary analyses on behalf of four renowned performance metrics given in Figure 4.

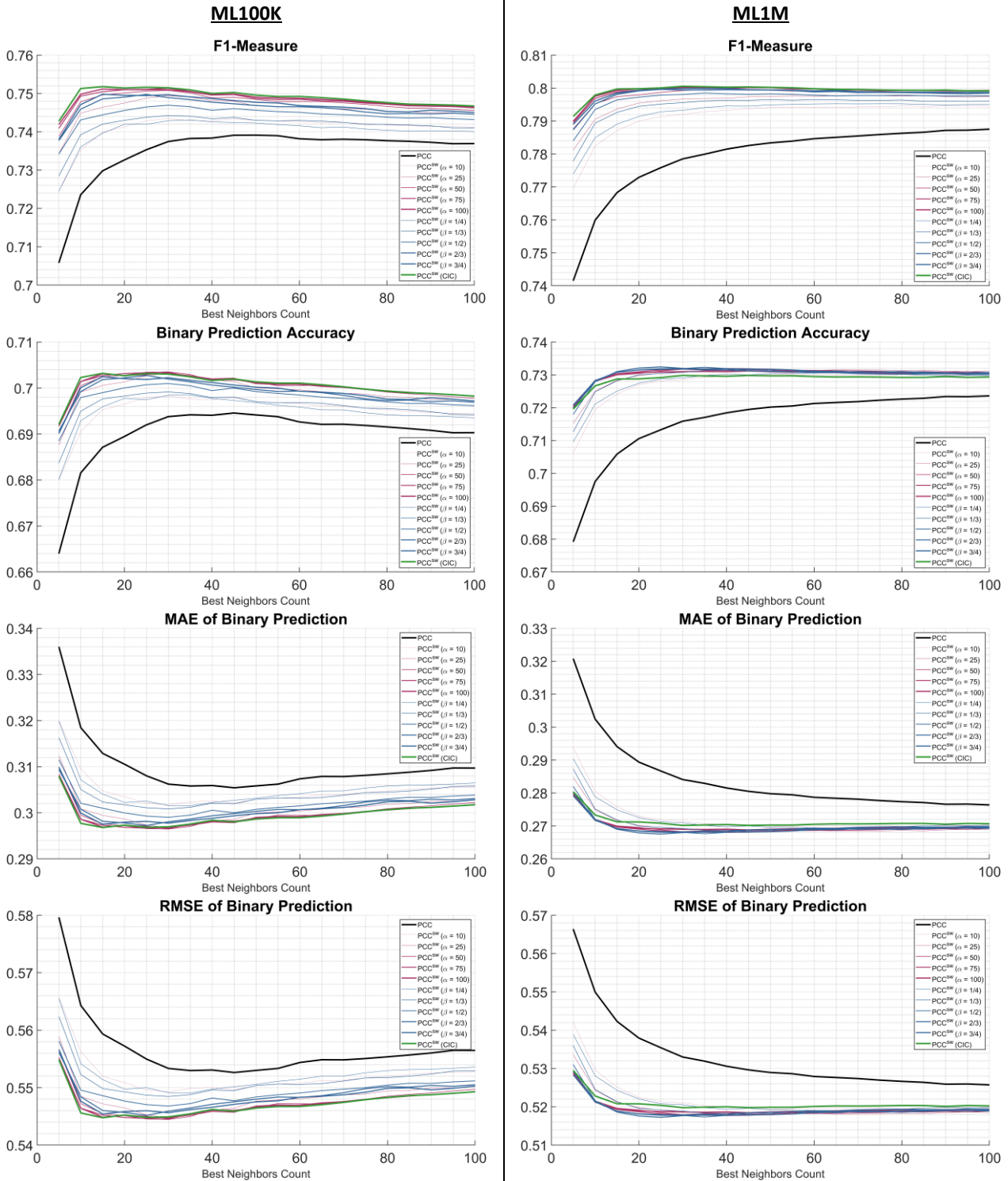


Figure 4. Comparative test results of SW methods over PCC taking all μ -based approaches. The results are given as the average of all individual tests.

The plots in Figure 4 show that the standard approach without SW (line in black color) falls behind the ones with SW. Focusing on α (lines in red color) and β (lines in blue color) parameters, the enhanced performance results are recorded for their increased values within the approach that brings less erroneous results. Besides, the pure CIC-based method (line in green color) outperforms dominantly in error metrics for the ML100K. The pure CIC-based method is recommended to be applied with a decreased number of neighbors when there is a large-sized dataset in use. Even though the results related to methods concerning α and β vary in different metrics, the pure CIC-based approach outperforms in the *F1-measure* that supplies compound information holding both *precision* and *recall* metrics together inside.

4. Conclusion

In RS science, there are loads of efforts to increase recommendation efficiency using different methods. In this work, we have shared the observations related to the three approaches for correlation weight significance. Especially for the real-time systems, the less complicated but higher performable approaches are required during the correlation calculation and prediction measurement. Therefore, we perform three different approaches of SW. Detailed experiments in the previous section have shown that the pure CIC method gives indicative results, especially for the ML100K dataset. In addition to the simple computation facility of pure CIC SW multiplier, satisfactory results are obtained. In a small set of the neighborhood, the acceptable results are gathered. For future work, the extensive performance metrics of CIC-based SW methods can be performed.

References

- Ahmad, S. & Afzal, M. T. (2020). Combining metadata and co-citations for recommending related papers. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences* 28 (3), 1519–34.
- Aiolfi, F. (2013). Efficient top-N recommendation for very large scale binary rated datasets.” *RecSys 2013 - Proceedings of the 7th ACM Conference on Recommender Systems, Hong Kong, China*, 273–280.
- Aygun, S. & Okyay, S. (2015). Improving the Pearson similarity equation for recommender systems by age parameter. *Adv. Information, Electron. Electr. Eng. AIEEE, Riga, Latvia*.
- Bellogín, A., Castells, P., & Cantador, I. (2014). Neighbor selection and weighting in user-based collaborative filtering: a performance prediction approach. *ACM Trans. on the Web*, (8), 12.
- Breese, J. S., Heckerman, D., & Kadie, C. (2013). Empirical analysis of predictive algorithms for collaborative filtering. *UAI'98, The 14th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*, San Francisco, CA, USA, 43–52.
- Dhawan, S., Singh, K., & Jyoti. (2015). High rating recent preferences based recommendation system. *Procedia Computer Science* (70), 259–64.
- Gao, M., Fu, Y, Chen, Y, & Jiang, F. (2012). User-weight model for item-based recommendation systems. *Journal of Software* 7 (9), 2133–2140.
- Ghazanfar, M. A. & Prugel-Bennett, A. (2010). Novel significance weighting schemes for collaborative filtering: generating improved recommendations in sparse environments. *DMIN'10, International Conference on Data Mining*, USA.
- Harper, F. M. & Konstan, J. A. (2015). The MovieLens datasets: History and context. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems* 5 (4), 1–19.
- Herlocker, J. L. , Konstan, J. A., Borchers, A., & Riedl, J. (2017). An algorithmic framework for performing collaborative filtering. *ACM SIGIR Forum*.
- Herlocker, J., Konstan, J. A., & Riedl, J. (2002). An empirical analysis of design choices in neighborhood-based collaborative filtering algorithms. *Information Retrieval* 5 (4), 287–310.
- Hong-Xia, W. (2019). An improved collaborative filtering recommendation algorithm.” *4th IEEE International Conference on Big Data Analytics, ICBDA, Suzhou, China*, 431–35.
- Hwang, C. S. & Chen Y. P. (2007). Using trust in collaborative filtering recommendation. *Lect. Notes Comput. Sci., New Trends in Applied Artificial Intelligence*, (4570).
- Levinas, C. A. (2014). An analysis of memory based collaborative filtering recommender systems with improvement proposals. *M.Sc. Thesis, UPC*, 1–89.
- LVN, R. Wang, R., & Raj, J. D. (2014). Recommending news articles using Cosine Similarity function. *Proc. SAS Glob. Forum*, Washington, DC, USA.
- Ma, H., King, I., & Lyu, M. R. (2007). Effective missing data prediction for collaborative filtering. *Proc. 30th Annu. Int. ACM SIGIR Conf. Res. Dev. Inf. Retrieval, SIGIR'07*, 39–46.
- Madadipouya, K. (2015). A location-based movie recommender system using collaborative filtering. *International Journal in Foundations of Computer Science & Technology* 5 (4), 13–19.
- McLaughlin, M. R. & Herlocker, J. L. (2004). A collaborative filtering algorithm and evaluation metric that accurately model the user experience. *27th Annu. Int. ACM SIGIR Conf. Res. Dev. Inf. Retr.*, 329–336.
- Nguyen, L. V., Hong, M. S., Jung, J. J., & Sohn, B. S. (2020). Cognitive similarity-based collaborative filtering recommendation system. *Applied Sciences*, 10(12), 1–14.
- Philip, S., Shola, P. B., & John, A. O. (2014). Application of content-based approach in research paper recommendation system for a digital library. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications* 5 (10), 37–40.
- Powers, D. M. W. (2007). Evaluation: from precision, recall and F-measure to ROC, informedness, markedness & correlation. *Journal of Machine Learning Technologies* 2 (1), 37–63.
- Raeesi, M. & Shajari, M. (2012). An enhanced significance weighting approach for collaborative filtering. *6th International Symposium on Telecommunications, IST 2012*, Tehran, Iran, 1165–1169.
- Samad, A., Islam, M. A., Iqbal, M. A., & Aleem, M. (2019). Centrality-based paper citation recommender system. *EAI Endorsed Transactions on Industrial Networks and Intelligent Systems* 6 (19).
- Saric, A., Hadzikadic, M., & Wilson, D. (2009). Alternative formulas for rating prediction using collaborative filtering.” *Int. Symp. on Method. for Intell. Sys.*, Lecture Notes in Computer Science, Springer, 5722, 301–310.
- Sheugh, L. & Alizadeh, S. H. (2015). A note on Pearson correlation coefficient as a metric of similarity in recommender system. *2015 AI and Robotics, IRANOPEN 2015*, Qazvin, Iran.
- Singh, R. H., et al. (2020). Movie recommendation system using cosine similarity and KNN. *International Journal of Engineering and Advanced Technology* 9 (5), 556–559.
- Weng, J., Miao, C., & Goh., A. (2006). Improving collaborative filtering with trust-based metrics.” *Proceedings of the ACM Symposium on Applied Computing*, 1860–1864.
- Zeybek, H., & Kaleli, C. (2018). Dynamic k neighbor selection for collaborative filtering. *Anadolu University Journal of Science And Technology A - Applied Sciences and Engineering*, 19 (2), 303-315.
- Zhang, B. & Yuan, B. (2017). Improved collaborative filtering recommendation algorithm of similarity measure. *Materials Science, Energy Technology, and Power Engineering I, AIP Conf. Proc.*, 1839.
- Zhang, L. et al. (2020). Diversity balancing for two-stage collaborative filtering in recommender systems. *Applied Sciences* 10 (4), 1-16.



HPT Türevi UV Absorblayıcıların PET İplik ve Kumaşların UV Dayanımı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Serpil Koral Koç^{1*}, Nimet Doğmuş Yılmaz²

¹ Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0739-8256)

² Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7774-8856)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821635)

ATIF/REFERENCE: Koral Koç, S. & Doğmuş Yılmaz, N. (2020). HPT Türevi UV Absorblayıcıların PET İplik ve Kumaşların UV Dayanımı Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 276-282.

Öz

Morötesi (ultraviyole, UV) ışımının tüm polimerler gibi tekstil malzemelerinin performansları üzerinde de olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu etkiler, dış ortam uygulamaları için üretilmiş ürünlerde daha da önem kazanmaktadır. UV ışımının olumsuz etkisini azaltarak ürünlerin daha uzun süre kullanımını sağlayabilmek amacıyla UV absorblayıcı katkı maddeleri kullanılmaktadır. Bu katkı maddeleri masterbatch yöntemiyle, üretim sırasında lif yapısına katılarak tekstil ürünlerinin UV dirençleri artırılabilir. Polimerlerin açık hava koşullarındaki performanslarını belirleyebilmek amacıyla yapılan testlere dış ortam şartlandırma testleri denilmektedir. Bu testler, gerçek dış ortam şartlarında yapılabileceği gibi laboratuvar koşullarında dış ortam şartlarını simüle eden cihazlarında da gerçekleştirilebilir. Laboratuvar ortamında yapılan testler hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri olarak adlandırılır. Açık hava uygulamaları için poliakrilonitril liflerinden yapılmış tekstil ürünleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu liflerin tedariklerinde çeşitli zorluklarla karşılaşılması ve maliyetlerinin yüksek olması bu tür uygulamalar için polietilen tereftalat (PET) liflerine olan ilgiyi arttırmaktadır. Bu çalışmada hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri, katkısız PET (referans PET) ve hidroksifenil triazin (HPT) türevi ticari bir katkı malzemesi olan Tinuvin 1577 ED ile UV ışımaya karşı direnci artırılmış PET (katkılı PET) iplik ve bu iplikler kullanılarak dokunmuş kumaşlara 1000 saat süre ile uygulanmıştır. Her 250 saatte bir numunelerin kopma mukavemeti, kopma uzaması ve renk değişimi özellikleri kayıt edilmiştir. Şartlandırma testlerinden önce yapılan çekme deneyleri katkı maddelerinin PET ipliklerin kopma mukavemetlerini azaltıp, kopma uzaması değerlerini arttırdığını, dolayısı ile mekanik özellikler üzerinde olumsuz bir etkisinin olduğunu göstermiştir. Ancak 1000 saatlik dış ortam şartlandırma testlerinin sonunda bu katkı maddelerinin UV ışımının PET iplik ve kumaşların mekanik özellik ve renk değişimi üzerindeki olumsuz etkisini belirgin bir oranda azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dış ortam şartlandırma testleri, UV dayanımı artırılmış PET lifleri, UV ışıma, UV absorblayıcı, Hidroksifenil triazin

Effects of HPT Derivative UV Absorbers on the UV Resistance of PET Yarns and Fabrics

Abstract

Ultraviolet (UV) radiation has negative effects on the performance of textile materials like all the polymers. These effects become more critical in products produced for outdoor applications. UV absorbers can be used to reduce the negative effects of UV radiation and ensure the usage of products for a longer time. By adding these chemicals to textile fibers during production by the masterbatch method, their UV resistance can be improved. The tests performed to determine the performance of polymers in outdoor applications are called outdoor weathering tests. Weathering tests can be performed under real outdoor conditions or in laboratories on devices that simulate these conditions. Tests performed in the laboratory environment are called accelerated artificial weathering tests. Textile products produced from polyacrylonitrile fibers are commonly used for outdoor applications. However, difficulties in their supplies and their high costs increase the interest in polyethylene terephthalate (PET) fibers for such applications. In this study, standard

* Sorumlu Yazar: Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0739-8256, skoral@uludag.edu.tr

(reference) and UV resistant PET were subjected to accelerated artificial outdoor weathering tests for 1000 hours. The UV resistant PET fibers were produced by the addition of an (HPT) derivative, Tinuvin 1577 ED. The samples were used in yarn and fabric form. Tensile strength, elongation at break, and color change of the samples were recorded every 250 hours. Tensile tests carried out before the weathering tests showed that additives reduced the tensile strength of PET yarns and fabrics and increased their breaking elongations. They have negative effects on the mechanical properties. However, at the end of 1000 hours, it was observed that these additives significantly hindered the negative effect of UV radiation on the mechanical properties and color change of PET yarns and fabrics.

Keywords: Outdoor weathering tests, UV resistant PET fibers, UV radiation, UV absorber, Hydroxyphenyl triazine.

1. Giriş

Güneş ışınlarından kaynaklanan morötesi (ultraviyole, UV) ışımaya, dış ortam kullanımı olan, endüstriyel ve günlük kullanım amacı taşıyan birçok ürün üzerinde olumsuz etkilere sahiptir. Gün ışığının olumsuz etkileri, sıcaklık, nem gibi diğer açık hava bileşenleri ile bir araya geldiğinde, polimerlerin kimyasal ve mekanik özellikleri üzerinde geri dönüşü olmayan etkiler yaratır. Polimerik malzeme olan tekstil materyalleri de tüm polimerler gibi UV ışımadan olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu etki, özellikle sürekli gün ışığına maruz kaldıkları bahçe, restaurant, otel gibi dış mekan uygulamalarında daha da önem kazanmaktadır.

Polimerleri UV ışımının zararlı etkilerinden korumak ve degradasyonlarını önlemek için UV absorblayıcı katkı maddeleri kullanılmaktadır. UV absorblayıcılar genel olarak UV absorblayıcı (UVA) ve engellenmiş amin ışık stabilizatörleri (Hindered Amin Light Stabilizer, HALS) olmak üzere iki grupta sınıflandırılabilir. (Anonim 2012).

UVA malzemeler, fotokimyasal reaksiyon başlamadan UV ışımaya absorbe ederek radikal oluşum oranının düşürülmesinde etkin bir işlev görür. Ana etkinlik mekanizmaları, zararlı UV ışımaya absorbe etme ve çok daha az zararlı olan ısı enerjisine dönüştürme esasına dayanır. UVA malzemelerin performansları, absorbe edilen UV ışımaya miktarı ve UV ışımaya maruz kalan numunenin kalınlığı ile doğrudan ilişkilidir. Bu nedenle UVA malzemelerin çalışma prensipleri Lambert-Beer yasası ile açıklanır ve bu durum UVA'ların en önemli dezavantajıdır (Gugumus 2002). Tekstil liflerinin ince yapılı malzemeler olmalarına rağmen farklı yapıdaki UVA malzemelerin çeşitli formülasyon çalışmaları ile pek çok tekstil lifinin UV ışımaya karşı direncini arttırmak mümkün olmaktadır.

Işık stabilizatörü olarak işlev gören ikinci ana kimyasal grubu HALS yapılarıdır. HALS grubu kimyasal ürünler, 2,2,6,6-tetrametil piperidin türevi yapılarıdır ve bir çok polimerin UV ışımaya karşı stabilitesinin sağlanmasında etkin bir mekanizmaya sahiptir (Anonim 2012). Bu yapılar; çözülebilirler, migrasyon dayanımları iyidir, molekül ağırlıklarına ve piperidin halkaları arasındaki bağ kuvvetine bağlı olmak kaydıyla yüksek termal stabilite gösterirler (Schaller 2009). HALS grubu kimyasal katkıları UV ışımaya absorpsiyonu gerçekleştirmez. Bu tür katkıları direkt olarak polimer degradasyonunu önlemeye yönelik işlev görmektedir. Fotokimyasal olarak başlayan degradasyon reaksiyonlarını yavaşlatma özelliklerine sahiptirler (McCusker 1999a). UVA ile karşılaştırıldığında, HALS'in bir diğer avantajı belirli bir seviyede katkı konsantrasyonu ve ışımaya maruz kalan numunenin belirli bir kalınlığa gereksinim duymuyor olmasıdır. HALS ile nispeten düşük konsantrasyonlarda oldukça önemli stabilizasyon dereceleri elde edilebilmektedir. HALS'in yüksek performans sağlaması ve uzun ömürlü olması, stabilizasyon prosesi boyunca tüketilmek yerine yenilenebildikleri bir döngüde aktivite gösteriyor olmalarından kaynaklanmaktadır (McCusker 1999b).

Dış ortam kullanımına uygun döşemelik kumaş, bahçe mobilyası kumaşı, bahçe şemsiyesi kumaşı, tentelik kumaşlar gibi ürünlerde akrilik ipliklerin yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Ancak bu ipliklerin üretim ve tedarikinde yaşanan kısıtlamalar ve fiyatlarının yüksek oluşu polietilen tereftalat (PET), iplikleri bu tür ürünler için iyi bir alternatif haline gelmektedir. PET lifleri de diğer tekstil lifleri gibi uzun süre güneş ışımaya maruz kaldığı zaman olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu olumsuzlukları azaltmak amacıyla çeşitli kimyasal katkı maddelerinin lif üretimi sırasında yapılarına ilave edilmesiyle UV ışınlarına karşı dayanımı artırılmış PET lifleri elde edilebilmektedir.

Dış ortam uygulamalarında kullanılmak üzere geliştirilen ürünlerin performans ölçümleri büyük önem taşır. Dış ortam şartlandırma testleri bu amaçla kullanılır. Dış ortam şartlandırma testleri, belirli iklim koşullarına karşı malzemenin vereceği tepkiyi ve buna bağlı olarak ürün performansının değerlendirilmesi için yürütülen çalışmalardır. Bu testler, gerçek dış ortam şartlarında (gerçek dış ortam şartlandırma testleri) yapılabileceği gibi laboratuvarında bu amaç için üretilmiş cihazlar kullanılarak da (hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri) gerçekleştirilebilir.

Gerçek dış ortam şartlandırma testleri, kendi içinde direkt/doğal dış ortam şartlandırması ve hızlandırılmış doğal dış ortam şartlandırması olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu testlerdeki temel prensip, spesifik bir iklimde, nihai kullanıma uygun olarak, performans beklentisine göre belirlenmiş bir süre boyunca malzemeyi doğal hava şartları altında, açık alanda bekletmektir. Bunun için özel numune tutucu sistemler, ya da numune yerleştirme standları kullanılmaktadır (Şekil 1(a)). Numunenin çeşidi doğrultusunda farklı test standartları izlenebilir.

Hızlandırılmış doğal dış ortam şartlandırma testlerinde hedeflenen, doğal dış ortam testlerinin temel etken faktörlerinin (ışımaya, sıcaklık, nem) şiddetinin artırılarak numunelerin daha kısa sürede degradasyona uğramasını sağlamaktır. Bu testler temel olarak "Equatorial Mount with Mirrors for Acceleration (EMMA)" ve "Equatorial Mount with Mirrors for Acceleration with Water (EMMAQUA)" denilen iki ayrı cihaz ile gerçekleştirilmektedir. Ancak özel uygulamalar için farklı test methodları da bulunmaktadır (Wypych 2013). EMMA test düzeneği, ayna yardımıyla performans beklenen test standardına göre ihtiyaç duyulan hızlandırmayı

sağlayan bir düzenektir. EMMAQUA'nın farkı ise, spreyleme ya da yağmurlama olarak tanımlanan iklimsel döngüleri de test periyoduna ekleyebiliyor olmasıdır (Şekil 1(b)).

Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri güneş ışınmasını simüle eden lambaların kullanıldığı cihazlarda gerçekleştirilir (Şekil 1 (c)). Floresan lambalı, karbon ark lambalı, metal halid lambalı cihazların da yaygın olarak kullanılmasına rağmen performans etkileri ve uygun filtreleme sistemleri ile gün ışığına en yakın simülasyonu sağlaması nedeniyle ksenon ark lambalı cihazlar daha çok tercih edilmektedir. Ksenon lamba, doğru filtrelendiği zaman, doğal UV ve görünür ışığı en iyi simüle eden yapay ışık kaynağıdır. Ksenon ark, kapalı kuvars tüpün içinde yer alan ve gaz akışına duyarlı bir lambadır. Bu ışık kaynağı entegreli cihazlar polimer, plastik, tekstil, boya ve otomotiv endüstrileri için gerçekleştirilen testlerde yaygın olarak kullanılır (Anonim 2015). Şartlandırma cihazının tasarımına bağlı olarak test numuneleri kabin içerisinde yatay ya da dikey olarak yerleştirilebilmektedir. İki ya da üç katlı, hareketli, döner numune yerleştirme mekanizmasına sahip yüksek numune kapasiteli cihazlarda, lambanın kabin ortasında konumlanmış olması nedeniyle tüm numunelerin yüzeyine eşit miktarda ışına ulaşmaktadır.



Şekil 1.(a) Gerçek dış ortam şartlandırmasına bırakılmış numune örnekleri, (b) EMMA/ EMMQUA test düzeneği, (c) Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma test cihazı

Malzeme dayanımı açısından, hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testlerine ait sonuçların, dış ortamda yürütülmüş testlerin sonuçlarıyla ne derece örtüşüğünün anlaşılabilmesi oldukça önemlidir. Spektrumun dışında kalan kısa dalga boylu ışınlar, Sürekli ışığa maruz kalma, özellikle yapay ışık kaynakları ile aşırı ve yüksek seviyeli ışımaya maruz kalma, yüksek numune sıcaklıkları, açık ve koyu renkli malzemeler arasındaki aşırı sıcaklık farkı, sıcaklık döngüsünün olmaması, doğal olmayan oranlarda nem varlığı, kirlilik ve diğer biyolojik organizmaların varlığı gerçek dış ortam şartlandırma testleri ve hızlandırılmış yapay şartlandırma testleri arasında tam bir korelasyon olmamasının nedenlerinden bazılarıdır. (Anonim 2015). Yine yapay şartlandırma testleri hızlı sonuç vermesi ve laboratuvar koşullarında gerçekleştirilebilmeleri nedeniyle sanayide yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu çalışmada HPT türevi bir UV absorblayıcı madde kullanılarak UV ışımaya karşı dayanıklılığı artırılmış PET iplik ve kumaşların hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri sonrasında mekanik özellik ve renklerinde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Şartlandırma testleri 1000 saat gibi nispeten uzun bir süre ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar standart PET iplik ve kumaşların özellikleri ile karşılaştırılarak kullanılan katkı maddesinin PET tekstil mamulünün UV ışımaya karşı direncini arttırmadaki etkisi incelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada numuneler iplik ve kumaş formunda kullanılmıştır.

Çalışmada katkısız PET (referans iplik) ve UV ışımaya karşı dayanımı artırılmış PET (katkılı iplik) olmak üzere iki çeşit iplik kullanılmıştır. Katkılı PET, %1,2 oranında, HPT türevi ticari bir katkı malzemesi olan Tinuvin 1577 ED katkısı ile üretilmiştir. Tinuvin 1577 ED; düşük uçuculuk göstermesi, ince polimerik malzemelerin dış ortam şartlandırma performanslarını iyileştirmesi ve nispeten modern HPT grubunda sayılması nedeniyle yaygın olarak PET ipliklerin UV dayanımını iyileştirmede tercih edilmektedir.

Her iki iplik grubu da yalancı büküm yöntemi ile tekstüre edilmiş formda, 96 filamentli, 300 denye ve ekrü renktedir. İplikler ticari olarak temin edilmiştir.

Kumaş numuneleri referans ve katkı PET ipliklerden, atkı sıklığı 16 atkı/cm ve çözgü sıklığı 30 çözgü/cm olacak şekilde bezayağı örgü yapısında üretilmiştir. Kumaşlar dokunurken atkı ve çözgü ipliği olarak aynı cins iplik kullanılmıştır. Kumaşların üretimi, numune ölçekli CCI Tech Inc. marka dokuma makinesinde gerçekleştirilmiştir. Kumaşlar dokumadan sonra 40°C'de ev tipi yıkama işlemine tabi tutulmuş ve en-boy sabitlemesi için 160°C'de 5 m/dak hız ile ramdan geçirilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. Hızlandırılmış Yapay Dış Ortam Şartlandırma Testleri

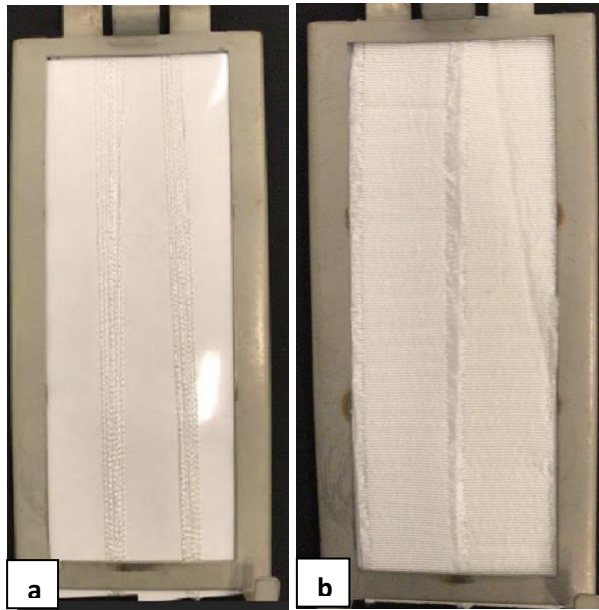
Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testleri, “TS 4460 EN ISO 105-B04 Yapay Hava Şartlarına Karşı Renk Haslıği Ksenon Lamba ile Soldurma Deneyi” standardına göre Atlas marka Ci 3000+ Weather-Ometer cihazında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan standart ile ilgili bilgi Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. TS 4460 EN ISO 105-B04 standardı test parametreleri

Filtre Sistemi	380 – 750 nm arasında %90 ışık geçirgenliğinde	
Lamba Türü	Xenon	
Işıma	300 – 400 nm	42 ± 2 W/m ²
	340 nm	0.35 ± 0.01 W/(m ² nm)
	420 nm	-
Referans Sıcaklık	Kabin Sıcaklığı	Max. 40 °C
	Siyah Panel Sıcaklığı	Max. 60 °C
	Siyah Standart Sıcaklığı	-
Su Spreyleme Döngüsü	29 dakika kuru, 1 dakika ıslak döngü, sürekli ışımaya	

İplik ve kumaş numuneleri PVC kaplanmış karton kartela üzerine sabitlenerek cihazın numune tutucu aparatlarına uygun halde hazırlanmıştır (Şekil 2). Karton kartelanın PVC ile kaplanması nedeniyle, dış ortam şartlandırma testi süresince, yağmurlama ve kabin içi yüksek nem oranından kartelanın numunelerin cihaz içindeki konumlarının değişmesini önlemektir.

Dış ortam şartlandırma testi 1000 saat süre ile gerçekleştirilmiş olup, sıfırinci saatten başlamak kaydıyla her 250 saatte bir referans ve katkılı iplik ve kumaş numunelerindeki kopma mukavemeti, kopma uzaması ve renk değişimleri ölçülmüştür.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan numunelerin numune tutucu üzerindeki yerleşim; a) İplik numuneleri, b) Kumaş numuneleri

2.2.2. Çekme Deneyleri

Çekme deneyleri Textechno Statimat Me+ test cihazında gerçekleştirilmiştir. Dış ortam şartlandırma testlerinin yapıldığı Atlas Ci 3000+ Weather-Ometer cihazına numuneler standart ve belirli ölçüleri olan numune tutucular arasına yerleştirilmiştir (Şekil 2). Bu nedenle numune boyutları herhangi bir çekme testi standardına göre ayarlanamamıştır. Numuneler, şartlandırma test cihazının numune tutucularının olarak verdiği uzunlukta kullanılmak zorunda kalmıştır. Çekme test cihazının hızı ise numuneler 20 saniye içinde kopacak şekilde optimize edilmiştir. Çalışmada kullanılan çekme deneyi parametreleri Tablo 2’de verilmiştir. Yük taşıma

kapasitesi çözgü yönünde daha fazla olduğu için dış ortam şartlandırılmasına maruz bırakılmış kumaş numuneleri için çekme deneyleri sadece çözgü yönünden alınan numuneler için gerçekleştirilmiştir.

İplik ve kumaş numunelerinin kopma mukavemetleri ve kopma uzamaları her 250 saatte bir ölçülmüştür. Sıfırinci saat değerlerine oranla, her 250 saatte bir alınan ölçüm sonuçlarının numune üzerinde yarattığı % kopma mukavemeti ve kopma uzaması değişimleri hesaplanmıştır.

Tablo 2. Çekme Deneylerinde Kullanılan Test Parametreleri

Parametre	İplik Parametreleri	Kumaş Parametreleri
Numune Genişliği (mm)	-	20
Çeneler Arası Mesafe (mm)	100	100
Ön Gerilim (N)	2	2
Çene Hareket Hızı (mm/dk)	100	100

2.2.3. Renk Değişimi Ölçümü

Referans ve katkılı kumaş numunelerindeki sararma Datacolor Spektraflash SF600X cihazında yapılan renk ölçümleri ile belirlenmiştir. Ölçümler her 250 saatte bir şartlandırma kabininden çıkartılan numunelere uygulanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

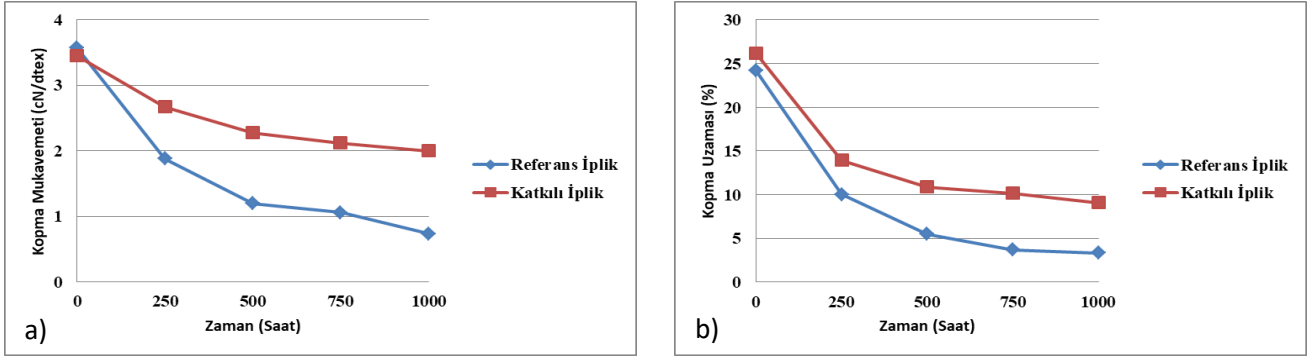
Hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testlerinin etkisi ile iplik ve kumaş numunelerinde meydana gelen değişim her 250 saatte bir çekme testleri ve renk değişimi ölçümleri ile incelenmiş ve sonuçlar numunelerin işlem öncesindeki durumları ile karşılaştırılmıştır. Çekme testlerinin sonuçları Tablo 3,4 ve Şekil 3,4'te verilmiştir.

Şartlandırma öncesinde referans ipliklerin katkılı ipliklere göre daha yüksek kopma mukavemeti ve daha düşük kopma uzaması değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Katkı maddeleri polimer yapısının saflığını bozarak mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkileyebilir. Burada da benzer bir durum gözlenmiştir. Üretim sırasında PET liflerinin yapısına bu liflerin UV ışımaya karşı dayanıklılıklarını arttırmak amacıyla ilave edilen HPT türevi kimyasal malzemeler kopma mukavemetinde düşüşe, kopma uzamasında ise bir artışa sebep olmuştur (Tablo 3).

İlk 250 saatlik şartlandırma testlerinin sonuna yapılan çekme deneyleri referans ipliklerin katkılı ipliklere göre belirgin oranda mukavemet kaybına uğradığını göstermiştir. Referans iplikler, kopma mukavemeti değerlerinin yaklaşık %45'ini kaybederken bu kayıp katkılı ipliklerde sadece %22 olmuştur. Benzer durum kopma uzamasında da gözlenmiştir. Referans ipliğin kopma uzaması %58 oranında azalırken, katkılı ipliğin kopma uzaması %46 oranında azalmıştır. Değerlerdeki bu düşüş 1000 saatin sonuna kadar devam etmiş ve 1000 saat sonunda referans ipliğin kopma mukavemeti %79, kopma uzaması ise %90 oranında azalmıştır. Bu durum, katkılı ipliklerde kopma mukavemetinde %42 ve kopma uzamasında %65'lik bir azalma olarak gözlenmiştir. Sonuçlar UV ışımının, PET ipliklerinin uzama davranışları üzerinde, kopma mukavemetlerine oranla daha etkili olduğunu göstermektedir. Ayrıca UV ışımaya karşı dayanıklılık kazandırması beklenen HPT türevi katkı maddelerinin etkili olduğu ve PET ipliklerin kopma mukavemeti ve kopma uzaması değerlerindeki kayıpları belirgin bir şekilde engelledikleri görülmüştür (Şekil 3).

Tablo 3. İplik Numunelerine Uygulanan Çekme Deneylerinin Sonuçları

Ölçüm Süresi (Saat)	Numune	Kopma Mukavemeti (cN/dtex)	Kayıp (%)	Kopma Uzaması (%)	Kayıp (%)
0	Referans	3,57	-	24,24	-
	Katkılı	3,45	-	26,18	-
250	Referans	1,88	45,63	10,01	58,70
	Katkılı	2,67	22,60	13,93	46,79
500	Referans	1,2	66,38	5,51	77,26
	Katkılı	2,28	33,91	10,89	58,40
750	Referans	1,06	70,30	3,71	84,69
	Katkılı	2,12	38,55	10,15	61,22
1000	Referans	0,74	79,27	2,34	90,35
	Katkılı	2,0	42,02	9,07	65,35

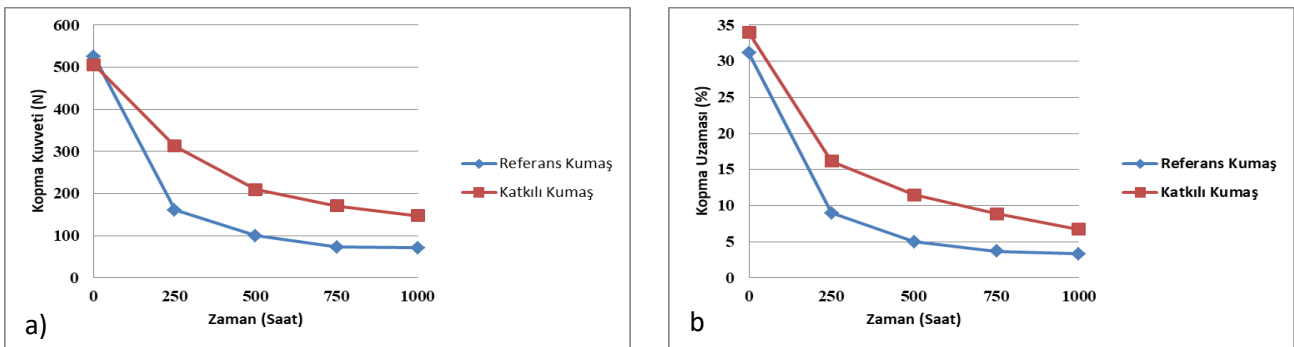


Şekil 3. İplik Numunelerinin Mekanik Özelliklerinin Hızlandırılmış Yapay Dış Ortam Şartlandırma Test Süresine Bağlı Olarak Değişimi; a)Kopma Mukavemeti, b)Kopma Uzaması

Kumaş numunelerinin çekme deney sonuçları incelendiğinde iplik numunelerine benzer durumun söz konusu olduğu görülmüştür. Şartlandırma testlerinden önce katkılı kumaş, referans kumaşa göre daha düşük kopma kuvveti ve daha yüksek kopma uzaması değerleri vermiştir (Tablo 4). Buna ilave olarak yine iplik numunelerinde olduğu gibi, en büyük mekanik kayıplar ilk 250 saatte görülmüştür. Numuneler başlangıç kopma yüklerinin ve kopma uzamalarının yaklaşık %70'ini ilk 250 saatte kaybetmiştir. Bu süre zarfında katkılı PET ipliklerden üretilen kumaşlar sadece %38 civarında bir kopma yükü ve yaklaşık %53 oranında bir kopma uzaması kaybına uğramıştır (Şekil 4). Daha sonra kayıp hızı azalmış ancak değerlerdeki düşüş devam etmiştir. 1000 saat sonunda referans kumaşların kopma kuvveti değerlerinde %86, katkılı numunelerin kopma kuvvetlerinde ise %70 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Kopma uzaması değerlerinde ise test sonunda referans kumaşta yaklaşık %86, katkılı kumaşta ise yaklaşık %71'lik bir kayıp meydana gelmiştir. Çekme deneylerinin sonuçları, katkı maddelerinin PET iplik ve kumaş numunelerinin mekanik özelliklerindeki kayıpları belirgin bir şekilde önlediğini göstermektedir.

Tablo 4. Kumaş Numunelerine Uygulanan Çekme Deneylerinin Sonuçları

Ölçüm Süresi (Saat)	Numune	Kopma Kuvveti (N)	Kayıp (%)	Kopma Uzaması (%)	Kayıp (%)
0	Referans	525,77	-	31,13	-
	Katkılı	505,96	-	33,98	-
250	Referans	161,04	69,37	8,99	71,12
	Katkılı	312,76	38,18	16,13	52,53
500	Referans	100,01	80,97	4,99	83,97
	Katkılı	209,27	58,63	11,47	66,24
750	Referans	73,27	86,06	3,70	88,11
	Katkılı	170,79	66,24	8,86	73,92
1000	Referans	71,12	86,47	3,29	89,43
	Katkılı	147,75	70,79	6,72	80,22



Şekil 4. Kumaş Numunelerinin Mekanik Özelliklerinin Hızlandırılmış Yapay Dış Ortam Şartlandırma Test Süresine Bağlı Olarak Değişimi; a)Kopma Mukavemeti, b)Kopma Uzaması

Şartlandırma kabininden çıkarılan numunelerin her 250 saatte bir spektrofotometre yardımı ile renk ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Fotodegradasyonun etkisi, polimerik tekstil malzemelerinde özellikle parlaklık kaybı ve sararma olarak kendini gösterdiği ve numuneler ekru (ham, boyasız) renkte olduğu için, renk ölçümü sonrası b değerindeki değişim dikkate alınmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Δb değeri, numunenin sarılık değerindeki değişimi ifade ederken, ΔE değeri renk değişimindeki toplam farkı ifade etmektedir.

Referans kumaş numunelerinin Δb değerlerinde 1000 saatin sonuna kadar kademeli olarak artış görülmüştür. En büyük değişim 250'nci saatten 500'üncü saate geçerken gözlemlenmiştir. Katkılı kumaş numunelerinin renk ölçümlerinde ise varyasyon gözlemlenmiştir. Dış ortam şartlandırma testleri uzun zaman alan ve yüksek maliyetli testlerdir. Ayrıca cihaz kabininde belirli sayıda

numune yerleştirilmesi için yer bulunmaktadır. Bu kısıtlamalar nedeniyle testler çok tekrarlı yapılamamıştır. Bu nedenle varyasyonun kaynağını tam olarak belirlemek mümkün olamamıştır. Ancak referans kumaş numuneleri ile karşılaştırma yapıldığında, 1000 saat sonunda, katkılı kumaş numunelerinin neredeyse %25 daha az sararma gösterdiği tespit edilmiştir.

Referans ve katkılı kumaş numunelerinin 1000 saat şartlandırma boyunca toplam renk değişimleri incelendiğinde, referans kumaş numunelerinin renklerinin başlangıç renklerine göre yaklaşık iki kat bir değişime uğradığı gözlenmiştir. Katkılı kumaş numunelerinin ise kısmen renklerini koruduğu, sadece %30 civarında bir renk değişimine uğradığı tespit edilmiştir. Bu da kullanılan katkı malzemesinin kopma kuvveti ve kopma uzaması değerlerindeki kaybı önleyici etkisinin yanısıra renk değişimi üzerinde de pozitif etkisinin olduğunu ortaya koymuştur.

Tablo 5. Renk Değişimi Ölçümlerinin Sonuçları

Ölçüm Süresi (Saat)	Referans Kumaş		Katkılı Kumaş	
	Δb	ΔE	Δb	ΔE
250	2,39	2,79	2,32	2,37
500	3,33	4,74	2,09	2,21
750	3,94	6,38	3,27	4,02
1000	4,08	6,72	3,01	3,57

4. Sonuç

Bu çalışmanın amacı, PET tekstil ürünlerine dış ortam şartlarına karşı dayanım kazandırması beklenen HPT bazlı UV absorblayıcı katkı maddesi Tinuvin 1577 ED'nin, bu malzemelere performans avantajı sağlayıp sağlamadığının tespit edilmesidir. Bu amaçla katkısız (referans) ve UV direnci artırılmış (katkılı) PET iplik ve kumaş numuneleri gerçek dış ortam şartlarını simüle eden hızlandırılmış yapay dış ortam şartlandırma testlerine 1000 saat süre ile tabii tutulmuştur.

Şartlandırma testleri öncesinde numunelere yapılan çekme deneyleri, katkı maddelerinin PET iplik ve kumaşların kopma mukavemetlerinde azalmaya, kopma uzamalarında ise artışa neden olduğunu göstermiştir. UV ışımının etkisiyle tüm numunelerin mekanik özelliklerinde bir azalma gözlenmiştir. Tüm numuneler için en hızlı azalma ilk 250 saatin sonunda tespit edilmiştir. Mekanik özelliklerdeki kayıp, şartlandırma testleri sonlandırılana kadar devam etmiştir. 1000 saatlik şartlandırmanın sonunda referans ipliklerin kopma mukavemeti %79, kopma uzaması %90 oranında azalmıştır. Bu durum katkılı ipliklerde, %42 kopma mukavemeti ve %65 kopma uzaması kaybı olarak gözlenmiştir.

Kumaş numunelerinde de benzer durum tespit edilmiştir. 1000 saatin sonunda referans kumaşların kopma kuvveti değerlerinde %86, katkılı numunelerin kopma kuvvetlerinde %70 oranında bir azalma tespit edilmiştir. Kopma uzaması değerlerinde ise test sonunda referans kumaşta yaklaşık %86, katkılı kumaşta yaklaşık %71'lik bir kayıp meydana gelmiştir.

Şartlandırma testleri sonunda katkılı kumaş numunelerinin referans numunelere oranla yaklaşık %25 daha az sararma gösterdiği gözlenmiştir.

Sonuçta HPT türevi bir katkı maddesi olan Tinuvin 1577 ED'nin PET iplik ve kumaşlarının UV ışımaya karşı dirençlerini arttırmada etkili oldukları tespit edilmiştir. Bu katkı maddesi kullanılarak üretilen PET tekstil mamullerinin katkısızlara oranla daha uzun süre açık hava koşullarında özelliklerini koruyarak kullanılacakları söylenebilir.

Teşekkür

Bu çalışma, yazarlardan Nimet Doğmuş Yılmaz'ın yüksek lisans tezinden hazırlanmıştır.

Kaynakça

- Anonim, (2012). <https://adhesives.specialchem.com/selection-guide/uv-light-stabilizers-state-of-the-art/ultraviolet-absorbers> (Erişim tarihi:18.05.2017).
- Anonim, (2015). Weathering Testing Guidebook. <http://www.strenometer.dk/Files/Downloads/Guidebook.pdf> (Erişim tarihi:24.12.2018).
- Gugumus, F. (2002). Possibilities and limits of synergism with light stabilizers in polyolefins 2. UV absorbers in polyolefins. *Polymer Degradation and Stability*, 75(2), 309-320.
- McCusker, M. (1999a). A UVA-HALS Primer: Everything You've Ever Wanted to Know About Light Stabilizers Part 1, *Metal Finishing*, 97(5), 51-53.
- McCusker, M. (1999b). A UVA-HALS Primer: Everything You've Ever Wanted to Know About Light Stabilizers Part 2. *Metal Finishing*, 97(6), 83-86.
- Schaller, C., Rogez, D., & Braig, A. (2009). Hindered amin light stabilizers in pigmented coatings. *Journal of Coating Technologies and Research*, 6(1), 81-88.
- Wypych, G. (2013). *Handbook of Material Weathering*. Toronto: Chemteg Publishing.



Recognizing Musical Notation Using Convolutional Neural Networks

Ahmad Othman¹, Cem Direkoğlu^{2*}

¹ Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, 99738 Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey (ORCID: 0000-0001-8156-8965)

² Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, 99738 Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey (ORCID: 0000-0001-7709-4082)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823266)

ATIF/REFERENCE: Othman, A. & Direkoğlu, C. (2020). Recognizing Musical Notation Using Convolutional Neural Networks. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 283-290.

Abstract

Musical scores are the essential of music theory and its development. Musical notation was developed by Greeks around 521 BCE, considering that music was developed a long time ago will find a gap between new musical technology and old scripts of music theory since they were written in. However, having music scores in written form has risen various kinds of problems for music information retrieval (MIR). Music notation recognition is a type of optical character recognition (OCR) applications, which allow us to recognize musical scores and convert it to a format that can be edited or played on computer such as musicXML (for page layout). In this paper, we introduce a Convolutional Neural Networks (CNN) based framework for musical notation recognition in images. We use a popular pre-trained CNN network, namely ResNet-101 to extract global features of notation and rest images. Then, a Support Vector Machine (SVM) is employed for training and classification purpose. ResNet-101 is one of the state-of-art pre-trained network for image recognition, ResNet-101 trained with more than a million images. Multiclass SVM classifiers using a fast-linear solver is also very powerful classifier. We also evaluated the proposed approach on a dataset that was derived from Attwenger, P RecordLabel and OMR-dataset, and then labeled manually by music theory. As a result, we can separate notes and rests from each other with an average accuracy of 99.02%. We can also classify five different note types. This is the first time that Resnet-101 and a SVM is combined together to perform musical notation recognition, and results are very promising.

Keywords: Optical music recognition, convolutional neural networks, support vector machine, notation recognition.

Evrişimli Sinir Ağlarını Kullanarak Müzik Notasyonunu Tanıma

Öz

Müzik notaları, müziğin gelişiminde kritik bir rol oynar. Yüzyıllar boyunca müzik, ister bestecisinin el yazması isterse herhangi bir yazılı versiyon olsun, resim biçiminde tutulmuştur. Bununla birlikte, müzik notalarının resim biçiminde arşiv edilmesi, müzik bilgilerinin alınması için birçok zorluğu doğurmuştur. Müzik notası tanıma, MIDI (çalma için) ve musicXML (sayfa düzeni için) gibi, müzik notalarının düzenlenebilecek veya çalınabilecek şekilde tanınmasına izin veren optik karakter tanıma (OCR) uygulamalarından biridir. Bu yazıda, görüntülerde nota tanıma için Evrişimli Sinir Ağları (CNN) tabanlı bir çerçeve öneriyoruz. Not ve dinlenme görüntülerinin genel özelliklerini çıkarmak için, önceden eğitilmiş popüler bir CNN ağı, yani ResNet-101'i kullanıyoruz. Ardından, eğitim ve sınıflandırma amacıyla bir Destek Vektör Makinesi (SVM) kullanılır. ResNet-101, görüntü tanıma için son teknoloji ürünü önceden eğitilmiş ağlardan biridir, ResNet-101 bir milyondan fazla görüntüyle eğitilmiştir. Hızlı bir doğrusal çözücü kullanan çok sınıflı SVM sınıflandırıcılar da çok güçlü bir sınıflandırıcıdır. Çalışmamızı test etmek için, deneyimizde veri seti Attwenger, P RecordLabel ve OMR-veri setinden türetilmiş ve ardından müzik teorisi ile manuel olarak etiketlendi. Sonuç olarak, notaları ve dinlenmeleri birbirinden %99.02 oranında doğru bir şekilde ayırabiliriz. Ayrıca beş farklı not türünü sınıflandırabiliriz. Bu çalışmada, Resnet-101 ve bir SVM'in ile kez birleştirilerek müzik notası tanıma için bir araya getirilmiştir ve sonuçlar çok umut vericidir.

Anahtar Kelimeler: Optik müzik tanıma, evrişimli sinir ağları, destek vektör makinesi, nota tanıma.

* Corresponding Author: Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey. ORCID: 0000-0001-7709-4082, cemdir@metu.edu.tr

1. Introduction

Optical Music Recognition (OMR) is mainly musical notation recognition in images. OMR is a difficult task and can be considered as application of optical character recognition (OCR) (Casey et al., 2008; Bainbridge and Bell, 2001). Generally, a conventional OMR system contains four basic steps as follows (Good and Actor, 2003): (1) Pre-processing of images, (2) recognition of musical symbols, (3) transformation of musical notation, and (4) encoding of musical notation. On the other hand, modern techniques are based on Deep Learning. Two main approaches are used for Optical Music Recognition (OMR): Approaches that are based on object detection and approaches that are based on sequential recognition. Related work is summarized below.

1.1. Approaches based on Object Detection

Due to the rapid developments in computer vision technologies recently, the OCR applications have been positively involved in the CNN applications (LeCun, et al., 2015). Many object detection algorithms appeared and classified into 2 categories: One-stage detection algorithms and two-stage detection algorithms. The extra stage in the second category is basically the regional proposal stage, this stage gives higher accuracy in the two-stage detections but with lower speed compared to the single stage algorithms. YOLO (LeCun, et al., 2015; Rebelo et al., 2012; Redmon et al., 2015), SSD (Liu et al., 2016) and retina-net (Lin et al., 2017) are examples for the one-stage algorithms, while Fast R-CNN (Girshick, 2015), Faster R-CNN (Ren et al., 2015), and R-FCN (Dai et al., 2016) are examples on the two-stage algorithms. (Pacha et al., 2018) offered a framework for the detection of music objects. In his work, he used three different object recognition methods (u-net (Ronneberger et al., 2015), Faster R-CNN and RetinaNet) on three different datasets (deep scores (Tuggener et al., 2018), MUSCIMA++ (Hajić and Pecina, 2017) and capital) to recognize musical notes. (Hajić et al., 2018) also uses two steps to detect the notes. In the initial stage, score images are input that are segmented as binary images, which lead into classification problems composed of a set of binary pixels. The experiments were carried out on MUSCIMA++ dataset. Their results are presented as symbols according to f-score measures. (Tuggener et al., 2018B) projected the Deep Watershed Detector. They used ResNets (He et al., 2015) to find the density map and use it to predict location class of each symbol this method let us use an entire image without cropping each staff. It was working well on small symbols, but it raised a problems such as inaccurate bounding boxes and unrecognizing rare classes.

1.2. Approaches based on Sequential Recognition

In this approach instead of training a single separate musical symbol, the whole line of music paper is translated at the same time. Convolutional neural networks (CNN) and recurrent neural networks (RNN) are most used in such approaches, CNNs can extract features and combine them with the structure of an image, therefore convolutional architecture has become a famous among objects recognition. Another sequence-to-sequence model is RNN which is often used in machine translation (Cho, et al., 2014; Sutskever et al., 2014). (Van der Wel and Ullrich, 2017) presented the Convolutional Sequence-to-Sequence network, which utilizes CNN in order to convert the input into series of vectors. Then RNN encodes the vector sequence into a fixed-size illustration. Finally, it uses the RNN to decode the fixed size into a tag sequence represents the output. The experiment gave good results and was able to demonstrate the pitch, note accuracy, and time. (Calvo-Zaragoza and Rizo, 2018) extracted features from printed music sheet using a CNN and feed them into a Recurrent Neural Network. They faced a problem with misalignment of different scores image labels, but they were able to solve it using a Connectionist Temporal Classification (CTC) loss function.

Proposed approach is explained in Section 2. Section 3 clarifies musical notation basics. Section 4 talk about the dataset and implementations. Evaluations and results are discussed in Section 5. Section 6 is conclusions.

2. Proposed Approach

We use ResNet-101 (ResNet, 2015) ResNet-101 is a pre-trained CNN model that is uses image feature extraction. Note and rest images are input to ResNet-101 for feature extraction. Our network contains up to 152 layers. ResNet-101 was generated with residual representation-based learning. This network has an advantage of skipping connection that can fit the input from the previous layer into the next layer without any need of modification from the input. Skip connection yields a deeper network. ResNet became the Winner of ILSVRC 2015 in image recognition and classification tasks. In addition to that it also won MS-COCO 2015 image detection, and segmentation challenge.

Figure 1 shows ResNet101 architecture (ResNet, 2015). It consists of three parts: (1) VGG-19, (2) 34-layer plain network and (3) 34-layer residual network. (1) The VGG-19 is improved version of the VGG-16. It is a CNN with 19 layers. It was built by stacking convolutions (2) 34-layer plain network was inspired from VGG-19, which is a deeper network that contains more convolutions layers. (3) Finally, 34-layer residual network (ResNet) is a deep network that includes additional skip/shortcut connections. ResNet contains three kinds of shortcuts/skip connections: (A) shortcut achieves identity mapping, with extra zero fillings for increasing dimensions. (B) The projection shortcut performs increasing dimensions only, the other shortcuts are identity. Which mean we need extra parameters. (C) All shortcuts are projections. Thus, we need more extra parameters. CNN network of ResNet-101 is trained using a million images from the ImageNet database. As a result, the network is rich with features from a range of images. After feature extraction with Resnet101, we train multiclass SVM classifiers using a fast-linear solver. Then, test notation images are input to SVM for classification.

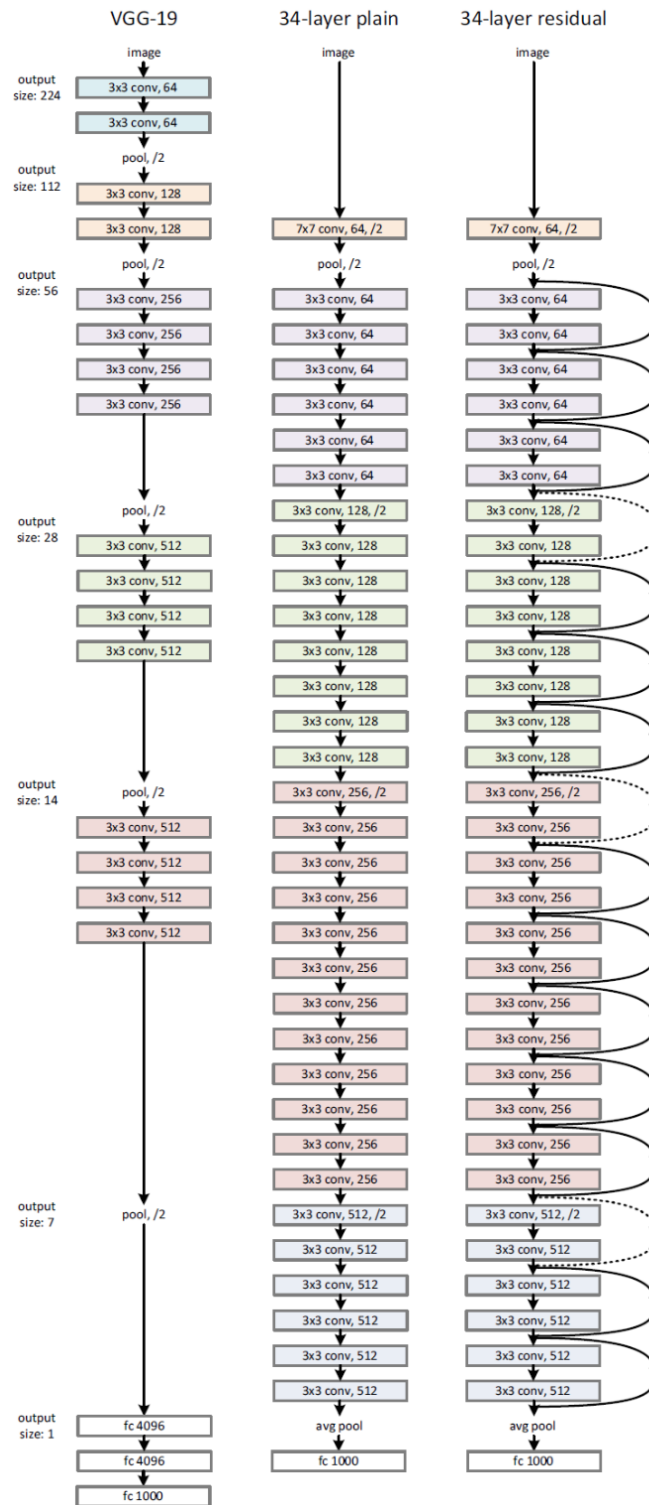


Figure 1. ResNet101 Architecture (ResNet, 2015).

3. Musical Notation Basics

One of the common systems that are used to identifying a musical score is Western musical notation and a complex one too. It can describe uncountable aspects of any music piece, understand such system is a field of study by its own, and describing it comprehensively would take time and a lot of resources which would go outside the scope of this paper. Therefore, we will only cover the aspects that is related to the classification process. In western musical notation staff represents the five horizontal lines and the four spaces between, each one of them represents a different pitch. Notes represents a musical sound and rests represents the absence of sound. Pitch represents the frequency of vibration produced by a sound wave. The vertical placement of a note on the staff shows the pitch of that note.

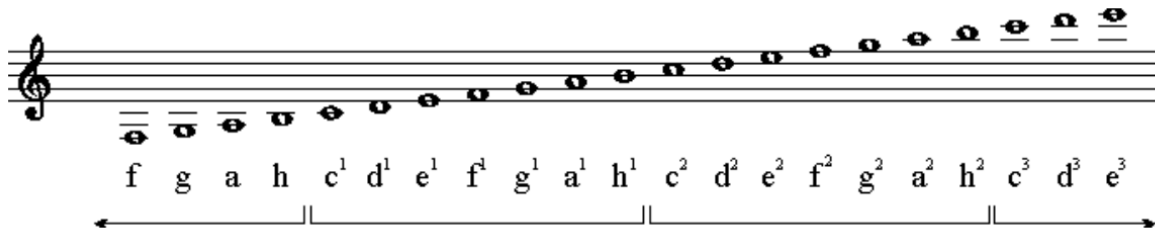


Figure 2. Musical notes with different pitches.

There are many systems to define a tone. In the work we used Helmholtz designation where the Middle C (261.6 Hz) is represented by the name c1. However, we should note that the English system call the same tone C4 which is used in MusicXML. The duration of a note or a rest is represented by its symbol as shown in Figure 3 and Figure 4 below. As noted, we have seven durations for a note and six for a rest combining it with the pitch (vertical placement) we would be able to read that score and play it.



Figure 3. Note durations expressed as fractions.

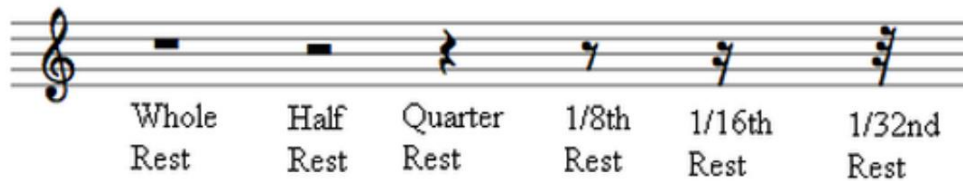


Figure 4. Rest durations.

4. Dataset Preparation and Implementations

The dataset in our experiment was taken from Attwenger, P RecordLabel (Attwenger, 2015) and OMR-dataset and then labeled manually by music theory. In our approach, first pre-processing is applied to the dataset. Then, we handle distortions. Finally, the network is built using ResNet101 and trained for the recognition of musical notation. This section explains the details.

4.1. Image Pre-processing

OpenCV Python script was used to normalize the images. A size of 75×75 pixels was applied. Skew Correction, Thinning and Skeletonization and noise removal are also applied to the dataset.

4.2. Distortions

When we are dealing with image recognition, it is more robust resultings when applying distortions to images before bulding the classifier. However, distortions should be naturally happened due to normal cases. here are the three types of distortions we considered in our data:

One technique of achieving more robust recognition is to apply distortions to the images before using them. However, those distortions should be like to the ones that also happen naturally in the data. There are three types of distortions were considered in musical data sheets:

1. Rotation: In such documents rotation due to scanning is common. As a result, some notes near edges may not appear.
2. Skewing: such problem rises when the lid of the scanner is not closed correctly. For example, if a book was scanned the edge regions of the papper could suffer from this distortion.
3. Noise: such document is more likely to have noise raise from scanning devices, cameras, lights, etc. In our example, it may be visible as ink blisters in white spaces and vice versa. In addition to that the scanners could sometimes make wrong configuration,

resulting in gray or black areas that should be white, for example scanning a page with cut off edges. We applied all distortions to the images in the training set.

Rotation was applied through affine transformation. “salt and pepper” noise with variable degrees of white and black was implemented. Skewing was approached through shearing.

Layer (type)	Output Shape	Param #
conv2d_70 (Conv2D)	(None, 73, 73, 32)	896
activation_63 (Activation)	(None, 73, 73, 32)	0
max_pooling2d_63 (MaxPooling)	(None, 36, 36, 32)	0
batch_normalization_101 (Bat	(None, 36, 36, 32)	128
dropout_101 (Dropout)	(None, 36, 36, 32)	0
conv2d_71 (Conv2D)	(None, 34, 34, 32)	9248
activation_64 (Activation)	(None, 34, 34, 32)	0
max_pooling2d_64 (MaxPooling)	(None, 17, 17, 32)	0
batch_normalization_102 (Bat	(None, 17, 17, 32)	128
dropout_102 (Dropout)	(None, 17, 17, 32)	0
conv2d_72 (Conv2D)	(None, 15, 15, 32)	9248
activation_65 (Activation)	(None, 15, 15, 32)	0
max_pooling2d_65 (MaxPooling)	(None, 7, 7, 32)	0
batch_normalization_103 (Bat	(None, 7, 7, 32)	128
dropout_103 (Dropout)	(None, 7, 7, 32)	0
conv2d_72 (Conv2D)	(None, 15, 15, 32)	9248
activation_65 (Activation)	(None, 15, 15, 32)	0
max_pooling2d_65 (MaxPooling)	(None, 7, 7, 32)	0
batch_normalization_103 (Bat	(None, 7, 7, 32)	128
dropout_103 (Dropout)	(None, 7, 7, 32)	0
conv2d_73 (Conv2D)	(None, 5, 5, 32)	9248
activation_66 (Activation)	(None, 5, 5, 32)	0
max_pooling2d_66 (MaxPooling)	(None, 2, 2, 32)	0
batch_normalization_104 (Bat	(None, 2, 2, 32)	128
dropout_104 (Dropout)	(None, 2, 2, 32)	0
flatten_11 (Flatten)	(None, 128)	0
dense_50 (Dense)	(None, 128)	16512
batch_normalization_105 (Bat	(None, 128)	512
dropout_105 (Dropout)	(None, 128)	0
dense_51 (Dense)	(None, 82)	10578
Total params: 56,754		
Trainable params: 56,242		
Non-trainable params: 512		

Figure 5. Layers of the Network.

4.3. Building the CNN Network

The network was built by using Resnet101 and by CNN python code using OpenCV and TensorFlow. TensorFlow is preferred because of high speed computation and availability of open-source libraries. It has flexible architecture that enables processing on various platforms such as CPUs, TPUs, GPUs, and on different devices such as computers, servers, mobile devices, embedded systems and edge devices. ResNet101 was developed by a team of engineers and researchers from Google Brain as a part of Google’s Artificial Intelligence (AI) organization. As a result, Google Brain team had a strong contribution to the fields of machine learning and

deep learning. Figure 5 shows one of the ResNet101 models used in our work. We set 'ObservationsIn' to 'columns' to match the arrangements used for training features then train multiclass SVM classifiers using a fast-linear solver.

5. Evaluation and Results

The evaluation setup was as follows. We extracted notes features from ResNet101 and trained them with SVM. The input was single note image with 80:20 train to test split. But we are able to write a code that can split the paper data sheet into single tones and recognize then reconstruct the paper with computer readable notes. Total data was 44,124 images that consisting of 37,500 notes and 6,624 rests split as 80:20 in python code with random selection.

5.1. Results of Note and Rest Classification (Two Classes)

Tables below show the results comes from evaluation test sets for each classification. Table 1 shows classification results for two classes, notes and rests. We used 80% training and 20% testing of the dataset. Results are very accurate, in particular notes are classified with an accuracy of 99.15% and rests are classified with an accuracy of 98.29%. Figure 6 shows the confusion matrix of the results.

Table 1. Experimental results for two classes; note and rest

Class	Accuracy
Note	99.15%
rest	98.29%
Total accuracy = 99.02%	

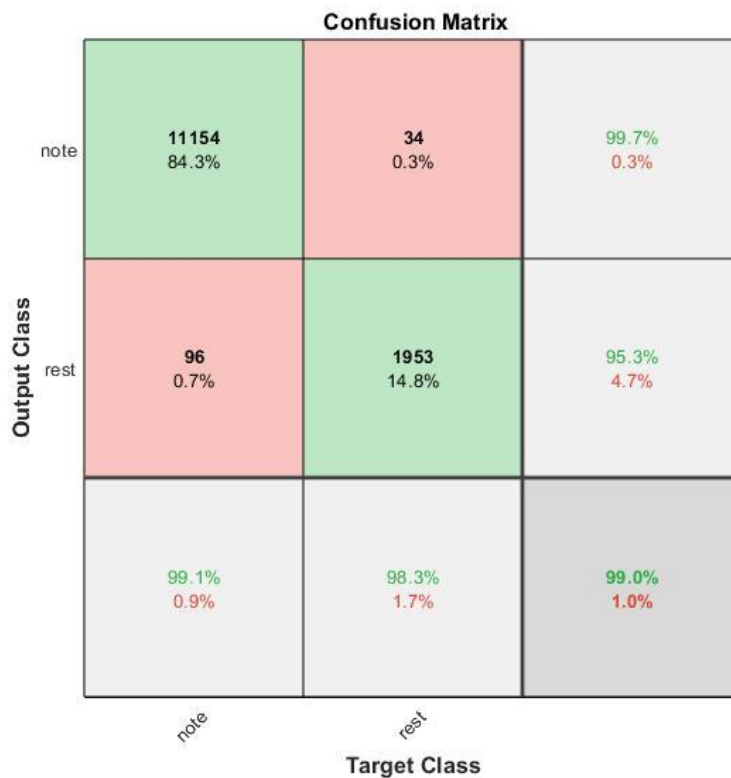


Figure 6. Confusion matrix for two class classification.

5.2. Results of Five Note Classes Classification

Table 2 shows classification results for five note classes. We used 80% training and 20% testing of the dataset. Results show that half, quarter and sixteenth have higher accuracy than others. In particular, half note has a classification accuracy of 99.57%, quarter note has an accuracy of 93.58% and sixteenth has an accuracy of 92.15%. Among the all classes, eighth has the lowest accuracy since it is confused with the sixteenth as shown by the confusion matrix in Figure 7. In overall, the total accuracy is 81.47% in our dataset. The confusion matrix of all five classes are shown in Figure 7.

Table 2. Experimental results for five notation classes

Class	Accuracy
whole	81.25%
half	99.57%
quarter	93.58%
eighth	40.80%
sixteenth	92.15%
Total accuracy = 81.47%	

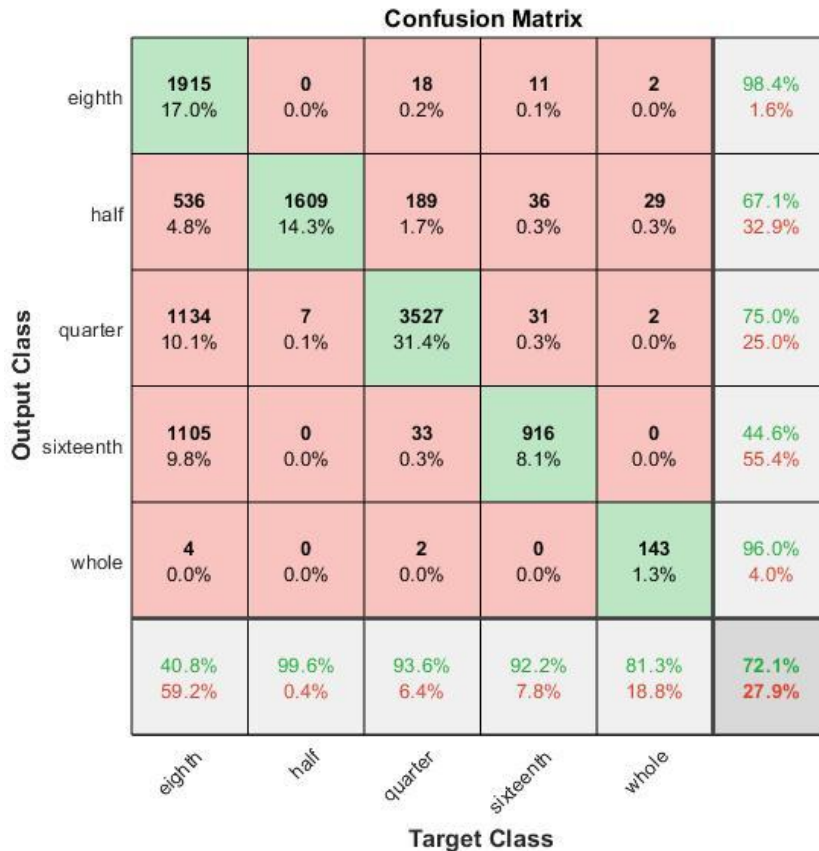


Figure 7. Confusion matrix for five notes classification.

6. Conclusions

We have presented a new approach for musical notation recognition in images. ResNet-101 is employed for rich feature extraction of notations, and then multiclass SVM is used for training and classification. We described the basic concept of musical notations. We explained how to prepare a realistic dataset for musical notations. For evaluation, first we performed classification for rest and note images. Second, we performed classification for five different notation types. Results are very promising. This is the first time that Resnet-101 and a SVM is combined together to perform musical notation recognition.

References

- Attwenger, P. (2015). RecordLabel, <http://homepage.univie.ac.at/a1200595/recordlabel/>
- Bainbridge, D., & Bell, T. (2001). The challenge of optical music recognition. *Comput. Humanit*, 35, 95–121, doi:10.1023/A:1002485918032.
- Calvo-Zaragoza, J., & Rizo, D. (2018). End-to-End Neural Optical Music Recognition of Monophonic Scores, *Appl. Sci*, 8, 606, doi:10.3390/app8040606.
- Casey, M., & Veltkamp, R., & Goto, M., & Leman, M., & Rhodes, C., & Slaney, M. (2008). Content-Based Music Information Retrieval: Current Directions and Future Challenges. In *Proc. of IEEE*, 668–696, doi:10.1109/JPROC.2008.916370.
- Cho, K., & van Merriënboer, B., & Gulcehre, C., & Bahdanau, D., & Bougares, F., & Schwenk, H., & Bengio, Y. (2014). Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation, *arXiv 2014*, arXiv:1406.1078

- Dai, J., & Li, Y., & He, K., & Sun, J. (2016). R-FCN: Object Detection via Region-based Fully Convolutional Networks, arXiv 2016, arXiv:1605.06409.
- Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. arXiv 2015, arXiv:1504.08083.
- Good, M., & Actor, G. (2003). Using MusicXML for file interchange. International Conference on WEB Delivering of Music, 15–17, doi:10.1109/WDM.2003.1233890.
- Hajić, J., & Pecina, P. (2017). The MUSCIMA++ Dataset for Handwritten Optical Music Recognition. IAPR International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR), 39–46, doi:10.1109/ICDAR.2017.16.
- Hajić, J., & Dorfer, M., & Widmer, G., Pecina, P. (2018). Towards Full-Pipeline Handwritten OMR with Musical Symbol Detection by U-Nets. International Society for Music Information Retrieval Conference, 23–27.
- He, K., & Zhang, X., & Ren, S., & Sun, J. (2015). Deep Residual Learning for Image Recognition, arXiv 2015, arXiv:1512.03385.
- LeCun, Y., & Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521, 436–444, doi:10.1038/nature14539.
- Lin, T.Y., & Goyal, P., & Girshick, R., & He, K., & Dollár, P. (2017). Focal Loss for Dense Object Detection, arXiv 2017, arXiv:1708.02002.
- Liu, W., & Anguelov, D., & Erhan, D., & Szegedy, C., & Reed, S., & Fu, C.Y., & Berg, A.C. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision; Springer: Cham, Switzerland, 21–37, doi:10.1007/978-3-319-46448-0_2.
- Pacha, A., & Hajić, J., & Calvo-Zaragoza, J. (2018). A Baseline for General Music Object Detection with Deep Learning, *Appl. Sci.*, 8, 1488, doi:10.3390/app8091488.
- Rebelo, A., & Fujinaga, I., & Paszkiewicz, F., & Marcal, A.R.S., & Guedes, C., & Cardoso, J.S. (2012). Optical music recognition: State-of-the-art and open issues. *Int. J. Multimed. Inf. Retr.*, 1, 173–190, doi:10.1007/s13735-012-0004-6.
- Redmon, J., & Divvala, S., & Girshick, R., & Farhadi, A. (2015). You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection, arXiv 2015, arXiv:1506.02640.
- Ren, S., & He, K., & Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. arXiv 2015, arXiv:1506.01497.
- ResNet, (2015). <https://towardsdatascience.com/review-resnet-winner-of-ilsvrc-2015-image-classification-localization-detection-e39402bfa5d8>
- Ronneberger, O., & Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, arXiv 2015, arXiv:1505.04597.
- Sutskever, I., & Vinyals, O., & Le, Q.V. (2014). Sequence to Sequence Learning with Neural Networks. In *Advances in Neural Information Processing Systems 27*; Ghahramani, Z., Welling, M., Cortes, C., Lawrence, N.D., Weinberger, K.Q., Eds., 3104–3112.
- Tuggener, L., & Elezi, I., & Schmidhuber, J., & Pelillo, M., & Stadelmann, T. (2018). DeepScores—A Dataset for Segmentation, Detection and Classification of Tiny Objects. arXiv 2018, arXiv:1804.00525.
- Tuggener, L., & Elezi, I., & Schmidhuber, J., & Stadelmann, T. (2018B). Deep Watershed Detector for Music Object Recognition, arXiv 2018, arXiv:1805.10548.
- Van der Wel, E., & Ullrich, K. (2017). Optical Music Recognition with Convolutional Sequence-to-Sequence Models, arXiv 2017, arXiv:1707.04877.



Person Re-Identification in Surveillance Videos using Deep Learning based Body Part Partition and Gaussian Filtering

Fatih Aksu¹, Cem Direkoğlu^{2*}

¹ Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, 99738 Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey (ORCID: 0000-0001-5677-2024)

² Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, 99738 Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey (ORCID: 0000-0001-7709-4082)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823257)

ATIF/REFERENCE: Aksu, F. & Direkoğlu, C. (2020). Person Re-Identification in Surveillance Videos using Deep Learning based Body Part Partition and Gaussian Filtering. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 291-296.

Abstract

In this paper, we concentrate on Person Re-Identification (Re-ID) that consists of searching for a person who has been previously observed over a camera network. Person Re-ID is important for searching suspicious or missing persons if we have sample images of the person of interest. Despite the fact that there are many researches on vision-based Person re-identification, it still remains a challenging problem. We propose a person re-identification system using a deep learning based human body part segmentation, and Gaussian filtering based smooth mask generation. A semantic partition technique is used to segment human body parts and generate local binary masks. These masks are deterministic binary images. These binary masks have strict boundaries, and we lose some features with these deterministic masks. Therefore, we apply Gaussian filter for smoothing masks so that features near the boundaries are also taken into account slightly. These smooth masks are applied to the final feature maps generated at the end of network on contrary to other methods which apply mask at the beginning or in the middle of the deep learning network. Therefore, our work is new and different from other works because of using semantic partition and masking at the end of network, as well as our mask are smoothed with Gaussian filter to handle errors during the partitioning stage. We use a well-known pre-trained network, namely ResNet-50, to extract global features, and a method called Cross-Domain Complementary Learning for human body partitioning. Applying Gaussian filtered smooth local masks to the global features, which are extracted at the end of Resnet-50 network, increases the performance of Person Re-Identification system. Evaluation is conducted on a commonly accepted Market-1501 dataset, and results are promising.

Keywords: Person Re-Identification, feature extraction, classification, Deep Learning, Convolutional Neural Networks.

Derin Öğrenme Tabanlı Vücut Bölme ve Gaussian Filtreleme Kullanarak Gözetim Videolarında Kişiyi Yeniden Tanıma

Öz

Bu makalede, daha önce bir kamera ağı üzerinden gözlemlenen bir kişiyi aramak için Kişiyi Yeniden Tanıma (Person Re-Identification) sistemi üzerine yoğunlaşıyoruz. Kişiyi Yeniden Tanıma önemli bir işidir. Örnek olarak kayıp veya şüpheli bir kişinin görüntüleri bulunuyorsa, Kişiyi Yeniden Tanıma sistemi, kişiyi video görüntülerinden bulunmasını sağlayabilir. Bu alanda kişinin yeniden tanımlanmasına ilişkin birçok araştırma olmasına rağmen, bu hala zor bir problem olmaya devam etmektedir ve birçok araştırma bu alanda devam etmektedir. Bu sorunu çözmek amacıyla, makalemizde derin öğrenme tabanlı insan vücudu bölümlü bölümlü ve Gaussian filtreleme tabanlı pürüzsüz maske üretimi kullanarak Kişiyi Yeniden Tanıma Sistemi sunuyoruz. İnsan vücudu parçalarını bölümlere ayırmak ve yerel ikili maskeler oluşturmak için anlamsal bir bölme tekniği kullanıyoruz. Bu maskeler deterministik ikili görüntülerdir. Bu ikili maskelerin katı sınırları vardır ve bu deterministik maskelerle bazı özelliklerin kaybedilmesine sebep verip, performansı düşürmektedir. Bu nedenle, maskeleri pürüzsüz hale getirebilmek için Gaussian filtresi

* Corresponding Author: Middle East Technical University Northern Cyprus Campus, Centre for Sustainability, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kalkanlı, Güzelyurt, Northern Cyprus, Mersin 10, Turkey. ORCID: 0000-0001-7709-4082, cemdir@metu.edu.tr

uyguluyoruz, böylece sınırlara yakın özellikler de performansa biraz katkı sağlıyor. Bizim geliştirdiğimiz metodumuzda, bu pürüzsüz maskeler, derin öğrenme ağının başında veya ortasında maske uygulayan diğer yöntemlerin aksine, ağın sonunda oluşturulan son özellik haritalarına uygulanmaktadır. Bu nedenle, işimiz yeni ve diğer çalışmalardan farklıdır çünkü ağın sonunda anlamsal bölümlenme ve maskeleyme kullanmanın yanı sıra bölümlenme aşamasında hataları gidermek için maskemiz Gaussian filtresi ile pürüzsüz hale getirilmiştir. Global özellikleri çıkarmak için iyi bilinen önceden eğitilmiş bir ağ olan ResNet-50'yi ve insan vücudunun bölümlenmesi için Alanlar Arası Tamamlayıcı Öğrenme adlı bir yöntemi kullanıyoruz. Resnet-50 ağının sonunda çıkarılan global özelliklere Gaussian filtrelili pürüzsüz yerel maskelerin uygulanması, kişiyi yeniden tanıma sisteminin performansını artırıyor. Değerlendirme, yaygın olarak kabul edilen Market-1501 veri kümesi üzerinde gerçekleştirilmiştir ve sonuçlar umut vericidir.

Anahtar Kelimeler: Kişiyi Yeniden Tanıma, özellik çıkarma, sınıflandırma, Derin Öğrenme, Evrişimli Sinir Ağları.

1. Introduction

Surveillance video analysis is required for safety and security of human beings. There are surveillance control rooms where the videos captured by surveillance cameras are monitored by human operators. However, monitoring many recorded videos continuously is a difficult process, and almost impossible for a person to follow many videos continuously. Computer vision technology is required to automatically detect and recognize objects, and analyze videos for action recognition and behaviour analysis. In our work, we developed a Person Re-Identification (Re-ID) algorithm that is about searching for a person who has been previously captured by a camera network. In particular, Person Re-ID is important for searching suspicious or missing persons if we have sample images of the person of interest. A typical application scenario of person Re-ID can be considered as follows: We have a network of video surveillance cameras monitoring a large public space. A little girl wearing green dress was lost in a shopping mall, or on a street. The girl is seen at first by a camera located at some point. Then the images of the little girl are input to the system for person re-identification in a camera network. A person Re-ID system should associate these images to the same identity and retrieve the same person and the most similar individuals as a result of Re-ID. Despite the fact that there are some researches on vision-based Person re-identification (Leng, et al., 2020; Zheng et al., 2016; Lavi et al., 2018), it still remains a challenging problem and practically not applicable. To achieve Person Re-ID, two important problems should be solved: Person detection and recognition. If an image of a person is given as a query image, the system retrieves the same and similar persons, together with location and time information in the surveillance network. In our research, we concentrate on recognition part that consist of feature extraction and similarity calculation between the queried person and the persons detected in the video frames.

Person Re-ID techniques mainly divided into two approaches: Deep Learning systems (Zheng et al., 2016; Lavi et al., 2018) and Hand-Crafted Feature systems. In Hand-Crafted Feature systems (Hamdoun et al., 2008; Farenzena et al., 2010; Cong et al., 2009; Karaman and Bagdanov, 2012), features and information are extracted from the image itself. For example, some simple Hand-Crafted features which can be extracted from images are edges, corners and color. In (Farenzena et al., 2010), the SURF features have been used as local features to detect and represent points of interest (corners) inside of short video segments. In order to optimize the matching performance and speed up the matching process, these SURF features are indexed in the KD-tree. (Cong et al., 2009) used the manifold geometric structures within video segments to generate more compact spatial descriptors with color-based features. (Karaman and Bagdanov, 2012) designed a conditional random field (CRF) model to incorporate constraints in the spatial and temporal domains for Person Re-ID. The Hand-Crafted Feature systems are considered to be older works, they are less accurate than Deep Learning methods since the features are extracted with human decision. On the other side, Deep Learning based systems automatically learn the features from the example images of objects. As a result, Deep Learning-based systems are more robust than Hand-Crafted systems. Additionally, Hand-Crafted systems may be computationally more complex than Deep Learning methods. Hand-Crafted systems may also be more problematic on large datasets in comparison to Deep Learning systems. Since in Hand-Crafted systems, it is difficult to generalize the features using human decision. Conversely, Deep Learning systems are designed to work well with large datasets since as the number of image samples increases, they can better learn and discriminate features.

Recently, convolutional neural networks (CNNs) (Krizhevsky et al., 2012; Simonyan and Zisserman, 2014) proved to be very successful in different computer vision problems. CNN is also known as Deep Learning (DL) system in research community. CNNs have been used for Person Re-ID application as well. A number of DL models have been employed to improve the accuracy of Person Re-ID either by changing the existing DL architectures or designing a new DL architecture. Two main types of DL techniques have been used in Person Re-ID (Lavi et al., 2018): (i) a classification technique for Person Re-ID problem, and (ii) a Siamese model based on either pair or triplet comparisons. In a classification model for Person Re-ID, the network takes the image of an individual (i.e. in a bounding box), and calculated class probability of the individual (Wu et al., 2016; Xiao et al., 2016; Su et al., 2017; Li et al., 2017). (Wu et al., 2016) introduce a DL architecture in order to combine CNN features with handcrafted features. (Xiao et al., 2016) presents a work that uses CNN for automatically learning effective neurons in every training dataset by utilizing deep feature representations. Another challenge of Person Re-ID methods is pose variations and misalignments of persons. (Su et al., 2017) aims to tackle this problem of person pose variations and misalignments by proposing a deep convolutional model. Another interesting work that is presented by (Li et al., 2017) which is based on extracting features from the parts of the body and the whole body. In particular, they introduced a context aware deep network consisting of multiple scales to acquire powerful features for Person Re-ID. Conversely, in person re-identification, Siamese network models have been widely used because of small number of training samples. Siamese neural network is a neural network architecture that consist of two or more identical sub-networks. These sub-networks have identical network architecture and identical parameters and weights with each other. A Siamese network can be generally designed as pairwise (Zhang et al., 2014; Wang et al., 2017; Tao et al., 2018; Variator et al., 2016): when there are two sub-networks, or triplet (Ding et al., 2015; Liu et al., 2016; Bai et al., 2017): when there are three sub-networks. A Siamese model basically outputs a similarity score of the network. In triplet Siamese model, an objective function is utilized in order to train the network models. These models generates a

margin between distance metric of positive pair and distance metric of negative pair. A softmax layer is used at the end of the network for both distance outputs. The network models are trained with the triplet loss function that makes the similarity distance between the matched pairs less than the mismatched pairs in the learning feature space.

In this paper, we introduce a person re-identification system based on human body part segmentation. This segmentation is achieved with a semantic partitioning method called Cross-Domain Complementary Learning (CDCL) (Lin et al., 2020). After segmentation, we create binary masks for human body part regions. These regions are smoothed with Gaussian filter to overcome the segmentation error. These smooth masks are applied to the feature maps obtained at the end on feature maps produced at the end of ResNet-50 network (He et al., 2016). The masked feature maps are then processed and classified for Person Re-ID. Results shows that applying Gaussian filtered masks at the end of Resnet-50 network increase the discrimination power, and therefore the accuracy of Person Re-ID. Experiments are performed on a publicly available popular Market-1501 dataset (Zheng et al., 2016B). In particular, we compare our method with two baseline methods. The first baseline method is ResNet-50 network. Person Re-ID is achieved directly with ResNet-50 without any body part segmentation and Gaussian filtering. Global features of full body are directly used for recognition in this baseline method. In the second baseline method, horizontal partitioning is used with individual classifier for person re-ID. In this baseline method, the image is divided into equal horizontal stripes which does not contain semantic information about body parts. Then, we compare the results of the baseline methods with the results of; (1) the semantic partition with individual classifier (no Gaussian filtering), (2) the semantic partition with Gaussian filtering and individual classifier, and (3) the semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier. In this way, gains of the proposed methods against the baselines can be assessed. Results are very promising.

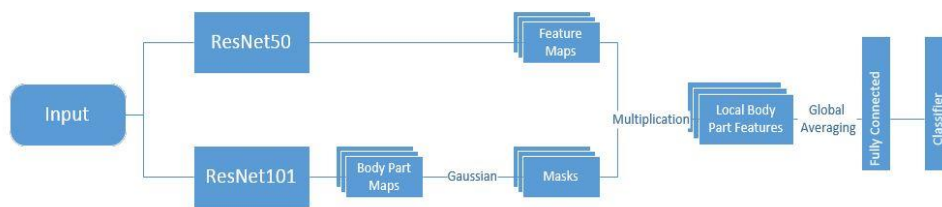


Figure 1. Proposed Framework for Person Re-ID

2. Proposed Method

2.1. System Architecture

To develop a person re-identification system, we use CNN based human body part segmentation and feature extraction algorithms. We extract local part features of individuals and then measure distances between features for identification. Our proposed algorithm is illustrated in Figure 1. The upper part of the system shows the main backbone network to generate global feature maps. We use a well-known pre-trained network, ResNet-50 (He et al., 2016) for global feature map generation. ResNet-50 is a commonly used, 50 layer, pretrained convolutional neural network. It is trained on the well-known ImageNet (Deng et al., 2009) dataset. The bottom part shows the human body part segmentation algorithm to partition the human body into parts. We use the state-of-art algorithm for human body partitioning which is called CDCL (Lin et al., 2020). CDCL employs ResNet-101 for body parts segmentation. These part regions are represented with binary images. Then, we apply Gaussian filter to smooth these binary images (masks) since binary segmentations (part labels) are not 100% accurate. Applying a Gaussian filter optimizes the body part mask distributions, and make them more reliable. After extracting global feature maps as shown at the upper part of Figure 1, and creating smooth local masks at the bottom part, we mask these feature maps to separate local features. We have 7 different feature maps for masking. Finally, global average pooling is utilized to take the average of all parts separately and concatenate the final values into a single fully connected layer. The right part of the Figure 1 shows the averaging and classification blocks.

2.2. Local Body Part Feature Extraction and Our Contributions

As described above, we use ResNet-50 (He et al., 2016) to extract global features of the images. ResNet-50 is a commonly used, 50 layer, pretrained convolutional neural network. It is trained on the well-known ImageNet (Deng et al., 2009) dataset. We first use ResNet-50 with raw images to extract global features of the person. A sample raw image is shown in Figure 2(a). In literature, there are two common approaches for feature generation. Some works (Bai et al., 2017B; Wang et al., 2018) use global features to calculate the similarity and others (Cheng et al., 2016; Sun et al., 2018) use local features. We choose to use local features because global features can be affected more by the distortions, occlusions, background etc. We take into account every body part individually. Since the color, texture and other features of the parts are similar, the features that are extracted are more consistent than the global features. These part-based methods are also divided into a few categories. Some works (Cheng et al., 2016; Sun et al., 2018) partition the image into equal horizontal stripes. However, this kind of partition causes some problems because of the pose variations and improper bounding boxes. For instance, the first part of one image can contain a head but the other can contain only background or middle parts can be both contain body and legs. Therefore, we use a semantic partition technique. Our work partitions the final feature map according to body parts on the contrary to horizontal partition as in other works. In literature, partition at the end of the network is done as horizontally in general. The semantic partition takes places mostly at the beginning or in the middle of the network. Therefore, we use a new approach which is using semantic partition at the end. Moreover, we use a different algorithm to extract body

part maps and use them as masks in our partition method. To do this, first, we use a state-of-art algorithm (Lin et al., 2020) to label the body parts accordingly like head, body, arms, legs etc. After that, we use these labels to mask the global features that are the outputs of the ResNet-50 in order to separate the features according to each body part. We convert all the labels to binary map. A sample binary mask is shown in Figure 2 (b). However, these binary maps have strict boundaries. Since the body parts are not labeled perfectly, we lose some features with these deterministic masks. Therefore, we apply Gaussian filter to smooth these masks to take the features near the labels into account. Figure 2 (c) shows the resulting masks after Gaussian filtering. This is a new approach as other works generally does not use part labelling or when it is used, they use different attention-based methods. After this process, we multiply these masks with the global image feature map one-by-one to get the features of each part separately. Figure 2 (d) shows the masked images if they were applied to input image directly. However, it is important to mention that those smooth masks are applied to feature maps at the output of Resnet-50 with multiplication as illustrated in Figure 2. As a last step, we perform adaptive average pooling to take the means of each part in order to reduce dimensions. Then these mean values, final features, are concatenated and fed into the classifier. Some of the researches (Li et al., 2017B; Gray and Brennan, 2007) uses multi-loss method which means that every part is fed into a separate classifier and has separate loss. However, we observed that combining feature and using one classifier increases accuracy considerably. Results are presented in experiments section.

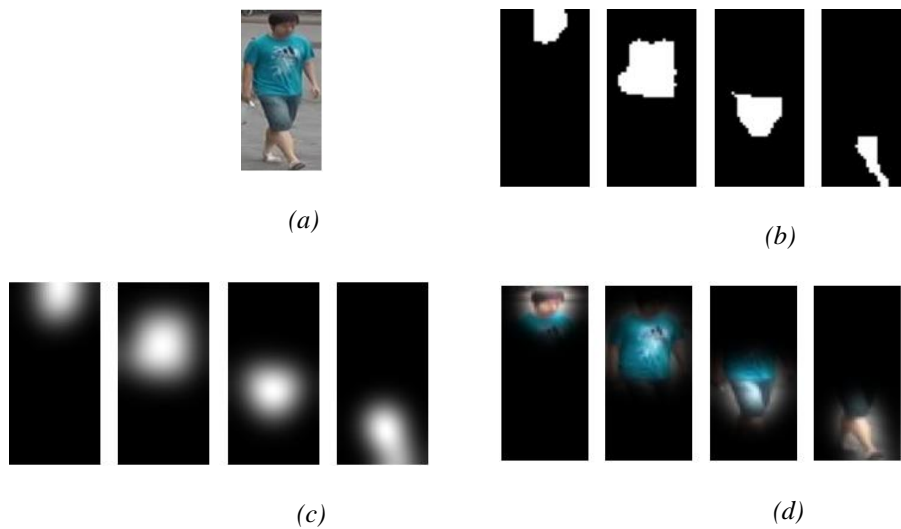


Figure 2. (a) Raw image (b) binary body part masks (c) masks after applying Gaussian filter (d) masking operation is illustrated on a raw image.

3. Evaluation

We conduct experiments on a commonly used dataset, namely Market-1501 dataset (Zheng et al., 2016B). Market-1501 dataset has 32,668 images of 1,501 persons. Each individual is captured by at least two different cameras from the front of a supermarket, and there are 6 different camera views in total. Some of the images can be seen in Figure 3. We implement the algorithm that is explained in Section 2 with a well-known deep learning library, namely Pytorch. We choose batch size 32, epoch number 30 and learning rate 0.1 with a decay by a factor of 0.1 in every 10 epochs. The parameters of the Gaussian filter is as follows; kernel size is 41x41 and standard deviation is 5. Filter is applied on spatial domain. We did experiments with horizontal partitioning, body part partitioning, and different classifiers. Most of the benchmarks uses CMC evaluation which stands for cumulative matching characteristics. CMC represents the probability of a person appears in different-sized candidate lists. Generally, rank-1, rank-5 and rank-10 lists are used which represent first, first five, and first ten guesses. Particularly, achieving good results in rank-1 is important for retrieving tasks. Market-1501 also uses another evaluation metric that is called mean average precision (mAP). To calculate mAP, first, it needed to be calculated the area under the Precision-Recall curve for each query. This area is the average precision (AP). Then, the mean of average precision of all queries is calculated.

Results are given in Table 1. First, we present the results of two baseline methods. The first baseline method is defined to be ResNet-50 network. Person Re-ID is achieved directly with ResNet-50 without any body part segmentation and Gaussian filtering. Global features of full body are directly used for recognition in this baseline method. In the second baseline method, horizontal partitioning is used with individual classifier for person re-ID. In this baseline method, the image is divided into equal horizontal stripes which does not contain semantic information about body parts. Then, we compare the results of the baseline methods with the results of; (1) the semantic partition with individual classifier (no Gaussian filtering), (2) the semantic partition with Gaussian filtering and individual classifier, and (3) the semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier. In this way, gains of the proposed methods against the baselines can be assessed. Results show that the baseline method #1 (ResNet-50) achieves 0.858, 0.949 and 0.969 rank-1, rank-5 and rank-10 respectively. The baseline #1 also achieves a mAP of 0.67. The baseline method #2 (horizontal partition) achieves worse than the baseline method #1. In particular, baseline #2 achieves 0.796, 0.912, 0.941 and 0.59 for rank-1, rank-5, rank-

10 and mAP respectively. The semantic partition with individual classifier (without the Gaussian filtering) performs the worse among the all compared methods (except rank-1) with 0.817, 0.912, 0.94 and 0.468 for rank-1, rank-5, rank-10 and mAP respectively. The semantic partition with Gaussian filtering and individual classifier performs better than the semantic partition without the Gaussing filtering but worse than the baseline method #1 with 0.845, 0.94, 0.961 and 0.634 for rank-1, rank-5, rank-10 and mAP respectively. Finally, the semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier improves the performance at rank-1, rank-5 and rank-10 compared to the baseline method #1 with 0.87, 0.952, 0.971 for rank-1, rank-5, rank-10. In particular, at rank-1, it improves the performance comparing to the baseline methods significantly. In addition, the semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier achives similar results as the baseline #1 with a mAP of 0.688. These results show that integration of semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier with an existing pre-trained network can improve person re-identification performance. In future, we plan to integrate our semantic partitioning based body parts segmentation with Gaussing filtering approach to other networks that is particularly designed for person re-identification tasks rather than a general network used for image classification (Resnet-50). In particular, Harmonious attention network (Li et al., 2018), Auto-ReID (Quan et al., 2019) and PLR-OSNet (Xie et al., 2020) can be tested. In addition, semantic approaches (Sah and Direkoglu, 2017) can be integrated for person re-ID that allows intelligent search interfaces (Hatirnaz et al., 2020).



Figure 3. Sample images from Market-1501 dataset [23].

Table 1. Experimental results

Model	Rank-1	Rank-5	Rank-10	mAP
Baseline Method #1 (ResNet-50) [22]	0.858	0.949	0.969	0.670
Baseline Method #2 (Horizontal partition with individual classifiers) [28]	0.796	0.912	0.941	0.590
Semantic partition with individual classifiers (no Gaussian filtering) (Proposed Method)	0.817	0.912	0.940	0.468
Semantic partition with Gaussian filtering and individual classifiers (Proposed Method)	0.845	0.940	0.961	0.634
Semantic partition with Gaussian filtering and shared classifier (Proposed Method)	0.870	0.952	0.971	0.668

4. Conclusions and Future Work

Person Re-Identification (Person Re-ID) is an important task for searching suspicious or missing persons in surveillance domain. To address this problem, in this paper, we developed a person re-identification algorithm. Our algorithm involves body part partitioning and Gaussian filtering based mask generation for Person Re-ID. First, a pre-trained network (Resnet-50) is employed to extract global features of the person. A semantic partition technique is also used to segment human body parts, and create local binary masks where the masks are deterministic binary images. Mask smoothing is performed with a Gaussian filter, and then we perform masking operation to the global feature maps produced at the end of Resnet-50. Our masks are smoothed binary images. Our approach is experimented on Market-1501 dataset that is a publicly available popular dataset. Results indicates that the our method is very promising. Using Gaussian filter with semantic partitioning in the algorithm increases the accuracy of baseline algorithms. In our future work, we can integrate our semantic partitioning based body parts segmentation with Gaussing filtering approach to other networks that is particularly designed for person re-identification tasks. We will also experiment our method on different datasets and conduct time evaluations.

5. Acknowledge

We would like to thank Middle East Technical University – Northern Cyprus Campus for supporting us with Scientific Research Project (SRP) Fund (Grant no: FEN-19-D-3).

References

- Bai, X., & Yang, M., & Huang, T., & Dou, Z., & Yu, R., & Xu, Y. (2017). Deep-Person: Learning Discriminative Deep Features for Person Re-Identification. arXiv preprint, arXiv:1711.10658.
- Bai, X. et al. (2017B). Deep-Person: Learning Discriminative Deep Features for Person Re-Identification, arXiv:1711.10658.
- Cheng, D., & Gong, Y., & Zhou, S., & Wang, J., & Zheng, N. (2016). Person Re-identification by Multi-Channel Parts-Based CNN with Improved Triplet Loss Function, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1335-1344.
- Cong, D. N. T., & Achard, C., & Khoudour, L. & Douadi, L. (2009). Video Sequences Association for People Re-Identification Across Multiple Non-Overlapping Cameras. International Conference on Image Analysis and Processing, 179–189.

- Deng, J., & Dong, W., & Socher, R., & Li, L., & Kai, L., Fei-Fei, L. (2009). ImageNet: A large-scale hierarchical image database, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 248-255.
- Ding, S., & Lin, L., & Wang, G., & Chao, H. (2015). Deep Feature Learning with Relative Distance Comparison for Person Re-Identification. Pattern Recognition, 48(10), 2993–3003.
- Farenzena, M. & Bazzani, L., & Perina, A., & Murino, V., & Cristani, M. (2010). Person Re-Identification by Symmetry-Driven Accumulation of Local Features. IEEE Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2360–2367.
- Gray, D., & Brennan, S., & Tao, H. (2007). Evaluating appearance models for recognition, reacquisition, and tracking, IEEE International Workshop on Performance Evaluation for Tracking and Surveillance (PETS), 1–7.
- Hamdoun, O., & Moutarde, F., & Stanculescu, B., & Steux, B. (2008). Person Re-Identification in Multi-Camera System by Signature based on Interest Point Descriptors Collected on Short Video Sequences. ACM/IEEE International Conference on Distributed Smart Cameras, 1–6.
- Hatirnaz, E., & Sah, M., & Direkoglu, C. (2020). A novel framework and concept-based semantic search Interface for abnormal crowd behaviour analysis in surveillance videos. Multimedia Tools and Applications, 79, 17579–17617.
- He, K., & Zhang, X., & Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep residual learning for image recognition, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 770-778.
- Karaman, S. & Bagdanov, A. D. (2012). Identity Inference: Generalizing Person Re-Identification Scenarios. European Conference on Computer Vision, 443–452.
- Krizhevsky, A. & Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Advances in Neural Information Processing Systems, 1097–1105.
- Lavi, B., & Serj, M. F., & Ullah, I. (2018). Survey on Deep Learning Techniques for Person Re-Identification Task. arXiv preprint arXiv:1807.05284.
- Leng, Q., & Ye, M., & Tian, Q. (2020). A Survey of Open-World Person Re-identification. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 30(4), 1092-1108.
- Li, D. & Chen, X., & Zhang, Z., & Huang, K. (2017). Learning Deep Context-Aware Features over Body and Latent Parts for Person Re-Identification. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 384–393.
- Li, W. et al. (2017B). Person Re-Identification by Deep Joint Learning of Multi-Loss Classification, International Joint Conference on Artificial Intelligence, 2194–2200.
- Li, W., & Zhu, X., & Gong, S. (2018). Harmonious attention network for person re-identification, arXiv preprint, arXiv:1802.08122.
- Lin, K., & Wang, L., & Luo, K., & Chen, Y., & Liu, Z., & Sun, M. (2020). Cross-Domain Complementary Learning Using Pose for Multi-Person Part Segmentation, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology.
- Liu, J., & Zha, Z.-J., & Tian, Q., & Liu, D., & Yao, T., & Ling, Q., & Mei, T. (2016). Multi-Scale Triplet CNN for Person Reidentification. ACM Conference on Multimedia, 192–196.
- Quan, R., & Dong, X., & Wu, Y., & Zhu, L., & Yang, Y. (2019). Auto-reid: Searching for a part-aware convnet for person re-identification, in Proc. ICCV.
- Sah, M., & Direkoglu, C. (2017). Semantic annotation of surveillance videos for abnormal crowd behaviour search and analysis, IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance (AVSS), 1-6.
- Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very Deep Convolutional Networks for Large-scale Image Recognition. arXiv preprint arXiv:1409.1556.
- Su, C., & Li, J., & Zhang, S., & Xing, J., & Gao, W., & Tian, Q. (2017). Pose-driven Deep Convolutional Model for Person Re-Identification. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), 3980–3989.
- Sun, Y., & Zheng, L., & Yang, Y., & Tian, Q., & Wang, S. (2018). Beyond Part Models: Person Retrieval with Refined Part Pooling (And A Strong Convolutional Baseline), European Conference on Computer Vision, 480-496.
- Tao, D., & Guo, Y., & Yu, B., & Pang, J. & Yu, Z. (2018). Deep Multi-View Feature Learning for Person Re-Identification, IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 28(10), 2657 – 2666.
- Variator, R. R., & Shuai, B., & Lu, J., & Xu, D., & Wang, G. (2016). A Siamese Long Short-Term Memory Architecture for Human Re-Identification. European Conference on Computer Vision, 135–153.
- Wang, J., & Wang, Z., & Gao, C., & Sang, N., & Huang, R. (2017). Deeplist: Learning Deep Features with Adaptive Listwise Constraint for Person Re-Identification. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology. 27(3), 513 – 524.
- Wang, G. et al. (2018). Learning Discriminative Features with Multiple Granularities for Person Re-Identification. ACM international conference on Multimedia, 274–282.
- Wu, S., & Chen, Y-C, & Li, X., & Wu, A. C., & You, J. J., & Zheng, W. S. (2016). An Enhanced Deep Feature Representation for Person Re-Identification. IEEE Winter Conference Applications of Computer Vision (WACV), 1–8.
- Xiao, T., & Li, H., & Ouyang, W., & Wang, X. (2016). Learning Deep Feature Representations with Domain Guided Dropout for Person Re-Identification. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1249–1258.
- Xie, B., & Wu, X., & Zhang, S., & Zhao, S., & Li, M. (2020). Learning Diverse Features with Part-Level Resolution for Person ReIdentification, arXiv preprint, arXiv:2001.07442.
- Zhang, G., & Kato, J., & Wang, Y., & Mase, K. (2014). People Re-Identification using Deep Convolutional Neural Network. IEEE International Conference on Computer Vision Theory and Applications (VISAPP), 216–223.
- Zheng, L., & Yang, Y., & Hauptmann, A. G. (2016). Person Re-identification: Past, Present and Future. arXiv preprint arXiv:1610.02984.
- Zheng, L., & Shen, L., & Tian, L., & Wang, S., & Wang, J., & Tian, Q. (2016B). Scalable person re-identification: a benchmark, IEEE International Conference on Computer Vision, 1116–1124.



Akciğer ve Prostat Kanseri için İlaç Yeniden Konumlandırmanın Uygulanması

Ali Cüvitoğlu¹, Zerrin Işık²

¹ Dokuz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3280-1908)

² Dokuz Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1779-1681)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823405)

ATIF/REFERENCE: Cüvitoğlu, A. & Işık, Z. (2020). Akciğer ve Prostat Kanseri için İlaç Yeniden Konumlandırmanın Uygulanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 297-304.

Öz

Yeni baştan ilaç geliştirme, karmaşık ve oldukça pahalı bir süreçtir. Bu nedenle, son yıllarda yeni hesaplamalı yaklaşımlar geliştirilmiştir. Hesaplamalı yaklaşımlardan biri, onaylanmış ilaçlara yeni tedavi alanını keşfeden ilaç yeniden konumlandırma. Çünkü ilaç yeniden konumlandırma, geleneksel ilaç geliştirme süreçlerine kıyasla daha düşük maliyet, daha kısa süre ve risksiz yatırım sağlamaktadır. Son zamanlarda, biyolojik ağ tabanlı ilaç yeniden konumlandırma, proteinler arasındaki fiziksel ilişkileri veya işlevsel benzerlikleri kullandığı ve sonunda canlı sistemlerin daha iyi bir modellenebildiği için daha popüler hale geldi. Bu çalışma, hastalık genleri ve ilaçtan etkilenen genler arasındaki ağ benzerliklerini hesaplayan ve ardından en yüksek benzerlik puanlarına göre en iyi ilaç adaylarına öncelik veren ağ tabanlı yeni bir ilaç yeniden konumlandırma yöntemi sunmaktadır. Genel ağ yapısının oluşturulmasında işlevsel bir protein-protein etkileşim ağı kullanılır. Kanserle neden olan genler bu ağ yapısı üzerinde haritalandırılır. İlaçların transkriptom profilleri LINCS L1000 projesinden elde edilir ve yine ağ yapısında ayrı ayrı haritalanır. Bir hastalık ağı ile ilaçtan etkilenen bir ağın benzerliği, Adamic-Adar ve Tercihli Bağlanma ağ merkezilik metrikleriyle hesaplanır. Önerilen ilaç yeniden konumlandırma yaklaşımı, anlamlı benzerlik puanlarına sahip ilaçları seçerek en iyi tedavi adaylarını belirler. Geliştirilen yöntem, insan küçük hücreli olmayan akciğer kanseri (A549) ve prostat kanseri hücre hatları (LNCAP ve PC3) üzerinde denenmiştir. Ağ merkeziliği metriklerinin AUC değerleri her iki kanser türünde de 0.8'i aşmıştır. Aday ilaçlar en yüksek AUC değerlerine göre sıralandığında, FDA onaylı on iki tedaviden beş tanesi prostat kanseri için ilk %20 içinde yer almıştır, bu oldukça umut verici bir sonuçtur. Genel olarak, bu çalışma gelecekte gelişmeye müsait olan özgün bir ağ tabanlı ilaç yeniden konumlandırma yönteminin ilk deneysel sonuçlarını sunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İlaç Yeniden Konumlandırma, Akciğer Kanseri, Prostat Kanseri, Adamic-Adar, Tercihli Bağlanma.

Application of Drug Repositioning for Lung and Prostate Cancer

Abstract

De-novo drug development is complicated and quite expensive process. Therefore, new computational approaches have been developed over the last years. One of the computational approaches is drug repositioning that discovers new treatment area of approved drugs. Since drug repositioning provides lower costs, shorter time, and risk-free investment compared to the traditional drug development processes. Recently, biological network-based drug repositioning became more popular, since they use the physical relationships or functional similarities between proteins and eventually provide a better modelling of living systems. The current study presents a new network-based drug repositioning method that computes network similarities between disease genes and drug-affected genes, then prioritizes the best drug candidates based on highest similarity scores. A functional protein-protein interaction network is used in creation of the general network structure. The cancer-causing genes are mapped on this network structure. Transcriptome profiles of drugs are obtained from the LINCS L1000 project and they also mapped individually on the network structure. The similarity of a disease network and a drug-affected network is calculated by Adamic-Adar and Preferential Attachment network centrality metrics. The proposed drug repositioning approach identifies the best treatment candidates by choosing the drugs with significant similarity scores. The developed method was experimented on human non-small cell lung cancer (A549) and prostate cancer cell lines (LNCAP and PC3). The AUC values of network centrality metrics exceeded 0.8 in both cancer types. When candidate drugs are ranked based on the highest AUC values, five out of twelve FDA-approved treatments were ranked in the top 20% for prostate cancer, which is quite promising result. Overall, this study provides initial experimental results of a novel network-based drug repositioning method that is open for future developments.

Keywords: Drug Repositioning, Lung Cancer, Prostate Cancer, Adamic-Adar, Preferential Attachment.

1. Giriş

İlaç yeniden konumlandırma (İYK) (ilacın yeniden kullanılması veya ilacın yeniden şekillendirilmesi olarak da bilinir), farklı bir hastalığı tedavi etmek amacıyla bilinen bir bileşiğin yeni bir kullanımını keşfetme sürecidir. Günümüzde İYK, yeni ilaçlar geliştirmekten daha popülerdir. Çünkü geleneksel yollarla yeni bir ilaç geliştirmek maliyetli bir süreçtir ve oldukça uzun bir zaman gerektirir. Aksine, İYK daha kısa sürede daha yüksek başarı oranı verebilmektedir. Geleneksel ilaç geliştirme, keşif, prelinik, güvenlik incelemesi, klinik araştırma, FDA (The United States Food and Drug Administration) incelemesi ve pazar sonrası güvenlik izlemesi olmak üzere 5 aşamadan oluşurken, İYK'nın 4 adımı, bileşik tanımlama, bileşik satın alma, geliştirme ve FDA pazar sonrası güvenlik izlemesidir (Xue ve diğerleri, 2018). Bir ilacı geleneksel yolla geliştirmek 10-15 yıl sürer ve ortalama %2,01 başarı oranına sahiptir. Yeniden konumlandırılmış bir ilaç geliştirmek, buna kıyasla ortalama 8 yıla mal olmaktadır. İlaç yeniden konumlandırma, bazı nedenlerden dolayı yeni ilaç keşfinden daha etkili bir yaklaşımdır. Birincisi, ilaçların formülleri ve üretim yöntemleri zaten oluşturulmuştur. İkinci olarak, ilaçların dağılımı, metabolizması, atılımı ve toksisitesi de bilinmektedir. Diğer bir neden de ilaçların önceki klinik deneyleri güvenli bir şekilde geçmiş olması ve yan etkiler nedeniyle gelecekteki klinik deneylerde başarısız olma ihtimalinin düşük olmasıdır. Son olarak, ilaçların elde edilmesi pahalıdır ve zaman alıcı olan Faz IV güvenlilik verileri bilinmektedir.

İYK için deneysel ve hesaplamalı yaklaşımlar bulunmaktadır. Klinik düzeyde başarıya ulaşmış birkaç İYK örneğinden bahsedecek olursak, Duloxetine, sinaptik yarıktaki serotonin ve noradrenalin geri alımını engellediği için 1980'lerin sonunda depresyon tedavisinde kullanılmaya başlandı. Etki mekanizmalarını incelerken duloxetine'in üretral kasılmayı arttırdığı gösterilmiştir (Thor KB ve Katofiasc, 1995). Klinik öncesi çalışmalar stres tipi idrar kaçırma (SÜİ) tedavisinde kullanılabileceğini göstermiştir. Bu nedenle şu anda hem kadınlarda SÜİ tedavisi hem de depresyon tedavisi için kullanılmaktadır. Başlangıçta erkek denemeleri sırasında koroner arterleri rahatlatmak için geliştirilen Sildenafil, yan etkisinin (ereksiyon) bir sonucu olarak kullanılmış ve Pfizer şirketi tarafından FDA onayını almıştır (Renaud RC ve Xuereb H, 2002). 1957 yılından bu yana hamile kadınların sabah bulantılarının tedavisinde kullanılan talidomid, ilerleyen yıllarda 15.000'den fazla engelli bebeğin doğumuna neden olduğunun ortaya çıkmasıyla kesildi. 1964 yılında Jacob Sheskin, şans eseri Thalidomide'i çok ağrı çeken ve uyuyamayan bir eritema nodozum laprosom (ENL) hastasında kullandı ve hastanın yaralarında ve iltihaplarında önemli bir iyileşme gözlemledi. Talidomid, ENL tedavisinde iyi sonuçlar aldıktan sonra artık ENL tedavisinde birincil ilaç olarak kullanılmaktadır (Brynnner R & Stephens T, 2001). Talidomid, melanom gibi bazı kanserlerin tedavisinde de kullanılmıştır (Ratner ML 2001).

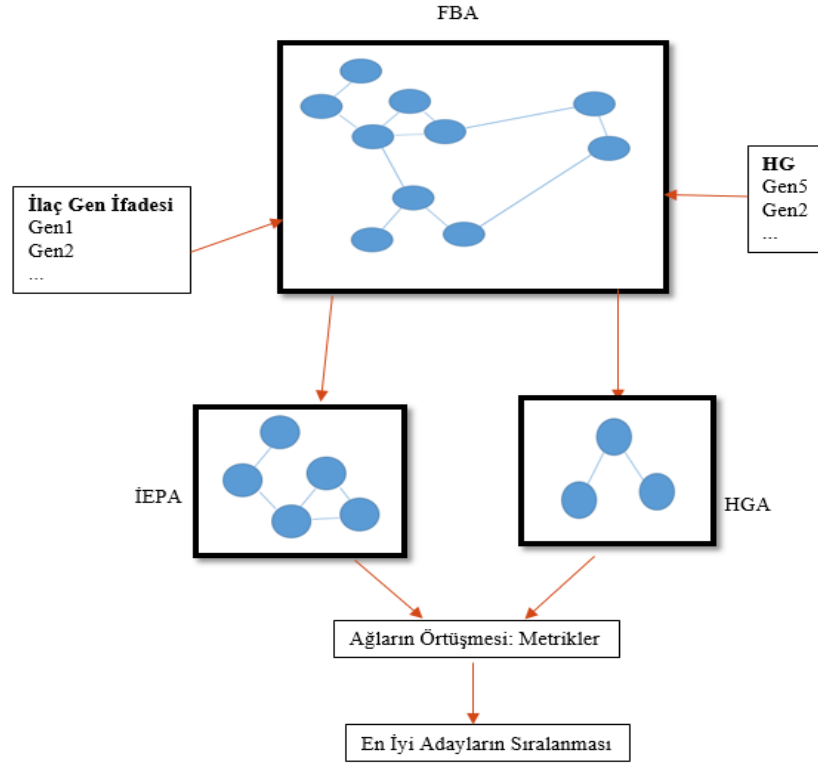
Deneysel yöntemler her zaman kesin sonuç veren yöntemlerdir. Bir ilaç için deney yapıldıktan sonra yeniden konumlandırılabilir konumlandırılmayacağı sonucu kesindir, fakat milyonlarca ilacın birçok farklı hastalık üzerinde deneysel olarak etkilerini gözlemek, maddi ve zaman açısından neredeyse imkânsızdır. Bu aşamada hesaplamalı yöntemler İYK potansiyeli en yüksek ilaç-hastalık ikililerini bize sunabilir. Hesaplamalı yöntemlerin son zamanlarda artışıyla birlikte, veri madenciliği tabanlı, makine öğrenmesi tabanlı, ağ tabanlı vb. şekilde bu yöntemler kullanılan metoda göre sınıflandırılabilir. Bunlara birer örnek olarak, Li vd. hastalığa özgü ilaç-protein bağlantı haritaları oluşturmayı amaçlamıştır (Li ve diğerleri, 2009). İlk adım, ağ madenciliği kullanarak moleküler etkileşim ağlarından hastalık-protein ilişkilerini bulmaktır ve diğer bir adım da metin madenciliği kullanarak PubMed özetlerinde alzheimer hastalığını elde etmektir. Son olarak bu iki adımdan ilaç-hastalık ve hastalık-protein ilişkilerini aldıktan sonra ilaç-protein ilişkisine ulaşmışlardır. PREDICT (Gottlieb ve diğerleri, 2011), ilaç-hastalık arasındaki yeni ilişkileri bulmak için makine öğrenimini (MÖ) kullanan bir modeldir. İlk olarak OMIM (Hamosh ve diğerleri, 2002), DrugBank (Wishart ve diğerleri, 2008), DailyMed ve Drugs.com'dan veri toplarlar. İlaç-ilaç ve hastalık-hastalık benzerliği ölçütlerinin inşasından sonra, bu benzerlik ölçülerinden, sınıflandırma özelliklerini oluşturduklar; doğru ve yanlış ilaç-hastalık ilişkilerini ayıran bir sınıflandırma kuralını öğrendiler. Deneylerinde 0,92 Area Under ROC (AUC) değerine ulaştılar. Başka bir çalışmada, bir ilacın fonksiyonel bağlantı ağını ve bir hastalığın bağlantı ağlarını kullanarak etkilenen alt modülleri olumsuz şekilde değiştirebilecek ilaç profilleri bulundu (Chen ve diğerleri, 2016). 'DeepDR' çalışması ise, 10 farklı ağ (tek ilaç-hastalık, bir ilaç-yan etki, bir ilaç-hedef ve yedi ilaç-ilaç ağı) entegre eden ağ tabanlı bir derin öğrenme yaklaşımıdır (Zeng ve diğerleri, 2019).

Bu çalışmada LINC L1000 projesinden indirilen akciğer kanseri ve prostat kanseri hücre hatlarına uygulanmış ilaç verilerini kullanarak her hastalığa özgü olarak İYK yöntemi uygulandı. Özgün olarak yeni geliştirilen bu İYK yöntemi, proteinler arasındaki biyolojik işlev bilgisini dikkate alan bir protein-protein etkileşim ağı içermektedir, böylece ilaç tedavisi sırasında hücrede gözlemlenen değişimleri sistem biyolojisi seviyesinde dikkate alarak, daha gerçekçi bir hesaplamalı model sunulmaktadır. İYK yönteminin hedefi, hastalığa sebep olan genleri bir etkileşim ağı içindeki biyolojik etkinliğini en iyi düzeyde değiştirebilecek potansiyel ilaçların yine ağ içinde çalışacak metrikler ile belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda kansere sebep olan genler ve bir ilahtan etkilenen proteinler aynı etkileşim ağı içinde iki ayrı modül olarak temsil edildikten sonra, bu iki modülün örtüşmesi (benzerliği) ağ topolojisine dayalı birleşik bir puana göre hesaplanmaktadır. İlk sonuçları iki ayrı kanser türü için sunulan ve özgün olarak geliştirilmiş bu İYK yönteminin, hesaplamalı kanser tedavisi öneri yaklaşımları içinde umut vaat ettiğini düşünmekteyiz.

2. Materyal ve Metot

2.1. Metodun Ana Hatları

İlaç verileri LINC L1000 projesine ait veri tabanından indirilip işlendikten sonra Fonksiyonel Bağlantı Ağı (FBA) üzerinde haritalanmak üzere gen listesi (İlahtan Etkilenen Proteinler-İEP) olarak hazırlanmıştır (Bölüm 2.2.2). Benzer şekilde, akciğer ve prostat kanserine sebep olan genler Hastalık Genleri (HG) literatürden elde edilmiştir (Bölüm 2.2.3). Elde edilen her bir ilaç listesi (her bir İEP) ve iki kanser türü için HG'yi ayrı FBA üzerinde haritalanmıştır (Bkz. Şekil 1). Böylece her bir ilaç için İEP Ağı (İEPA) ve her kanser



Şekil 1. Metodun Akış Diyagramı

türü için HG Ağı (HGA) elde edilmiş oldu. Akciğer kanseri için A549 hücre hattında deneyleri yapılmış her bir ilaç, akciğer HGA ile örtüşme puanını hesaplamak için iki ağ metriği uygulandı. Benzer şekilde Prostat kanseri için PC3 ve LNCAP hücre hatlarında deneyleri yapılmış ilaçların İEPA ile Prostat kanseri HGA arasında örtüşmesinin hesabı için de aynı iki metrik uygulandı. Son olarak, metrik sonuçlarına göre aynı kanser türü için ilaçlar en yüksek AUC değerinden en düşüğe doğru sıralandı.

2.2. Veriler ve Verilerin İşlenmesi

2.2.1. Fonksiyonel Bağlantı Ağı

Fonksiyonel Bağlantı Ağı (FBA), proteinlerin biyolojik açıdan fonksiyon benzerliğini temsil etmek için kullanılan, ağırlıklı bir ağ yapısıdır. Bu çalışmada kullanılacak proteinlerin etkileşimi ile ilgili verileri içeren FBA literatürden elde edilmiştir (Linghu B vd., 2009). Kullanılan FBA, 20.790 proteinden (düğüm / gen), 21.952.150 etkileşimden (bağlantı) oluşmaktadır. Her bir bağlantının ağırlık değeri iki protein arasındaki biyolojik fonksiyon benzerliğini ifade etmektedir ve bu değerler 0-1 arasındadır. Fonksiyonel benzerliği çok düşük olan proteinleri (0 - 0.1 ağırlığındaki bağlantıya sahip olanları) FBA içinden çıkardık. Bu işlem sonrasında ağda, 15.002 protein and 334.225 bağlantı kalmıştır. Çalışmanın geri kalanında FBA diye nitelendirilen ağ, bu budama işleminden geçirilmiş ağ yapısıdır.

2.2.2. İlaç Gen İfadesi Verisi

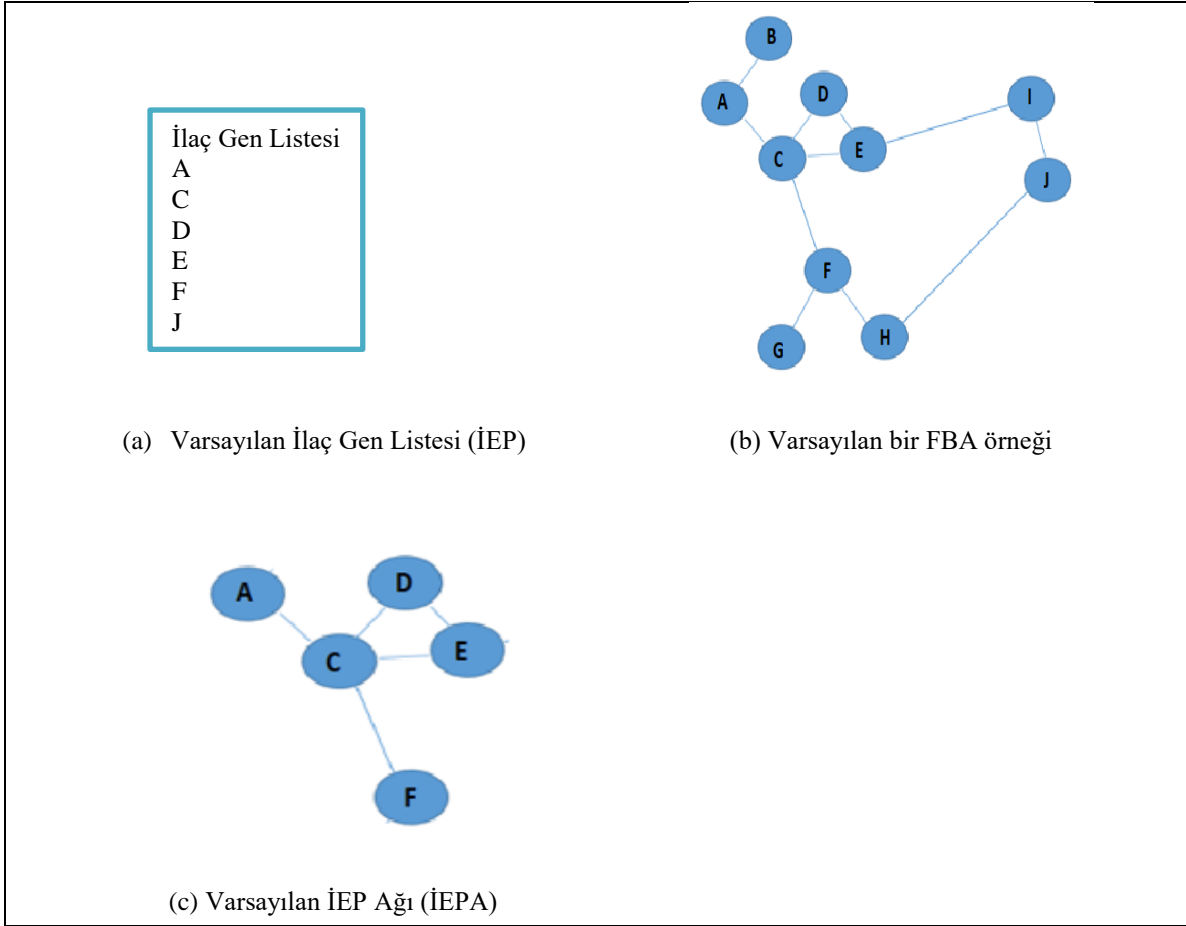
Bu çalışmada kullanılacak ilaç numuneleri LINCS L1000 projesinden alınmıştır (Subramanian A vd., 2017). Bir adet akciğer kanseri hücre hattı (A549) ve iki adet prostat kanseri hücre hattı (PC3, LNCAP) üzerinde 12 ve 24 saatlik uygulamaları olan ilaç deneyleri bulunmaktadır. Her genin mRNA dizileme okuma değerlerinin, z-skoru kullanılarak normleştirilmiş değerleri, ilaç örnekleri olarak elde edildi. İlk olarak hücre hatları için mevcut tüm ilaçlar seçildi. Ardından 24 saatlik uygulamalar ve 10 µm dozundaki ilaçlar alındı. Daha sonra ihtiyaç duyulursa diğer konsantrasyonlar (1.11 µm veya 3.33 µm) uygulanabilecektir. Z-skoru dönüştürülmüş gen ekspresyon ölçümleri ile A549 hücre hatında 266 ilaç, PC3 ve LNCAP hücre hatlarında ise toplam 1.765 ilaç verisi elde edildi. Son olarak, tüm ilaçlar için mutlak z-skoru 1'den büyük genler alınarak, her bir ilaca özel olan ilaçtan etkilenen proteinler (İEP) elde edildi.

2.2.3. Hastalık Genleri

İlaç geliştirme çalışmaları çoğunlukla bir hastalığa sebep olan proteinleri etkinliğini değiştirmek amacıyla kurgulanır. Farklı kanserler için gerek gen mutasyonlar gerekse posttranslasyonel modifikasyonlar sebebiyle oluşabilmektedir. Bu sebeple İYK metodunda seçilen kansere sebep olan Hastalık Genleri (HG) yine bir ağ yapısı içinde temsil edilmesi planmıştır. Pathology Atlas projesinden, akciğer ve prostat kanserlerine özel gen ifadesi profilleri çıkarılmıştır ("The Human Protein Atlas", 2020). Akciğer kanseri HG toplam 97 gen içermektedir, prostat kanseri HG ise 248 gen içermektedir.

2.2.4. Verilerin FBA İçinde Bütünleştirilmesi

Her ilaç için z-skor skoru filtrelemesi ile önemli genleri çıkardıktan sonra, bu ilaçtan etkilenen gen listelerini (İEP), FBA içinde temsil etmek için özel bir bütünleştirme işlemi uygulanmıştır. Buradaki amaç belirli bir ilaca özgü olan bağımsız bir etkileşim ağı oluşturmak



Şekil 2. Verilen bir gen listesinin FBA üzerinde haritalanması

olduğundan, FBA içinde temsil edilen gen bilgileriyle bir ilacın tedavisinden etkilenen genler arasındaki fonksiyonel etkileşimler daha etkin bir şekilde ifade edilebilecektir. Bu amaçla, FBA'da yalnızca doğrudan komşu olan genleri kullanarak eşleme yapılmıştır. FBA içinde sadece İEP listesindeki genlerin kendi arasındaki direk bağlantıları kullanarak yeni bir alt ağ oluşturuldu, bu ağ yapısına *doğrudan komşu haritalama* ismi verildi. Böylece herhangi bir ekstra gen veya bağlantı bilgisi olmadan bir gen listesinin alt ağı oluşturuldu. Şekil 2'de verilen temsili haritalama işleminde (a) bölümünde verilen gen listesi (b) bölümündeki gibi bir FBA üzerinde haritalandığında, (c) bölümündeki gibi alt-ağ elde edilmektedir. *J* geni için herhangi bir bağlantı kalmadığı için metrik işlemlerinde kullanılamayacaktır, bu sebeple İEP ağından tamamen çıkarılmıştır. FBA üzerinde her bir ilaç için ayrı olarak uygulanan bu haritalama işlemi sonucunda, her ilaca özel İEP Ağı (İEPA) oluşmaktadır.

2.3. Ağ Metrikleri

Bu aşamada amacımız, verilen HG modüllerini en yüksek biyolojik etkinliğe göre değiştirebilecek bir İEP modülü belirlemektir. Bu nedenle, HG ve İEPA örtüşmesi, topolojik benzerliğe dayalı birleşik bir puana göre hesaplanacaktır. Bu puanı hesaplamak için kullanılan iki ağ merkezilik ölçütü (metriği) aşağıda açıklanmıştır.

2.3.1. Adamic-Adar Katsayısı

Adamic-Adar Katsayısı (Adamic ve Adar, 2003) ortak bir komşu ile değerlendirilen bir gen çifti arasındaki ilişkinin ne kadar özel (veya güçlü) olduğunu ölçerek, daha az komşusu olan ortak komşulara daha fazla önem vermektedir. Adamic-Adar'ın formülü;

$$S_{xy} = \sum_{z \in \gamma_x \cap \gamma_y} \frac{1}{\log k_z} \quad \text{Denklem 1}$$

'*x*' ve '*y*' farklı genler olmak üzere, ' S_{xy} ', '*x*' ve '*y*' geni arasındaki benzerliği temsil eder. '*z*', hem '*x*' hem de '*y*' ile ortak olan genlerin tamamıdır. ' k_z ', '*z*' geninin ağ içindeki toplam komşu sayısıdır. Bu denklemin hesabı için R-Bioconductor içindeki *igraph* paketindeki '*similarity*' fonksiyonu uygulanmıştır. Bu fonksiyonda, Adamic-Adar'ı temsil etmek için parametre "invlogweighted" olarak seçilmiştir.

2.3.2. Tercihli Bağlanma

Tercihli bağlanma, genleri derecesiyle (toplam komşu sayısı) doğru orantılı olarak genler arasındaki yeni bir bağlantı oluşma ihtimalini hesaplar (Barabási & Albert, 1999). Tercihli bağlanma formülü;

$$S_{xy} = k_x * k_y \quad \text{Denklem 2}$$

'*x*' ve '*y*' farklı genler olduğunda ' S_{xy} ', '*x*' ve '*y*' geni arasındaki benzerliği temsil eder. ' k_x ' ve ' k_y ', sırasıyla '*x*' ve '*y*' geninin derecesini temsil eder. Bu ölçüt için herhangi bir paket kullanılmamıştır.

2.3.3. Metriklerin Uygulanması

Seçilen metrikler hesaplandıktan sonra, bir gen için özet bir benzerlik puanı oluşturabilmek için tüm değerlerin toplanması yöntemi kullanılmıştır. Denklem 3'te görüleceği gibi bir x geninin benzerlik puanı, diğer tüm y genleriyle olan benzerliklerinin toplamıyla ifade edilmektedir.

$$S_x = \sum_{y \in N} S_{xy} \quad \text{Denklem 3}$$

Burada ' S_x ', ' x ' geninin benzerlik puanıdır. ' N ' ise ağıdaki tüm genleri içerir. ' S_{xy} ', ' x ' ve ' y ' geni arasındaki benzerliği temsil eder ve ' y ' ağıdaki diğer genleri temsil eder.

2.4. Değerlendirme

Farklı biyolojik hipotezleri uygulayan her ölçüt, ağıdaki her gen için bir puan hesaplayacaktır. Buradaki ağ yapısı, İlaçtan Etkilenen Proteinler Ağı (İEPA) veya Hastalık Genleri Ağı (HGA) olabilir. İEP'deki tüm proteinler için hesaplanan benzerlik puanı büyükten küçüğe doğru sıralanır. Bu sıralı liste her bir ilaç için ayrı ayrı incelenmiştir. HG modülünün üyesi olan bir eşik değerinin üstünde ve altında listelenen proteinleri (örneğin, en üst-p = 100 protein) kontrol edildi. Hem en üst-p'den daha yukarıda bir sırada olan hem de HG üyesi olan bu tür proteinlerin toplam sayısı, gerçek pozitif (GP) proteinler olarak kaydedilecektir. Gerçek negatifler (GN), en üst p sırasından daha düşük bir sıraya sahip olan ve HG genlerini içermeyen proteinlerdir. Yanlış pozitif (YP) proteinler, en üst p sırasından daha yukarıda listelenir ve HG genlerini içermez. Yanlış negatifler (YN), en üst p sıralamasından daha aşağıda listelenir ve HG'de içindeki genleri içerir. Her ilaç için GP, GN, YP ve YN değerleri, tek bir karışıklık matrisini tamamlayan bir eşik (p) değerine göre sıralanmış bir liste içinde belirlenecektir. Bir karışıklık matrisi içinden Gerçek Pozitif Oran ve Yanlış Pozitif Oran hesaplandığında, bir ROC eğrisindeki bir noktayı ifade eder. ROC eğrisinde 100 ayrı ölçüm elde etmek için 100 farklı eşik değeri (her ilaç için gen sayısının %1, %2, ..., %100) uygulandı. Ardından, her bir ilaç için AUC puanı olarak adlandırılan ROC eğrisi altındaki alan hesaplandı. Metriklerde İEP kullanıldığında ve karışıklık matrisi oluşturmak için çekirdek (referans seti) olarak HG kullanıldığında buna AUC_{IEP} puanı denildi. Aynı fikir tersine uygulandığında, İKP üzerinde metrikler çalıştırılırken, AUC_{HG} puanını hesaplamak için İEP çekirdek haline geldi. Son olarak, İEP-HG eşleştirme puanı, denklem 4'teki gibi bir birleşik AUC puanını hesaplamak için entegre edilmiştir.

$$\text{Birleşik. AUC} = \sqrt{AUC_{IEP} * AUC_{HG}} \quad \text{Denklem 4}$$

Her ilaç için, birleşik bir AUC puanı elde edilir ve her metrik için ilaçlar bu birleşik-AUC puanına göre en yüksekte en düşüğe doğru sıralanır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Akciğer Kanseri Sonuçları

LINCS L1000 projesinden elde edilen A549 hücre hattında uygulanmış toplam 266 ilaç için İEPA'lar, sırasıyla akciğer HG'siyle iki metriğe de girdi olarak verildi. AUC hesaplamalarından sonra birleşik-AUC değerleri göz önüne alınarak ilaçların en yüksek puandan en düşüğe doğru sıralamaları yapılmıştır. Akciğer kanseri için FDA onaylı ve klinik tedavide güncel olarak kullanılan ilaçlardan 10 tanesi, veri kümesi içinde yer alan 266 ilacın içinde bulunmaktadır. Elde edilen sıralamalarda toplam 266 ilacın ilk %20'lik bölümünde (ilk 53 ilaç) giren FDA onaylı ilaç sayılarına ve yerlerine bakılmıştır. Adamic-Adar metriğinde FDA onaylı 10 ilaçtan *Afatinib* ilk %20'lik bölüme girerken, Tercihli bağlanma metriğinde iki ilaç (*Afatinib*, *Alectinib*) bu bölüme girmiştir. Adamic-Adar metriğinde ilk %20'lik bölümdeki ilaçların birleşik-AUC değerleri 0.82 ile 0.5 aralığındadır (Tablo 1). Öte yandan Tercihli Bağlanma metriğinde bu değerler 0.77 ile 0.5 aralığındadır (Tablo 2). Adamic-Adar metriği birleşik-AUC değeri bakımından Tercihli Bağlanma metriğinden daha yüksek değerler elde etmiş olsa da FDA onaylı bilinen iki ilacın ilk %20'lik bölümde yer alması sebebiyle, bu veri kümesinde Tercihli Bağlanma metriğinin performansının daha iyi olduğu söylenebilir.

Tablo 1. İYK yönteminin akciğer kanseri için A549 hücre hattındaki Adamic-Adar metriği kullanılarak elde edilen sonuçları. Yeşil renkle işaretli ilaç akciğer kanseri tedavisi için onaylanmış, klinikte kullanılmaktadır. (Değerler virgülden sonra ikinci basamağa kadar yuvarlanmıştır.)

Adamic-Adar				
Sıra	İlaç Adı	AUC_{IEP}	AUC_{HG}	Birleşik AUC
1	TWS-119	0,91	0,75	0,82
2	ibrutinib	0,75	0,79	0,77
3	rucaparib	0,64	0,92	0,77
...
27	afatinib	0,53	0,59	0,56
...
53	HMN-214	0,44	0,57	0,50

3.2. Prostat Kanseri Sonuçları

Benzer bir değerlendirme süreci prostat kanseri veri kümesi için uygulandığında toplam 1765 ilaç içerisinde FDA onaylı olduğu bilinen 12 ilaç yer almaktadır. Benzer şekilde ilk %20'lik bölüm (ilk 353 ilaç) incelendiğinde Adamic-Adar metriğinde adet FDA onaylı dört ilaç (*bicalutamide*, *aminoglutethimide*, *flutamide*, *cabazitaxel*), Tercihli Bağlanma metriğinde beş ilaç (*diethylstilbestrol*, *aminoglutethimide*, *bicalutamide*, *flutamide*, *cabazitaxel*) yer almıştır. Adamic-Adar metriğinde %20'lik bölümde birleşik-AUC değerleri 0.84 ile 0.53 arasında iken (Tablo 3), Tercihli Bağlanma metriğinde ise bu değerler 0.85 ile 0.54 arasındadır (Tablo 4). Akciğer kanseri sonuçlarıyla benzer bir çıkarım yaparak, prostat kanseri veri kümesi üzerinde de Tercihli bağlanma metriğinin klinik tedavi için onay almış ilaçların seçiminde daha başarılı olduğu söylenebilir.

Tablo 2. İYK yönteminin akciğer kanseri için A549 hücre hattındaki Tercihli Bağlanma metriği kullanılarak elde edilen sonuçları. Yeşil renkle işaretli ilaçlar akciğer kanseri tedavisi için onaylanmış, klinikte kullanılmaktadır. (Değerler virgülden sonra ikinci basamağa kadar yuvarlanmıştır.)

Tercihli Bağlanma				
Sıra	İlaç Adı	AUC _{IEP}	AUC _{HG}	Birleşik AUC
1	rucaparib	0,64	0,92	0,77
2	HG-6-64-01	0,84	0,70	0,77
3	ibrutinib	0,75	0,79	0,77
...
29	afatinib	0,53	0,59	0,56
...
47	alectinib	0,46	0,57	0,51
...
53	NVP-BHG712	0,33	0,75	0,5

Tablo 3. İYK yönteminin prostat kanseri için PC3 ve LNCAP hücre hattındaki Adamic-Adar metriği kullanılarak elde edilen sonuçları. Yeşil renkle işaretli ilaçlar prostat kanseri tedavisi için onaylanmış, klinikte kullanılmaktadır. (Değerler virgülden sonra ikinci basamağa kadar yuvarlanmıştır.)

Adamic-Adar				
Sıra	İlaç Adı	AUC _{IEP}	AUC _{HG}	Birleşik AUC
1	amlodipine	0,75	0,96	0,85
2	PF-04620110	0,86	0,79	0,83
3	cabergoline	0,79	0,81	0,80
...
95	bicalutamide	0,52	0,74	0,62
...
130	aminoglutethimide	0,58	0,63	0,61
...
216	flutamide	0,53	0,62	0,57
...
242	cabazitaxel	0,48	0,67	0,56
...
353	clonidine	0,40	0,72	0,54

Tablo 4. İYK yönteminin prostat kanseri için PC3 ve LNCAP hücre hattındaki Tercihli Bağlanma metriği kullanılarak elde edilen sonuçları. Yeşil renkle işaretli ilaçlar prostat kanseri tedavisi için onaylanmış, klinikte kullanılmaktadır. (Değerler virgülden sonra ikinci basamağa kadar yuvarlanmıştır.)

Preferential Attachment				
Sıra	İlaç Adı	AUC _{IEP}	AUC _{HG}	Birleşik AUC
1	amlodipine	0,75	0,96	0,85
2	PF-04620110	0,83	0,78	0,80
3	cabergoline	0,78	0,80	0,79
...
102	diethylstilbestrol	0,43	0,88	0,62
...
127	aminoglutethimide	0,59	0,63	0,61
...
135	bicalutamide	0,52	0,70	0,60
...
224	flutamide	0,53	0,62	0,57
...
262	cabazitaxel	0,48	0,66	0,56
...
353	aripiprazole	0,48	0,61	0,54

4. Sonuç

Hesaplamalı yaklaşım olarak sunulan ilaç yeniden konumlandırma yöntemlerini geliştirmek oldukça karmaşık bir süreçtir. Hem ilaçların kimyasal ve metabolik etkilerinin göz önüne alınması hem de hastalıkların gen ve protein düzeyindeki ölçümlerinin hesaba katılması gerekmektedir. İYK yöntemi sonucunda performansı yüksek olarak hesaplanan bir ilacın gerçekten başarılı bir yeniden konumlandırma olup olmadığını sadece hesaplamalı yöntemlerle kesin olarak ispatlamak oldukça zordur. Bu sebeple bu aşamadan sonra, olası en iyi değerleri veren ilaçlar ıslak laboratuvar ortamında hücre ve hayvan deneyleri sonuçlarına göre değerlendirilmelidir.

Yaptığımız bu çalışmada geliştirdiğimiz İYK yöntemi bazı basamaklarında değiştirilebilir ve geliştirebilir durumdadır. Bunun en güçlü göstergelerinden biri, farklı kanser türleri için farklı sonuçların elde edilmesi ve veri kümesindeki ilaç sayısı arttıkça yöntemin performansının artmasıdır. Yeni ağ metrikleri hesaplanarak mevcut puanlamalar daha iyi hale getirilebilir. Uyguladığımız iki metrik genel olarak bazı ilaçlar için yakın sıralamalar vermiş olsa da klinikte kullanılan kanser tedavisi ilaçları ele alındığında şu an için Tercihli Bağlanma metriği daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu gözlem, geliştirilecek yeni ağ metriklerinin İYK yönteminin performans artışında etkili olabileceğini göstermektedir. Sunulan İYK yöntemiyle potansiyel yeni tedavi adaylarını belirlemek mümkündür. Geliştirilen yöntemin çalışması sonucunda en yüksek puanları alarak ilk üç sıraya yerleşen ilaçların, akciğer ve prostat kanseri tedavileri için yeni alternatif ilaçlar olabileceği düşünülmektedir. Bu ilaçların ilgili kanser türlerindeki etkinlikleri çalışmanın sonraki safhasında ıslak laboratuvar ortamında hücre deneyleriyle doğrulanacaktır. Özetle bu çalışmada ilk sonuçları sunulan ve özgün olarak geliştirilmiş İYK yöntemi, hesaplamalı tedavi öneri yaklaşımları içinde umut vaat etmekte ve geliştirilmeye açık bir yöntemdir.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 318S276 nolu proje tarafından desteklenmektedir.

Kaynakça

- Adamic, L., & Adar, E. (2003). Friends and neighbors on the Web. *Social Networks*, 25(3), 211-230.
- Barabási, A., & Albert, R. (1999). Emergence of Scaling in Random Networks. *Science*, 286(5439), 509-512.
- Brynner, R. & Stephens, T. (2001) *Dark Remedy: The Impact of Thalidomide and Its Revival as a Vital Medicine* (Perseus Publishing, Cambridge).
- Chen, H., Sherr, D., Hu, Z. and DeLisi, C. (2016). A network based approach to drug repositioning identifies plausible candidates for breast cancer and prostate cancer. *BMC Medical Genomics*, 9(1).
- Gottlieb, A., Stein, G., Ruppin, E., & Sharan, R. (2011). PREDICT: a method for inferring novel drug indications with application to personalized medicine. *Molecular Systems Biology*, 7(1), 496.

- Hamosh A, Scott AF, Amberger J, Bocchini C, Valle D, McKusick VA (2002) Online Mendelian Inheritance in Man (OMIM), a knowledgebase of human genes and genetic disorders. *Nucleic Acids Res* 30: 52–55.
- Li, J., Zhu, X., & Chen, J. (2009). Building Disease-Specific Drug-Protein Connectivity Maps from Molecular Interaction Networks and PubMed Abstracts. *Plos Computational Biology*, 5(7), e1000450.
- Linghu, B., Snitkin, E., Hu, Z., Xia, Y. and DeLisi, C. (2009). Genome-wide prioritization of disease genes and identification of disease-disease associations from an integrated human functional linkage network. *Genome Biology*, 10(9), p.R91.
- Ratner, M. L. (2001) Celgene backs into biotech. *In Vivo* 15, 15.
- Renaud, R. and Xuereb, H. (2002). Erectile-dysfunction therapies. *Nature Reviews Drug Discovery*, 1(9), pp.663-664.
- Subramanian, A., Narayan, R., Corsello, S., Peck, D., Natoli, T., & Lu, X. et al. (2017). A Next Generation Connectivity Map: L1000 Platform and the First 1,000,000 Profiles. *Cell*, 171(6), 1437-1452.e17.
- The Human Protein Atlas. (2020). Retrieved 17 July 2020, from <https://www.proteinatlas.org/>.
- Thor, K. B. & Katofiasc, M. A. (1995) Effects of duloxetine, a combined serotonin and norepinephrine reuptake inhibitor, on central neural control of lower urinary tract function in the chloralose-anesthetized female cat. *J. Pharmacol. Exp. Thera.* 274, 1014–1024.
- Wishart DS, Knox C, Guo AC, Cheng D, Shrivastava S, Tzur D, Gautam B, Hassanali M (2008) DrugBank: a knowledgebase for drugs, drug actions and drug targets. *Nucleic Acids Res* 36: D901–D906.
- Xue, H., Li, J., Xie, H., & Wang, Y. (2018). Review of Drug Repositioning Approaches and Resources. *International Journal of Biological Sciences*, 14(10), 1232-1244.
- Zeng, X., Zhu, S., Liu, X., Zhou, Y., Nussinov, R. and Cheng, F. (2019). deepDR: a network-based deep learning approach to in silico drug repositioning. *Bioinformatics*.



Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Etkisi: Yenilikçi Ekonomilere Yönelik Ampirik bir Analiz

Hicran Kasa^{1*}

¹ Türk Hava Kurumu Üniversitesi, AHMYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Ankara, Türkiye (0000-0001-7266-0313)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823569)

ATIF/REFERENCE: Kasa, H. (2020). Endüstri 4.0'ın Ekonomik Büyüme Etkisi: Yenilikçi Ekonomilere Yönelik Ampirik bir Analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 305-312.

Öz

Endüstrileşme kavramı, bir taraftan gelişen teknolojilerin kullanımı ile artan verimliliğin GSYH'a yansımalarını nitelerken diğer taraftan ülkelerin iktisadi olarak refahının yanı sıra sosyal alanlarda da değişimini ifade etmektedir. Endüstrileşmenin itici gücü olan mekanik ve elektronik değişimler bilgi toplumunu, iletişim teknolojileri ve bilgisayarların sürece entegre edilmesi ise enformasyon devrimini gerçekleştirmiştir. Bu bağlamda, günümüzde Endüstri 4.0 olarak bilinen son sanayi devrimi, akıllı üretim sistemlerinin ve gelişmiş bilgi-iletişim teknolojilerinin endüstrileşmede yarattığı değişim ve dönüşümleriyle oldukça önemli hale gelmiştir. Solow büyüme modeli uzun dönemde ekonomik büyümenin temel kaynağının sermaye, emek ve işçi başına sermaye birikiminin yanı sıra dışsal faktörler olarak kabul edilen teknolojik gelişmeler ve inovasyon olduğunu savunmaktadır. Bu kapsamda, Endüstri 4.0 sürecine entegre olmayı başaran ve/veya uyum noktasında gerekli reformları yapmayı başarmış yenilikçi ülkelerin gelişimlerine en çok etki eden faktörleri irdelemek bu çalışmanın temel amacını oluşturmaktadır. Bu amaca uygun olarak dinamik panel veri modellerinden "Sistem GMM" tahmincisi kullanarak seçilmiş 16 ülkenin; Ar-Ge harcamaları, yüksek teknoloji ürün ihracatları, beşeri sermaye endeksi, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve patent başvurularının ekonomik büyüme etkisi incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar yüksek teknoloji ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının kişi başına GSYH'a pozitif etki ettiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Endüstri 4.0, Sistem GMM, Kişi Başına GSYH, İnovasyon

The Impact of Industry 4.0 on Economic Growth: An Empirical Analysis for Innovative Economies

Abstract

The concept of industrialization defines the change not only in the economic welfare of countries but also in social areas, due to the increase in the share of rising production in GDP with the use of developing technologies. The information society has been formed with mechanical and electronic changes, and the information revolution has taken place with the integration of communication technologies and computers into this process. In this context, the last industrial revolution known as Industry 4.0 has become very important with the changes and transformations created by smart production systems and advanced information-communication technologies in industrialization. The Slow growth model has been argued that the source of economic growth is not only capital, labor, and capital accumulation for the per worker but also technological developments and innovation, which are considered as external factors in the long run. Based on this argument, the aim of the study is to statistically examine the development of countries that have succeeded in integrating with the Industry 4.0 process and/or have succeeded in the necessary reforms in the process of adaptation. R&D expenditures, high technology product exports (HTE), human capital index, direct foreign capital investments, and high technology export impact on economic growth have analyzed by using the system GMM model for the selected innovative economies.

Keywords: Industry 4.0, System GMM, Economic Growth, Innovation

* Sorumlu Yazar: Türk Hava Kurumu Üniversitesi, AHMYO, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, Ankara, Türkiye (0000-0001-7266-0313), hkasa@thk.edu.tr

1. Giriş

Mevcut küreselleşme dünya çapında sürekli artan sermaye ve tüketim malları talebini karşılama ve aynı anda insanoğlunun ekonomik, sosyal ve çevresel boyutlarıyla sürdürülebilir gelişimini amaçlamaktadır. Bu gelişimin sağlanması yaratılan endüstriyel katma değerın sürdürülebilir olmasını gerektirmekte ve günümüzde sanayileşmenin dördüncü aşaması ile biçimlendirilmektedir. Endüstri 4.0 olarak adlandırılan bu süreç ilk olarak 2011 yılında Almanya'da yüksek teknoloji stratejilerine dayalı yeni bir Alman ekonomi politikasının geliştirilebilmesi için bir öneri olarak doğmuştur. Hızlı, esnek ve düşük maliyetli üretime olanak sağlayan Endüstri 4.0; kaynakların tahsisi, yeni ürünler, malzemeler, enerji ve su kaynaklarının etkin kullanımı gibi alanlarda verimlilik artışı sağlarken, sürece adapte olabilen ekonomilere de birçok alanda rekabet üstünlüğünü beraberinde getirmektedir (Gabriel ve Pessl, 2016; Wagner, 2016). İmalat sanayinde gittikçe daha şiddetli hale gelen küresel rekabetle birlikte, nesnelerin ve hizmetlerin internetini imalat sanayinde kullanmanın sağlayacağı avantajları fark eden tek ülke tabiki Almanya değildir. Dahası, Alman endüstrisine tehdit oluşturan sadece Asya ülkeleri değil aynı zamanda sanayisizleşme ile mücadele etmek için "gelişmiş üretimi" teşvik eden ABD gibi diğer birçok yüksek gelirli ekonomi de mevcuttur.

Teknolojik gelişmeler ve ekonomik büyüme ile ilişkisi 1980'lerden itibaren araştırmalara konu olmuştur. İçsel büyüme ve neo klasik büyüme teorilerinin aksine ekonomik büyümenin dışsal kabul edilen faktörlerin sonucu değil de ekonomik sistemin içsel bir sonucu olduğu savunulmuş dolayısıyla ülkeler arasındaki var olan refah farklılıkları teknolojik değişimlere bağlanmıştır. Böylelikle sanayi devriminden sonra kişi başına milli gelirdeki hızlı yükseliş teknolojik gelişmelere dayandırılarak, bilginin üretimde artan marjinal verimliliğe sahip bir girdi olarak kabul edildiği uzun vadeli bir büyüme modeli sunulmuştur (Romar, 1986; Lucas 1988). Ancak yeniliği ekonomik kalkınmanın temel itici gücü olarak gören Schumpeter (1911, 1939) , yaratıcı yıkımın işgücü piyasasına şiddetli ve uzun süreli sürüşmeler getirdiğini ayrıca işsizliğe neden olacağını savunmaktadır. Nitekim onun için teknolojik işsizlik açık arayla en önemli işsizlik türüdür.

Endüstriyel devrimlerin ilki İngilterede başlamış ve insanlık tarihinde önemli değişimlere yol açmıştır. Dönüm noktası olarak kabul edilen birinci sanayi devrimi günümüz ekonomik, siyasal ve toplumsal ilişkilerine de ışık tutmaktadır. 1775 yılında buhar gücü ile çalışan ilk makinanın keşfi ile İngilterede başlayan dönüşüm süreci kısa sürede dünyaya yayılmış üretimde birim maliyetler düşerken verimlilik artışı da sağlanmıştır. Bu süreç aynı zamanda küreselleşme algısının başlangıç noktası olarak kabul edilmektedir. 1870 lerde başlayarak 1989 kadar devam eden küreselleşmenin ikinci dalgası ise Endüstri 2.0'dır. Petrolün endüstrilerde kullanılmasıyla yeni içten yanmalı motor ve makinalar geliştirilmiş dolayısıyla buhar makinalarının yerini alan bu teknoloji yapısal bir değişim ve dönüşümü de beraberinde getirmiştir. Söz konusu teknolojik gelişmeler her ne kadar arzın artmasına neden olsa da bu artış talebin ve yeni ürün beklentilerinin gerisinde kalmaya devam etmiştir. 1. Dünya savaşına tekabül eden bu süreçte, kalifiye iş gücü yetersizliği ve ekonomik koşullar nedeniyle işverenlerin yüksek ücret ödeme olasılığı da ortadan kalkmıştır. İkinci dünya savaşı ile bu sorunlar aşılmaya başlanmış elektrik enerjisinin üretimde kullanılmasıyla müşteri temelli üretim sistemleri oluşturulmuştur. Veri saklama ve elektronik sistemlere geçiş küreselleşmenin üçüncü dalgası olan Endüstri 3.0'a yön verecek gelişmelerdir. Elektronik ve bilişim teknolojilerinin ileri otomasyonda kullanılması olarak tanımlanabilecek Üçüncü Sanayi Devrimi programlanabilir mantıksal denetleyici cihazının üretimde kullanılmasıyla ortaya çıkan süreçtir. Söz konusu teknolojilerin kullanımı otomasyonu doğurmuştur (Kagermann, 2013).

İlk üç sanayi devrimi incelendiğinde mekanizasyon, elektronik ve bilişimin bir sonucu olarak ortaya çıkan yapısal dönüşümler ve reformlar dikkat çekmektedir. Nesnelerin ve hizmetlerin interneti, siber-fiziksel sistemler gibi teknolojilerin üretim sürecine dahil edilmeleri ile akıllı fabrikaların oluşturulmaya başlanması ise içinde bulunduğumuz süreç olan Dördüncü Sanayi Devrimi olarak ifade edilmektedir. Böylelikle işletmeler, makinelerini, depolama sistemlerini ve üretim tesislerini Siber-Fiziksel Sistemler (CPS) ile birleştiren küresel ağlar kurabilmişlerdir. Bu sadece üretimin daha esnek bir şekilde yapılandırılmasının yanı sıra çok daha farklılaşmış yönetim ve kontrol süreçleri sunmaktadır. Bu nedenle Endüstri 4.0, mevcut bilgi iletişim (IT) tabanlı süreçleri optimize etmenin yanı sıra, daha önce kaydedilmesi imkansız olan hem ayrıntılı süreçlerin hem de genel etkilerin küresel ölçekte izlenebilmesine olanak tanımaktadır. Alışla gelmiş birçok iş yapma biçimini farklılaştıran dördüncü sanayi devrimi ile farklı uygun fiyatlı teknolojilerin yakınsanması ekonominin tüm alanlarını da dönüştürmüştür.

Dünya Fikri Mülkiyet Kurumu (WIPO) liderliğinde hazırlanan Küresel İnovasyon Endeksi, dünyada ekonominin itici gücü olarak inovasyonu görmekte, bu nedenle ekonomik kalkınma ile inovasyon arasındaki ilişkiyi araştırmaktadır. WIPO'nun 2020 yılı raporunda Türkiye 52. sırada yer almakta olup gelişmekte olan ülkeler kategorisinde de onuncu sırada bulunmaktadır. Üst orta gelirli ülkeler arasında ise ilk 25 de yer alan üst orta gelirli tek ülke Çin'dir. Listenin ilk onunda yer alan ülkeler, gelir grupları ve buldukları bölgeler ve sıralamalarına ilişkin bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1: İnovasyon Endeksi Yüksek Olan İlk On Ülke ve Bölgesel Sıralamaları (2020)

Ülkeler	Puan	Global Sıralama	Gelir Seviyesi	Gelir Gruplarına Göre	Bölgeler	Bölgesel Sıralama
İsviçre	66.08	1	Yüksek Gelir	1	Avrupa	1
İsveç	62.47	2	Yüksek Gelir	2	Avrupa	2
Amerika	60.56	3	Yüksek Gelir	3	Kuzey Amerika	1
İngiltere	59.78	4	Yüksek Gelir	4	Avrupa	3
Hollanda	58.76	5	Yüksek Gelir	5	Avrupa	4
Danimarka	57.53	6	Yüksek Gelir	6	Avrupa	5
Finlandiya	57.02	7	Yüksek Gelir	7	Avrupa	6
Singapur	56.61	8	Yüksek Gelir	8	Güneydoğu Asya	1
Almanya	56.55	9	Yüksek Gelir	9	Avrupa	7
G. Kore	56.11	10	Yüksek Gelir	10	Güney Doğu Asya	2

Kaynak: WIPO Global Innovation Index 2020

İlk 10'da yer alan ülkelerin tamamının yüksek gelirli ülkeler olduğu, raporun son sıralarında yer alan ülkelerin genelinen ise düşük gelirli Sahra-Altı Afrika bölgesinde yer alan Mozambik, Etiyopya, Nijerya gibi ülkelerden oluştuğu görülmektedir. Sürdürülebilir ekonomik büyümeyi sağlayabilen ülkelerin temelde Ar-Ge'ye yatırım yapan, inovasyon yapabilen, teknolojik yenilikleri takip edebilen dolayısıyla toplam faktör verimliliğini artırabilen gelişmiş ülkeler olduğu görülmektedir.

Bu çalışma 1980'den günümüze özellikle bilgi iletişim teknolojileri alanında hız kazanan teknolojik gelişmelerin ülkelerin ekonomik büyümelerine etkilerini ölçmeyi amaçlamıştır. Bu amaçla, teknolojik değişimin önceki çalışmaların aksine, makroekonomik unsurlara ve bir bütün olarak ekonominin tamamı üzerine etkisi gözlemlenmek istenmiştir. Firma düzeyindeki çalışmalar genellikle yenilik yapan firmaları dikkate alırken rakip firmalar ve/veya diğer sektörleri konu dışında bırakmışlardır. Sektör düzeyindeki çalışmalar ise belirli endüstrilerdeki yeniliklerin etkisini tahmin etmekte, ancak bir bütün olarak ekonomi üzerindeki etkiyi irdelememektedirler. Ekonomi üzerindeki genel etki ancak makroekonomik çalışmalarca değerlendirilebilir.

Bu kapsamda, Endüstri 4.0 sürecine entegre olabilmemiş ve uyum noktasında gerekli reformları yapmayı başarmış ülkelerin bölgesel ekonomik gelişmişlik seviyelerine teknolojinin etkisini ölçmek maksadıyla 2020 Küresel İnovasyon Endeksi'nde ön sıralarda yer alan 16 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke araştırmaya dahil edilmiştir. Böylelikle bağımsız değişkenlerin ülkelerin ekonomik büyümelerine etkilerine ilişkin genel sonuçlar elde etmenin yanı sıra her bir bölgesel farklılık göz önüne alınarak da sonuçlar değerlendirilebilecektir. Yeni nesil panel veri analizlerinden Sistem GMM modeli ile ülkelerin inovatif olmalarını dolayısıyla ekonomik büyümelerini destekleyen Ar-Ge harcamaları, patent başvuruları, beşeri sermaye, yüksek teknoloji ürün ihracatları, doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının ekonomik büyümeye etkisi araştırılmıştır. İlerleyen bölümlerde öncelikle literatür incelemesi yapılacak daha sora sırasıyla veri ve metodoloji, tahmin sonuçlarına yer verilecektir.

Literatür

Endüstri 4.0 Nesnelerin İnterneti (IoT), artırılmış gerçeklik, katmanlı imalat (AM), büyük veri, bulut bilişim, simülasyon, endüstriyel otomasyon, siber güvenlik gibi teknolojilerin dahil edilerek söz konusu ileri teknolojilerin iş akışlarını sürekli iyileştirme metodolojilerine entegre edebilen dijital dönüşüm çağını ifade etmektedir (Barreto vd., 2017; Li ve Yang, 2017; Trompisch, 2017; Wagner vd., 2017; Kasa ve Arslan, 2020; Nascimento, vd. 2019). Dolayısıyla bilgi iletişim teknolojilerinin ve veri depolama tekniklerinin gelişimi ile Endüstri 4.0 araştırmacılar, akademisyenler, işletmeler ve diğer paydaşlar tarafından giderek daha çok araştırılan bir konu haline gelmiştir. Dördüncü Sanayi Devrimi ve ekonomik etkilerine yönelik çalışmalar ampirik ve teorik olarak iki grupta değerlendirilebilmektedir. Bu kapsamda Roblek, vd. (2016), Endüstri 4.0'ın bilinen teori ve uygulamalarını sentezleyerek nesnelerin internetinin gelişmesi ile ortaya çıkacak değişiklikleri araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlar üretici ve tüketici arasındaki ilişkinin yeni bir ifadesi olarak ortaya çıkan nesnelerin internetinin (IoT teknolojisi), işletmenin değeri bakımından oldukça önemli olduğunu ve neredeyse tüm sektörlerde katma değerli yeni ürünler, hizmetler ve iş modellerinin oluşturulmasını sağladığını göstermektedir (Dutton, 2014; Forrest and Hoanca, 2015; Yu et al., 2015). Dolayısıyla, dijitalleşme ile gerçek ve sanal dünyaların sürekli yakınsaması, ekonominin tüm sektörlerinde yenilik ve değişimi ana itici güç haline getirmektedir (Kagermann, 2015). Bu bağlamda sürecin olumlu olduğu kadar olumsuz etkileri de literatürde yer bulmuştur. Kerem, (2018) tarafından sürdürülebilirliğe olan etkisi üzerine yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir ve Türkiye'nin adaptasyonu noktasında öneriler sunulmuştur.

Kaynakların sürdürülebilirliği ve gelecek nesillere aktarımının sağlanmasında endüstri 4.0 ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişki büyük önem taşımaktadır (Bakkari ve Khatory, 2017). Bu bağlamda Endüstri 4.0 işletmelerin üretim, lojistik ve kalite yönetim maliyetlerinde ortalama %10 ila % 30 arasında azalmaya neden olacaktır (Rojko, 2017). Avrupa Birliği ülkelerin de endüstriyel üretim sektörü ekonomik büyümeye etki eden tüketim, yatırım, istihdam gibi kalemlerin önemli itici güçüdür ve Avrupa birliğinin ihracatının %75'ini ve tüm yeniliklerinin ise % 80 kapsamaktadır (Hofmann ve Rüsçh, 2017). Ancak yeterli kurumsal denetim mekanizmasına sahip olmayan ve endüstrileşme sürecini geriden takip eden ülkelerde bu süreci hızlandıracak sistemlerin yatırım getiri oranı cazip gelmemekte dolayısıyla akıllı fabrikaları destekleyen yatırımlar düşük seviyede kalmaktadır (Stăncioiu, 2017). Uzun dönemde dijitalleşmeye yönelik yatırımların artacağı da bilinen bir gerçektir (Baysal, 2015). Dolayısıyla kısa vadede inovasyonun yarattığı teknolojik gelişmelerden özellikle istihdam üzerinde yaratacağı olumsuz etkilerden uzun dönemde kaçış mümkün olmayacaktır (Deloitte, 2016; Kabaklarlı ve Atasoy, 2016). İşsizliğin artabileceği endişesiyle gelişen ve değişen teknolojilere tepki olarak ortaya çıkan birçok eylem yeni sanayi devrimleriyle son bulmuş ve modern insan karşı konulamaz bu süreci kabullenmiştir (Kabaklarlı, 2016). Yeni mesleklerin doğuşu işsizlikten ziyade yeni niteliklere sahip işgücü ihtiyacını da beraberinde getirmiştir.

Teknolojik değişimleri ele alarak yapılan ampirik çalışmaların temelinde Ar-Ge harcamaları yer almaktadır. Bu değer ülkelerin teknoloji üretme ve geliştirmeye yönelik çabalarını göstermektedir. Aynı zamanda Ar-Ge'ye yönelik yatırımlar ülkelerin yüksek teknoloji mal ve hizmet üretme kapasitelerini, dolayısıyla net ihracatlarını, istihdamlarını ve ekonomik büyümelerini uzun dönemde pozitif yönde etkilemektedir. Feldmann (2013), 21 endüstri ülkesinin Ar-Ge harcamaları ve patent sayılarından yola çıkarak inovasyonun işsizlik üzerine etkisini regresyon analizi ile incelemiştir. 1985-2009 yıllarını kapsayan panel veri analizinde Sistem GMM modeli kullanılmış ve kısa dönemde teknolojinin işsizlik üzerine etkisi negatif görülürken üç yıllık bir sürecin ardından bu etkinin pozitif yönüne dönüştüğü gözlemlenmiştir. Teknoloji yeni becerilerin gerekliliğini ortaya çıkartırken bu becerilere sahip olmayan insan kaynağı ihtiyacının azalmasına da neden olmuştur (Michelacci and Lopez-Salido, 2007). İçinde bulunulan dönemin gerektirdiği niteliklere sahip emek gücünün ücret ve ortalama gelirleri de teknolojik gelişmelere paralel olarak artmıştır (Weiss and Garloff, 2011). Ücretlere yönelik değişikliklerin, Cafri (2018)'in 28 OECD ülkesini ve 1997-2010 yıllarını kapsayan panel veri analizi, gelir adaletsizliğinde artışa neden olduğunu göstermektedir. Bogliacino (2014), 2000-2008 yıllarını kapsayan istihdam, yatırım ve Ar-Ge harcamalarına ilişkin dengesiz panel (unbalanced panel) veri setinden yola çıkarak yaptığı analiz sonucunda yenilikçi yaklaşımların istihdam etkisini incelemiştir. Sonuçta verimlilik artışı elde edilirken, istihdamda daha az yetenek gerektiren işlere doğru kaymalar meydana gelmiştir. Endüstri 4.0'a ilişkin teorik incelemelerde oldukça yer verilen ve sürecin en önemli yapıtaşlarından biri olan bilgi iletişim teknolojilerinin, Ar-Ge

harcamaları ve yüksek teknoloji ürün ihracatı arasındaki ilişkinin ülke ekonomilerine yansımaları Göçer (2013) tarafından araştırılmıştır. 11 Asya ülkesinden yola çıkılarak elde edilen regresyon sonucunda söz konusu üç değişkenin büyümeye pozitif etki ettiği gözlemlenmiştir. Buerger vd. (2012) yaptıkları çalışmada Almanya da artan patent sayılarını tıbbi ve optik ekipman endüstrisinin yanı sıra elektrik ve elektronik endüstrisindeki istihdamın artmasıyla ilişkilendirmişlerdir. Bu artış araştırmaya konu olan 1999-2005 yıllarını kapsamakta olup söz konusu alanlara yönelik yapılan yatırımların etkin kullandığını göstermektedir. Benzer şekilde Bogliacino ve Vivarelli (2012), 1996'dan 2005'e kadar 15 Avrupa ülkesinde 25 imalat ve hizmet sektörünü kapsayan çalışmalarında işletmelerin Ar-Ge harcamalarının (kendi görüşlerine göre, ürün yeniliğinin bir öngörücüsü) iş yaratan bir etkisi olduğunu sonucuna varmışlardır. Bilişim teknolojileri harcamalarının çeşitli bileşenlerine ilişkin veriler kullanılarak 1987-1991 yılları arasında verimliliğe etkisi, 1991 yılında yaklaşık 1.8 trilyon dolar çıktı üreten 367 firmada araştırılmıştır. Sonuç olarak bilişim teknolojilerinin verimliliğe etkisinin pozitif yönlü olduğu bulunmuştur (Brynjolfsson & Hitt, 1996). Bilişim teknolojilerine yönelik harcamaların imalat sanayi maliyetlerini %20 oranında azalttığı da ayrıca Morrison & Berndt (1990) tarafından ekonometrik olarak saptanmıştır.

Endüstri 4.0 ile hayatımıza giren yeni teknolojiler ve birebirleriyle iletişim kurabilen, sensörler yardımıyla ortamı algılayabilen, veri toplama ve veri analizi ile tüketicinin değişen taleplerini ve ihtiyaçlarını tahmin edebilen robotlar, üretim sistemlerinde kullanılmaya başlanılmıştır. Böylelikle daha etkin, verimli ve düşük maliyetli üretim yapılabilmektedir. İlgili literatürden yola çıkılarak söz konusu teknolojik değişim ve dönüşümlerin yarattığı makroekonomik etkilerin ampirik analizlerde çoğunlukla işsizlik, istihdam ve ihracat üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu nedenle çalışmada, teknolojik gelişmişlik seviyesinin artmasına neden olan faktörlerin ve yüksek teknoloji ürün ihracatı, yabancı sermaye yatırımları gibi çıktıların ülkelerin refahına olan etkisinin sorgulanması amaçlanmıştır. Değişkenlerin seçiliminde bilhassa Doğu Asya ülkelerinde gözlemlenen teknolojik gelişmelere etki eden faktörler göz önüne alınmıştır.

Veri ve Metodoloji

Çalışmanın ampirik bölümünde dijital ekonominin yani nesnelerin intenet, sanal gerçeklik, bulut teknolojileri, Siber-Fiziksel Sistemler gibi Endüstri 4.0 teknolojilerinin temsili olarak Ar-Ge harcamaları, patent başvuru sayıları ve beşeri sermaye indeksi kullanılmıştır. Kontrol değişkenler ise yüksek teknoloji ürün ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarıdır. Her bir değişkene ilişkin semboller, derlendiği veri tabanları ve açıklayıcı bilgiler Tablo 3 de sunulmuştur. Söz konusu değişkenlerin kişi başına GSYH hasılaya etkisi yeni nesil panel veri modellerinden Sistem GMM yardımı ile analiz edilmiştir.

Tablo 3: Değişkenlerin Tanımları

gdp	World Bank Kişibaşına GSYH (constant 2010 US\$)	Kişi başına GSYH, gayri safi yurtiçi hasılanın yıl ortası nüfusa bölünmesiyle elde edilir.
rd	Dünya Bankası (% GSYH), OECD	Araştırma ve geliştirme (Ar-Ge) için ayrılan gayri safi yurtiçi harcamalarıdır. GSYH'nın yüzdesi olarak ifade edilir. Dört ana sektöre (Özel kar amacı gütmeyen kuruluşlar, Devlet, Ticari İşletmeler, Yükseköğretim) ilişkin hem cari hemde sermaye harcamalarını kapsamaktadır. Ar-Ge, temel araştırma, uygulamalı araştırma ve deneysel geliştirmeyi kapsar.
hte	Orta ve Yüksek Teknoloji İhracatı	Orta ve yüksek teknoloji imalat ihracatının, toplam mamul ihracatı içindeki payı.
pat	Dünya Bankası	Patent başvuruları, bir buluş için münhasır haklar elde etmek amacıyla Patent İşbirliği Anlaşması prosedürü ile bir ulusal patent ofisi tarafından yapılan dünya çapındaki başvuruları ifade eder. Bir ürün veya bir şeyi yapmanın yeni bir yolunu sağlama veya bir soruna yeni bir teknik çözüm sunan işlemlerdir. Bir patent, sahibine kullanım hakları için sınırlı bir süre sağlar (Genellikle 20 yıl süreyle koruma sağlar).
fdi	Dünya Bankası	Doğrudan yabancı yatırım, ekonomisindeki doğrudan yatırım, özkaynak akışlarını ifade eder. Öz sermaye, kazançların yeniden yatırımı ve diğer sermayenin toplamıdır. Doğrudan yatırım, başka bir ekonomide ikamet eden bir işletmenin yönetimi üzerinde kontrole veya önemli derecede etkiye sahip bir ekonomide ikamet eden bir kişi ile ilişkili bir sınır ötesi yatırım kategorisidir. Doğrudan yatırım ilişkisinin varlığını belirleme kriteri, oy hakkına sahip adi hisse senetlerinin yüzde 10 veya daha fazlasına sahip olmasıdır. Veriler, cari ABD doları cinsinden verilmiştir.
hc	Penn World Table	İnsan gelişiminin üç temel boyutunda ortalama başarıyı ölçen bileşik bir endekstir. Uzun ve sağlıklı bir yaşam, bilgi ve makul bir yaşam standardını ifade etmektedir. Beşeri sermaye ayrıca eğitim yılı temel alınarak hazırlanmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin kişi başına GSYH'a etkisinin incelendiği analizde 1991- 2018 yıllarını kapsayan 16 ülkeye ait yıllık veriler kullanılmıştır. Bu ülkeler küresel inovasyon endeksi 2020 yılı raporundan yola çıkılarak seçilmiştir. Söz konusu endeks ayrıca ülkelerin gelir grupları ve bölgesel dağılımlarını da dikkate alacak şekilde hazırlanmıştır. Buna göre seçilen 16 ülke Asya, Avrupa ve Amerika kıtalarında yer alan ve inovasyon endeksi dünya saralamasında ilk on sırada olan ülkelerdir. Bu ülkeler sırasıyla Avrupa kıtası için İsviçre, Finlandiya, İngiltere, Hollanda, Danimarka Amerika kıtası için Amerika, Kanada, Şili, Brezilya, Meksika Asya kıtası için Singapur, Çin, Kore, Hong Kong, Japonya ve Türkiye'dir. Türkiye dünya genelinin 51, yüksek orta gelirli ülkeler sıralamasında 8. sırada yer almaktadır. Ülkelerin 11'i gelişmiş 5'i ise gelişmekte olan ekonomilerdir.

Sistem Genelleştirilmiş Monmentler Yöntemi (GMM) esasına dayanan dinamik panel veri tahmincisi Holtz-Eakin ve Rosen (1988); Arellano and Bond (1991); Arellano and Bover (1995); Blundell and Bond (1998) tarafından geliştirilmiştir (Roodman, 2009). Öncelikle teknolojik gelişmelerin kişi başına GSYH'ya etkisinin tahmininde aşağıda yer alan dinamik panel regresyon denklemi kullanılmıştır.

$$gdp_{i,t} = \alpha + \rho gdp_{i,t-1} + \beta X_{i,t} + \delta TG_{i,t} + \varepsilon_{i,t} \quad (1)$$

$$i = 1, 2, \dots, N, t = 1991, \dots, T$$

“gdp” kişi başına düşen (GSYH)’ı, $\rho gdp_{i,t-1}$ gecikmeli GSYH değerini, $X_{i,t}$ açıklayıcı değişkenlerin vektörünü yani yüksek teknoloji ürün ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımlarını göstermektedir. İlave olarak $TG_{i,t}$ ise teknolojik gelişmeleri yani patent başvuruları, beşeri sermaye ve Ar-Ge harcamalarını yansıtmaktadır. $\varepsilon_{i,t}$ ise t zamanında i ülkesi için hata terimidir. Araç değişkenlerin geçerliliği (validity) iki farklı test ile tahmin edilmektedir. Hansen testi, GMM tahmininde kullanılan araç değişkenlerin dışsallığını kontrol etmek için kullanılırken, Arellano ve Bond (1991) testi 1. ve 2. dereceden otokorelasyonu kontrol etmek amaçlıdır (Emara ve Kasa, 2020).

İkinci denklem ise ilk denklemin birinci farkını göstermektedir. Arellano and Bond (1991) tarafından önerildiği şekli ile Sistem GMM denklem (1) ve denklem (2)’i aşağıda gösterildiği şekliyle birleştirmektedir.

$$(gdp_{i,t} - gdp_{i,t-1}) = \alpha + \rho(gdp_{i,t-1} - gdp_{i,t-2}) + \beta(X_{i,t} - X_{i,t-1}) + \delta(TG_{i,t} - \delta TG_{i,t-1}) + (\varepsilon_{i,t} - \varepsilon_{i,t-1})$$

Ayrıca, teknoloji gelişme değişkenlerinin kişi başına GSYH üzerindeki potansiyel doğrusal olmayan etkisini incelemek için, TG değişkeninin karesi aşağıda gösterildiği gibi modele eklenmiştir,

$$gdp_{i,t} = \alpha + \rho gdp_{i,t-1} + \beta X_{i,t} + \delta TG_{i,t} + \gamma TG_{i,t}^2 + \varepsilon_{i,t} \quad (3)$$

Teknolojik gelişmelerin yurtiçi tasarruflar üzerindeki toplam etkisi, γ katsayısına δ katsayısı eklenerek tahmin edilir ve etkinin istatistiksel önemi, bu iki katsayının standart hataları kullanılarak tahmin edilir. Son olarak, finansal erişim değişkenlerinin yurtiçi tasarruflar üzerindeki etkisi açısından Asya, Avrupa ve Amerika arasındaki bölgesel farklılıkları incelemek amacıyla, veriler her bölge için sınırlandırılmış ve denklem (3) sırayla her bölge için yeniden tahmin edilmiştir.

Tahmin Sonuçları

Bu bölümde örneklemin tamamını kapsayan regresyon analizine ilişkin elde edilen bulgular ve bölgesel farklılıklar değerlendirilmektedir. Buna göre Tablo 4, teknolojik faktörler gözününe alınarak doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yüksek teknoloji ürün ihracatı ile GSYH arasındaki ilişkiyi gösterilmektedir. Ana modelde yer alan söz konusu bağımsız değişkenler beklenildiği üzere pozitif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Sütun 1, GSYH’nın gecikmeli değerini göstermekte ve istatistiksel olarak pozitif ve anlamlı bir korelasyon olduğunu teyit etmektedir. Sütun 2 ve 3, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yüksek teknoloji ürün ihtacatının büyüme üzerine anlamlı ve pozitif etki ettiklerini ayrıca sermaye yatırımlarında meydana gelecek %1 oranındaki artışın büyümeyi %18.38, yüksek teknoloji ürün ihracatındaki %1’lik artışın ise büyümeyi %11.12 oranında artıracaklarını göstermektedirler. Hansen testi, kullanılan veri setinin eksojen dağılımını dolayısıyla regresyonda kullanılan araç değişkenler geçerli ve modelin uygun olduğunu ispatlamaktadır. Ayrıca Arellano Bond (1991) AR1 ve (AR2) testleriyle seri korelasyonun olmadığını göstermektedir.

Tablo 5’te teknolojik gelişmeyi niteleyen göstergelerin ekonomik büyümeye etkisinin bölgesel dağılımlarını görebileceğimiz regresyon sonuçları sunulmuştur. Buna göre sırasıyla Ar-Ge harcamaları “rd”, patent başvuruları “pat” ve sosyal sermaye “hc” olarak isimlendirilmiştir. Öncelikle Tablo 5’te küresel inovasyon endeksinde üst sıralarda yer alan Avrupa ülkelerine ilişkin regresyon sonuçları yer almaktadır. İlk sütunda Ar-Ge harcamaları katsayı değeri istatistiksel olarak anlamlı olmakla birlikte büyümeyi negatif yönde etkilediği görülmektedir. Ar-Ge harcamalarındaki %1’lik artış kişi başına GSYH’da %0.3 oranında azalmaya neden olmaktadır. Bu sonuç Avrupayı temsil eden ülkelerde Ar-Ge harcamalarının etkin ve verimli kullanılmadığının bir göstergesi olabilecektir. Benzer şekilde Avrupa’da Endüstri 4.0 sürecindeki teknolojik gelişmeleri temsilen kullanılan patent başvuruları da istatistiksel olarak anlamlı ancak kişi başına GSYH’ya etkisi negatiftir. Patent başvurularında meydana gelecek %1’lik artış kişi başına GSYH’i %0.08 oranında negatif etkilemektedir. Elde edilen regresyon analizi sonucunda beşeri sermaye ve kişi başına GSYH arasında doğrusal olmayan bir ilişki (nonlinear) tespit edilmiştir. Kontrol değişkeni olarak modelde yer alan doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve yüksek teknoloji ürün ihracatının kişi başına GSYH’ya etkileri istatistiksel olarak anlamlı ve pozitifdir. Modele teknolojik göstergeler sırasıyla eklendiğinde “fdi’nin” %1’lik artışı kişi başına GSYH’i %9.74, %6.68, %12.86 oranında artırmaktadır. Modele teknolojik göstergeler sırasıyla eklendiğinde hte’nin” %1 oranında artışı kişi başına GSYH’i %40.94, %51.43, %22.10 oranında artırmaktadır.

Amerika kıtasında bulunan ve küresel inovasyon endeksinde üst sıralarda yer alan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ilişkin regresyon sonuçları Tablo 5’in ikinci kısmında yer almaktadır. Buna göre doğrudan yabancı sermaye yatırımları istatistiksel olarak anlamlı ve kişi başına GSYH’ya pozitif etki etmektedir. Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarında “fdi” meydana gelen %1’lik artış kişi başına GSYH’i %27.37 oranında artırmaktadır. Benzer şekilde Ar-Ge harcamaları istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif etkiye sahiptir. Ar-Ge harcamalarında “rd” meydana gelen %1’lik artış kişi başına GSYH’i %0.07 oranında artırmaktadır. Bu durum teknoloji gelişmeleri temsilen modele dahil edilen Ar-Ge harcamalarının etkin kullanımını temsil etmektedir.

Asya kıtasında bulunan ve küresel inovasyon endeksinde üst sıralarda yer alan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelere ilişkin regresyon sonuçları Tablo 5'in son kısmında yer almaktadır. Buna göre hem doğrudan yabancı sermaye yatırımları hem de yüksek teknoloji ürün ihracatı istatistiksel olarak anlamlı ve kişi başına GSYH üzerinde pozitif etkiye sahiptirler. Doğrudan yabancı sermaye yatırımlarında "fdi" meydana gelen %1'lik artış Ar-Ge harcamaları modele dahil edildiğinde kişi başına GSYH'i % 28.52 oranında, paten başvuruları dahil edildiğinde % 28.58 oranında ve beşeri sermaye endeksi dahil edildiğinde %30.09 oranında artırmaktadır. Benzer şekilde "hte" de %1'lik artış Ar-Ge harcamaları modele dahil edildiğinde kişi başına GSYH'i %0.07 oranında, paten başvuruları dahil edildiğinde % 6.82 oranında, beşeri sermaye endeksi dahil edildiğinde ise % 6.93 artırmaktadır.

Sonuç

İlk olarak Almanya tarafından Hannover fuarında ortaya atılan Endüstri 4.0 sürecinin temelinde emek faktörüne ihtiyaç duyulmadan otonom olarak faaliyet gösterebilecek makine ve üretim sistemleri kurmak vardır. Akıllı hale getirilmek istenen fabrikalar ve üretim sistemleri ile emek faktörü kaynaklı oluşabilecek hatalar minimize edilebilecek ve en yüksek seviyede verimlilik artışı sağlanabilecektir. Ayrıca tüketici talebine yönelik olarak, ürünün yaşam döngüsü içerisinde siparişinden teslimine kadar denetlenebildiği, faaliyetlerin otonom sistemlerle gerçekleştirildiği, böylece en az hata ve aksamayla müşteri memnuniyetinin en yüksek seviyeye çıkarılabildiği üretim sistemleri yaratılabilir. Dolayısıyla bu üretim modeli işletme maliyetlerinin olabildiğince düşürülmesine olanak sağlamaktadır (Görçün, 2016). Etkilerini hayatın durağan akışında oldukça hissettiğimiz Dördüncü Sanayi Devrimi'nin ekonomiye yansımalarının ölçülebilmesi bu çalışmanın amacıdır. Bu amaç doğrultusunda giriş bölümünde Endüstri 4.0 nedir, etkileri nelerdir sorularına yanıt aranmış ayrıca endüstri devrimleri ve teknolojik gelişmelere dikkat çeken büyüme teorilerine değinilmiştir. Daha sonra ilgili literatür amprik ve teorik olarak iki grupta incelenmiştir. Teorik çalışmalar, Endüstri 4.0 teknolojileri olarak bilinen Nesnelerin İnterneti (IoT), artırılmış gerçeklik, katmanlı imalat (AM), büyük veri, bulut bilişim, simülasyon, endüstriyel otomasyon, siber güvenlik gibi teknolojilerin ekonomiye yansımalarını büyük oranda mikro ölçekte incelerken, amprik çalışmaların ise özellikle istihdam, net ihracat, büyüme gibi makro büyüklüklere olan etkilere yoğunlaştığı görülmektedir. Özellikle teknolojik gelişmelerin büyümeye pozitif yönde etki edeceğine yönelik kurulan regresyonda, yüksek teknoloji ürün ihracatı ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları kontrol değişkeni olarak kullanılmıştır. Söz konusu kontrol değişkenlerin seçilme nedeni bir ülkede teknolojik gelişimin çıktısı olarak görülebilecek yüksek teknoloji ürün ihracatı ve teknolojik ürün üretimine kaynak sağlayabilecek doğrudan yabancı sermaye yatırımının büyümeyi olumlu etkileyeceği gerçeğidir. Nitekim modele konu olan ülkelere yönelik yapılan temel analizde (bkz. Tablo 5) her iki değişkende istatistiksel olarak anlamlı ve kişi başına GSYH üzerinde pozitif etkiye sahiptir. Ancak ülkelerin bölgesel farklılıkları göz önüne alınarak yapılan gruplandırmaya ilişkin sonuçlarda, Avrupa ve Asya'da hem yüksek teknoloji ürün ihracatı hem de doğrudan yabancı sermaye yatırımları istatistiksel olarak anlamlı ve kişi başına GSYH üzerinde pozitif etkiye sahip iken Amerika'da aynı durum söz konusu değildir. Bu kıtada yalnızca patent sayılarının modele eklendiğinde doğrudan yabancı sermaye yatırımları istatistiksel olarak anlamlı ve kişi başına GSYH üzerinde pozitif etkiye sahiptir.

Bu çalışmada, Endüstri 4.0 ve dolayısıyla teknolojik gelişmelerin bölgesel etkileri patent başvuruları, Ar-Ge harcamaları ve sosyal sermaye endeksinden yola çıkılarak tahmin edilmiştir. Bu bağlamda Amerika ve Asya kıtalarından seçilen ülkelerde her üç değişken ile kişi başına GSYH arasında doğrusal olmayan (nonlinear bir ilişkinin olduğu) sonucuna varılmıştır. Avrupa ülkelerinde ise kişi başına GSYH'e pozitif yönde etki etmesi beklenen Ar-Ge harcamaları ve patent başvurularının negatif ancak istatistiksel olarak anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu negatif etki, patent başvurularının tescillenememesi sebebiyle belirli bir maliyete, emeğe ve zamana katlanılarak üretilen ürünün ticari bir değere dönüştürülemediğini, üretim maliyetlerinin getirisinden büyük olduğunu ve artan maliyetlerin büyümeye negatif yansıdığını göstermektedir. Ar-Ge harcamalarının negatif etkisi ise bütçeden ayrılan kaynakların yetersiz kurumsal denetimler sonucu etkin kullanılmadığı ile açıklanabilmektedir.

Ekler

Tablo 4: Ekonomik Büyüme ve Teknolojik Gelişmeler (Main model)

Regressor	(1)	(2)	(3)
L.gdp	1.0167***	1.0136***	0.9972***
	(0.0023)	(0.0019)	(0.0039)
fdi		16.5847	18.3816*
		(8.8666)	(8.7255)
hte			11.1284***
			(2.9131)
N	432	432	432
Arellano-Bond Test			
Order 1 p-value	-2.76	-2.80	-2.89
Order 2 p-value	-2.08	-2.02	-1.93
Hansen Chi- Square	14.61	13.64	14.76

Notes: Standard errors in parentheses * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Tablo 5: Ekonomik Büyüme ve Teknolojik Gelişmeler (Avrupa, Amerika, Asya)

	AVRUPA			AMERIKA			ASYA		
	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)	(1)	(2)	(3)
L.gdp	0.9728***	0.9597***	0.9908***	1.0138***	1.0146***	1.0156***	0.9996***	1.0003***	0.9997***
	(0.0042)	(0.0030)	(0.0078)	(0.0017)	(0.0021)	(0.0037)	(0.0051)	(0.0058)	(0.0064)
fdi	9.7410**	6.6851*	12.8665***	27.6420	27.3739*	39.1991	28.5217*	28.5819*	30.0999*
	(3.2680)	(3.2327)	(3.4423)	(19.6353)	(13.8656)	(36.7646)	(12.5134)	(12.4675)	(14.7995)
hte	40.9450***	51.4388***	22.1055*	-0.6025	-0.6752	0.2428	7.5582**	6.8273*	6.9328**
	(4.4161)	(2.5199)	(10.9366)	(1.0277)	(0.9731)	(2.4939)	(2.8709)	(3.1348)	(2.6264)
rd	-0.0312***			0.0007***			-0.0007		
	(0.0039)			(0.0002)			(0.0006)		
pat		-0.0812***			-0.0001			-0.0002	
		(0.0070)			(0.0003)			(0.0002)	
hc			-94.4631			-39.6642			-3.7232
			(181.4207)			(101.6042)			(72.9968)
N	133	135	130	119	135	130	154	159	156
Arellano-Bond Test									
Order 1 p-value	-2.00	-1.99	-2.04	-1.63	-1.70	-1.71	-1.65	-1.78	-1.79
Order 2 p-value	-1.43	-1.47	-1.42	-1.12	-1.10	-1.08	-1.23	-1.23	-1.20
Hansen Chi- Square	0.12	4.21	3.49	0.52	2.52	0.00	2.11	2.58	2.54

Note: Standard errors in parentheses * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

Kaynakça

- Arellano, M., & S. Bond. (1991). Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. *Review of Economic Studies*, 58: 277–297.
- Arellano, M. & O. Bover. (1995). Another look at the instrumental variable estimation of error-components models. *Journal of Econometrics* 68: 29–51.
- Bakkari, M. & Khatory, A. (2017). Industry 4.0: Strategy for more sustainable industrial development in SMEs. In *Proceedings of the IEOM 7th International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Rabat, Morocco* (pp. 11-13).
- Blundell, R. & S. Bond (1998). Initial conditions and moment restrictions in dynamic panel data models. *Journal of Econometrics* 87: 115–143.
- Bogliacino, F. & Vivarelli, M. (2012). The job creation effect of R&D expenditures. *Aust Econ Pap*, 51(2):96–113.
- Buerger, M., Broekel, T. & Coad, A. (2012) Regional dynamics of innovation: investigating the co-evolution of patents, research and development (R&D), and employment. *Reg Stud*, 46(5):565–582
- Bulut, E. (2019). Endüstri 4.0'ın gelişimi, Türkiye ve dünya üzerindeki olası etkileri (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Barreto, L., Amaral, A. & Pereira, T. (2017), “Industry 4.0 implications in logistics: an overview”. *Procedia Manufacturing*, Vol. 13, pp. 1245-1252.
- Bogliacino, F. (2014). Innovation and employment: A firm level analysis with European R&D Scoreboard data. *Economia*, 15(2), 141-154.
- Brynjolfsson, E. & Hitt, L. (1996). Paradox lost? Firm-level evidence on the returns to information systems spending. *Management science*, 42(4), 541-558.
- Dutton, H. W. (2014). Putting things to work: Social and policy challenges for the Internet of things. *Info*, 16, 1-21. doi:10.1108/info-09-2013-0047
- Emara, N. & Kasa, H. (2020). The non-linear relationship between financial access and domestic savings: the case of emerging markets. *Applied Economics*, 1-19.
- Feldmann, H. (2013). Technological unemployment in industrial countries. *Journal of Evolutionary Economics*, 23(5), 1099-1126.
- Forrest, E. & Hoanca, B. (2015). Artificial intelligence: Marketing's game changer. In Tsiakis, T. (Ed.), *Trends and innovations in marketing information systems* (pp. 45–64).
- Gabriel, M. & Pessl, E. (2016). Industry 4.0 and sustainability impacts: Critical discussion of sustainability aspects with a special focus on future of work and ecological consequences. *ANNALS of Faculty Engineering Hunedoara International Journal of Engineering*, 14(2), 131–136.
- Göçer, G. (2013). Ar&Ge harcamalarının yüksek teknolojili ürün ihracatı, dış ticaret dengesi ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri. *Maliye Dergisi*, 165(2), 215-240.
- Görçün, Ö. F. (2016). Dördüncü endüstri devrimi endüstri 4.0. Beta Yayıncılık, İstanbul.
- Hofmann, E. & Rüsç, M. (2017). Industry 4.0 and the current status as well as future prospects on logistics. *Computers in Industry*, 89, 23–34.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W. & Rosen, H. S. (1988). Estimating vector autoregressions with panel data. *Econometrica*, 56: 1371–1395.
- Kagermann, H. (2015). Change through digitization—Value creation in the age of Industry 4.0. In *Management of permanent change*, (pp. 23-45). Springer Gabler, Wiesbaden.
- Kabaklarlı, E. & Atasoy, B.S. (2017) Türkiye İmalat Sanayinin Büyümesi ve Verimliliğin Geleceğinde endüstri 4.0'ın Rolü Dinamik Panel Veri Analizi. *İktisadi Araştırmalar Vakfı Yayınları*. Şişli İstanbul.
- Kabaklarlı, E. (2016). Endüstri 4.0 ve Paylaşım Ekonomisi, Dünya ve Türkiye ekonomisi için Fırsat ve Tehditler, Nobel Yayın, Konya.
- Kagermann, H. (2013). Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0. München: National Academy of Science Engineering.
- Kasa, H. & Arslan, G. (2020). Endüstri 4.0 Kapsamında Teorik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(76), 1810-1826.
- Li, J. & Yang, H. (2017), “A research on development of construction industrialization based on BIM technology under the background of Industry 4.0”, MATEC Web of Conferences, EDP Sciences, Vol. 100, p. 02046.
- Lucas Jr, R. E. (1988). On the mechanics of economic development. *Journal of monetary economics*, 22(1), 3-42.
- Morrison, C. J. & Berndt, E. R. (1990). Assessing the Productivity of Information Technology Equipment in US Manufacturing Industries NBER Working Paper# 3582.
- Michelacci, C. & Lopez-Salido, D. (2007). Technology shocks and job flows. *Rev Econ Stud*, 74(4):1195–1227.
- Nascimento, D. L. M., Alencastro, V., Quelhas, O. L. G., Caiado, R. G. G., Garza-Reyes, J. A., Rocha-Lona, L., & Tortorella, G. (2019). Exploring Industry 4.0 technologies to enable circular economy practices in a manufacturing context. *Journal of Manufacturing Technology Management*.
- Roblek, V., Meško, M., & Krapež, A. (2016). A complex view of industry 4.0. *Sage Open*, 6(2), 2158244016653987.
- Rojko, A. (2017). Industry 4.0 concept: Background and overview. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 5(11), 77–90.
- Romer, P. M. (1986). Increasing returns and long-run growth. *Journal of political economy*, 94(5), 1002-1037.
- Roodman, D. (2009). How to do xtabond2: An introduction to difference and system GMM in Stata. *The stata journal*, 9(1), 86-136.
- Schumpeter, J. (1911). The theory of economic development. *Harvard Economic Studies*. Vol. XLVI.
- Schumpeter, J. A. (1939). *Business cycles* (Vol. 1, pp. 161-174). New York: McGraw-Hill.
- Stancioiu, A. (2017). The fourth industrial revolution: “Industry 4.0”. *Fiability & Durability*, 1, 74–78.
- Trompisch, P. (2017). “The implications of Industry 4.0 on the future of work [industrie 4.0 und die zukunft der arbeit]”, *Elektrotechnik und Informationstechnik*, Vol. 134 No. 7, pp. 370-373.
- Yu, J., Subramanian, N., Ning, K., & Edwards, D. (2015). Product delivery service provider selection and customer satisfaction in the era of Internet of things: A Chinese e-retailers' perspective. *International Journal of Production Economics*, 159, 104-116. doi:10.1016/j.ijpe.2014.09.031
- Wagner, T. (2016). Industry 4.0 as enabler for sustainable lifestyles. *Unconference 2016–INSIGHTS Workstudio*, 4, 1–7.
- Wagner, T., Herrmann, C. & Thiede, S. (2017). “Industry 4.0 impacts on lean production systems”, Vol. 63, pp. 125-131.
- Weiss, M. & Garloff, A. (2011). Skill-based technological change and endogenous benefits: the dynamics of unemployment and wage inequality. *Apply Econ* 43(7–9):811–821.



A Novel Agriculture Tracking System Using Data Mining Approaches

Asena Gökçe Albay¹, Yunus Doğan^{2*}

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5193-9112)

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0353-5014)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020

(DOI: 10.31590/ejosat.818934)

ATIF/REFERENCE: Albay, A.G., & Doğan, Y. (2020). A Novel Agriculture Tracking System Using Data Mining Approaches. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 313-322.

Abstract

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. Nowadays, human knowledge and experience, especially in agriculture, are still lacking in achieving the most productivity. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. In the Agriculture Tracking System, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. Therefore, in this study, we have designed a hardware system with an Internet of Things (IoT) device and 2 sensors. The solar energy to power this hardware system has been used. Also, these sensors are a digital humidity and temperature sensor (DHT11) and Soil Moisture Sensors. Values of incoming from sensors are read with an IP Address. Moreover, these values are written to SQLite database and displayed last 5 records with bar charts. The users can save plants with optimal values. With these values, can make predictions. We have studied the effect of the sun angle on temperature and humidity in the last 5 years with months. We have compared this data with the plants added by the user and presented the most appropriate and closest months as a warning to the user. Another prediction is possible with instant records. When we researched, we saw that the condition of the plant can be categorized according to temperature and humidity. By checking the instant data, a warning message to the user according to these rates is sent by using the K-Nearest Neighbour classification algorithm. As a result, in the tests, the results have shown that this approach can increase productivity.

Anahtar Kelimeler: E-agriculture, Internet of things, Data mining, Mobile Applications.

Veri Madenciliği Yaklaşımlarını Kullanan Yeni Bir Tarım Takip Sistemi

Öz

Tarım, ilk çağlardan beri dünyadaki en önemli ihtiyaçlarımızdan biri olmuştur. Günümüzde, özellikle tarımda insan bilgisi ve deneyimi yine de en verimliliğe ulaşma konusunda eksiktir. Bir bitkinin %100 verime yakın büyümesi için, birden çok değişkenin optimum durumda olması gerekir. Tarım Takip Sisteminde insanlar bitki yetiştirmek için gerekli ortamı, yani değişkenlerinin optimum seviyelerini kontrol edebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazı ve 2 sensör içeren bir donanım sistemi tasarladık. Bu donanım sistemine güç sağlamak için güneş enerjisi kullanılmıştır. Ayrıca, bu sensörler Dijital Nem ve Sıcaklık (DHT11) ile Toprak Nemi sensörleridir. Sensörlerden gelen değerler bir IP Adresi ile okunur. Bu değerler SQLite veritabanına yazılır ve son 5 kayıt çubuk grafiklerle görüntülenir. Kullanıcılar bitkileri optimum değerlerle kaydedebilirler. Bu değerler ile tahminlerde bulunabilir. Bununla beraber, son 5 yılda güneş açısının sıcaklık ve nem üzerindeki etkisini aylarla birlikte inceledik. Bu verileri kullanıcı tarafından eklenen bitkilerle karşılaştırarak en uygun ve en yakın ayları kullanıcıya uyarı olarak sunduk. Anlık kayıtlarla başka bir tahmin mümkündür. Araştırdığımızda bitkinin durumunun sıcaklık ve neme göre kategorize edilebileceğini gördük. Anlık veriler kontrol edilerek K-En Yakın Komşu sınıflandırma algoritması kullanılarak bu oranlara göre kullanıcıya uyarı mesajı gönderilir. Sonuç olarak testlerde elde edilen sonuçlar, bu yaklaşımın verimliliği artırabileceğini göstermiştir.

Keywords: E-Tarım, Nesnelerin interneti, Veri madenciliği, Mobil uygulamalar.

1. Introduction

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. The agricultural sector, which affect an important role in the development of countries and societies has experienced great developments with modern technology. Nowadays, human knowledge and experience may be lacking, especially in agriculture. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. With agriculture tracking system, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. This study has GPS based remote controlled monitoring. In addition, it includes the issue of security by scaring intruders, temperature detection, leaf moisture and suitable irrigation facilities. The sensors of this control system are placed in various parts of the farm and they are communicated using the Wi-Fi network. The control of these measurement parameters is done by any remote device or internet service. All operations are carried out through the management of the database obtained by collecting the data transmitted by the sensors via Wi-Fi communications on the central server with a mobile application and user-friendly interfaces. This prototype product is designed for easy use by farmers and to increase efficiency in agriculture. The difference of this study from my study is using camera with microcontroller (Suma et al., 2017).

This study aims that; the only solution is intelligent agriculture by improving the existing conventional approaches of agriculture for improvement of countries like agriculture tracking system. It focuses on all agriculture problems. Like operations to weed, spray, sense moisture, scare bird and animal, keep vigilance, etc. This study includes GPS based remote controlled robot to perform these tasks. This is the main difference between for this study. Smart warehouse management which includes temperature maintenance, humidity maintenance and theft detection in the warehouse. Intelligent warehouse management includes temperature and humidity maintenance, and theft detection in the agricultural areas. Implementation of all these operations means that using remote intelligent devices, servers, and clients connected to the network connection. The usage of Wi-Fi modules, cameras, actuators with microcontrollers, and interfacing sensors, implement these structures. We think, it cannot be useful for every situation. Especially, GPS based remote controlled robot (Gondchawar & Kawitkar, 2016).

In this study, they focus anticipation for many variables. The smart irrigation system determines the appropriate irrigation time and irrigation period using the air temperature, air humidity and soil moisture. The smart irrigation system uses many sensors like agriculture tracking system. The big difference is; the system uses sensors for estimating the precipitation. Developed android-based user interface provides real-time display of data such as sensor data, irrigation time, electricity and water consumption. In the agriculture tracking system, we will develop android-based user interface too (Taştan, 2019).

In this study, to increase yield in greenhouses, necessary to measure and evaluate the environmental values and to adapt the environmental conditions according to the grown product. Accomplish all these parameters are an important part of the controlled greenhouse environment. In this work, an Internet of Things (IoT) based system was developed, with low-cost Raspberry Pi single board computer and ESP8266 Wi-Fi modules. With this system, the temperature and humidity values, soil moisture, air quality and light values of the greenhouse taken from wireless sensors. And after that, recorded and can be monitored with remote access. Thus, where the values taken from the sensors exceed the lower and upper limit values determined, the user can be notified by email and short message (SMS) (Baysal et al., 2018).

In this study, three problems are described. These are concerning agriculture, countryside and farmers. It said that, the solution is agricultural modernization. This study believe that it is possible with cloud computing and IoT. The aim of this study is automating the whole agricultural area (TongKe, 2013). When we checked to related works, we understand that most of researchers focused on sensors. Generally, they read data from the sensors. After that, these data were shown to a screen. On the agriculture tracking system, users can know critical points. They don't always have to check or follow. With IoT, they can follow the situation with a warning message of critical moments wherever they are. And, their study s should have any energy. Their energy is generally battery. We believe that, this is not useful for every situation. That's why, agriculture tracking system has solar power. It generates its own energy itself.

In the literature, it can be seen that the amount of sunlight determines the development of plants. The germination of the seeds of many plants is the most important factor for budding and yield. At the same time, the sun's rays affect the values such as angle and duration, temperature and humidity. For this reason, in my study, we based the monthly sun angle, duration, average temperature and humidity values of a city. With these values, we can predict the most productive months when plants can be planted. In study, agriculture tracking system is aimed to keep to optimal condition, keep track of the variables that a plant needs to grow and prediction optimal situations. Users can check possible status and receiving warning messages at critical moments. In addition, the system can produce energy to own energy.

Firstly, this system should have less equipment. It should be practical. Working area is soil surface. That's why, it is able to work under all conditions. In hardware, it has more than one sensor and a solar panel for solar energy. To communication between user and the system, it has an IoT system. In software, it has a database that has many variables for optimal values to plants need to grow. It saves states that occur over time intervals. Also, the agriculture tracking system has a mobile application for the messages and following.

Most important point is sensors, solar power and Wi-Fi module. We will use Arduino IDE. Like humidity sensors and temperature sensors are check to optimal values. ESP8266 Wi-Fi module for the communication between sensors and people. The question is that where will the system get energy. It is possible with a solar panel.

In addition, we will use SQLite for database management system. For mobile application, we will use Android.

2. Related Works

The work is related to the application of IoT technology in the agricultural system. It used mobile wireless communication technology to monitor the greenhouse area. Internet and wireless communication were used together for the remote monitoring system. At the same time, an information management system has been planned. Data collected by the system was used for agricultural research and management.

As a result, it has realized automatic control over ambient temperature and humidity values for ambient tracking. This system is easy to use. It offers users real-time environmental factors in the greenhouse with a good interface. It can control environmental variables and do whatever it wants to do online. It works reliably, shows high performance, and develops easily (Zhao et al., 2010).

This work designed an efficient agricultural production system using IoT technology and applied as GUI visualization software. Product and environmental information using correlation analysis The IoT based agricultural production system attempted to analyze the user's current conditions and predict future product as shown in Figure 1. In addition, the quality of agricultural products can be improved. The reason is obvious, the person concerned observes the whole cycle from seeding to sale using this IoT based agricultural production system (Lee et al., 2013).

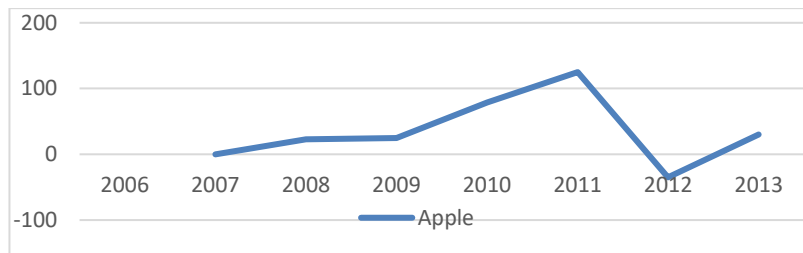


Figure 1. A year-on-year increase in Apple acreage by result of agricultural production system (Lee et al, 2013)

In this study, there are various features such as remote monitoring by GPS, tracking of humidity and temperature values, removal of harmful objects for safety, leaf wetness rate and appropriate irrigation method. Wireless sensor networks are used to continuously monitor soil properties and environmental factors. Different sensors are placed in different locations in agricultural areas. To control these sensor values, a remote device or an internet service is carried out with sensors, Wi-Fi, camera with microcontroller. Thus, the workload of the farmer is reduced and quality products are grown (Suma et al., 2017).

The purpose of Hanschke's study is that a more convenient port route is required in a port area due to increased shipping volume. For this target, deploying wireless sensors and actuators to realize a cyber-physical port. On the other hand, many sensors and actuators required the device to be upgraded to two main challenges. The first challenge is that the external power supply infrastructure does not have affordable and flexible conditions. Therefore, it is not useful. The second challenge is that some devices connecting to the internet require additional infrastructure, which makes it complex. With this research, low-power IEEE802.11 Wi-Fi based devices may be possible to communicate. It is reliable with solar power, existing or planned Wi-Fi access points. As a result, they demonstrated power compatibility of a small-sized, low-power energy machine with the Arduino MKR1000 and similar Wi-Fi nodes (Hanschke et al., 2016).

In Khanna's study, it is an integrated system that includes solar energy module and electricity, electronics and programming. This research required 2 basic devices. These are Wi-Fi and Bluetooth devices. Android apps provide a simple, convenient interface for control and monitoring. The Bluetooth application and Arduino compiler were used to start and control the D.C motor. Also, the D.C motor can be controlled from a Bluetooth device within a range of several meters. It also responded appropriately to all commands in the Bluetooth module of mobile applications (Khanna, 2015).

In this study, he tests and analyzes an electronic circuit that can be used as a solar portable charger for cell phone devices that use solar energy as an electricity source. A small size solar cell panel was chosen as it is easy to carry anywhere. This method solves the problems in emergency situations outside and goes beyond traditional methods. As a result, there are many important recommendations in this study. The first is that solar energy can be actively used as an alternative power source to charge mobile devices. For maximum absorption of solar energy, the direction of the panel should be perpendicular to the direct line of sight or sunlight. Second, the proposed electronic design is easy to implement practically with low cost electronic components, and the selection of suitable components (Zener diodes, Darlington transistors, etc.) is important to obtain the desired voltage and charge current levels (Attia et al., 2014).

This work is to develop a prototype of the building lighting remote control system. It can monitor and control the lighting remotely with the web application. This remote control system allows users to save electricity for building lights. For this remote control system, voice recognition has been developed as a controller of electrical equipment. Arduino UNO and EasyVR module are combined as a voice recognition module. An Arduino based smart home remote control system controlled via an Android smartphone was designed. With them, users do not need to work directly on the electrical appliance. A module that controls the electronic device using the Raspberry Pi as an online web server has also been developed. This module can be controlled using a PC or Smartphone. Figure 2 shows the final prototype before installing it in the building. A single light and a fan were used in the prototype. The test starts with the lights on and is done by running a web application and accessing it from smartphones and computers. As a result, they

found that using the Raspberry Pi Mini PC as the web can reduce power consumption by 25%. While Arduino was widely used as a microcontroller in the previous research, this research used the NodeMCU as the microcontroller as it can connect directly to Wi-Fi. Its size is also smaller than Arduino, so it used less electricity consumption compared to other microcontrollers (Handayani et al., 2019).



Figure 2. The develop prototype (Handayani et al., 2019)

In this study, the design and development of a low cost Arduino based advanced solar battery charge controller is presented. The Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm is applied to charge the battery. The charge controller has a battery management system with Liquid Crystal Display (LCD) and Wi-Fi module for data logging and storage. When various limits are reached by the system, the charge status of the battery is monitored and cut off. The improved battery charger will help better monitor battery performance and system reliability. Figure 3 gives the block diagram of the proposed system (Kaur et al., 2016).

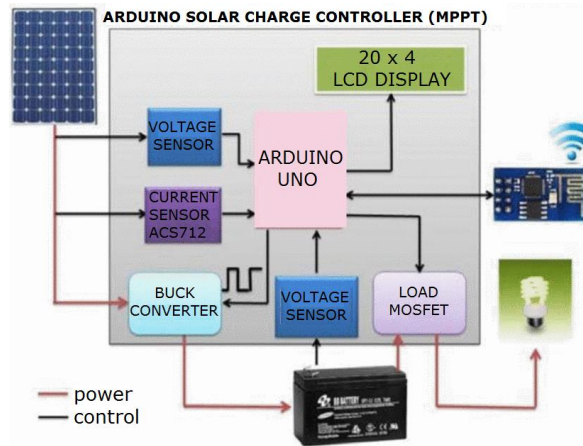


Figure 3. Block diagram of the proposed solar system (Kaur et al., 2016)

This work focus on battery energy storage systems. These systems can absorb and transmit both real and reactive power with sub-second response times. Many problems can be reduced with these capabilities. Such as frequency, voltage issues and ramp speed. Energy storage control systems can also be integrated with energy markets to make solar resource more economical. This study presents the integration of solar energy into electricity distribution system, battery energy storage systems and shows various modes of operation for battery energy storage systems in grid-connected solar energy applications (Hill et al., 2012).

In this study, the renewable energy source aims to obtain the most efficient electrical energy from solar energy. At every hour of the day, the angle of arrival of the sun's rays changes. It will not be fully efficient in the energy obtained from the fixed solar panel. The movement of the panel in horizontal and vertical directions is provided so that the angle of the solar rays coming to the solar panel is perpendicular. Arduino microcontroller board is used to control the movement and control of the panel. The value of the electricity generated during the day is controlled by the voltmeter circuit (Barış et al., 2017).

3. Materials and Methods

3.1. Hardware Part

Electricity supply is difficult and important given the environmental factors in agricultural areas. The Agriculture Tracking System supports to natural resources. Arduino provides the necessary energy source with solar panel. As shown in Figure 4 solar energy charging batteries. After that, these batteries are getting power supply for Arduino. Wi-Fi module is ESP8266. The data from sensors sends data to a database on computer with this module. Finally, sends the data to the mobile application that the user can follow and gives warning messages.

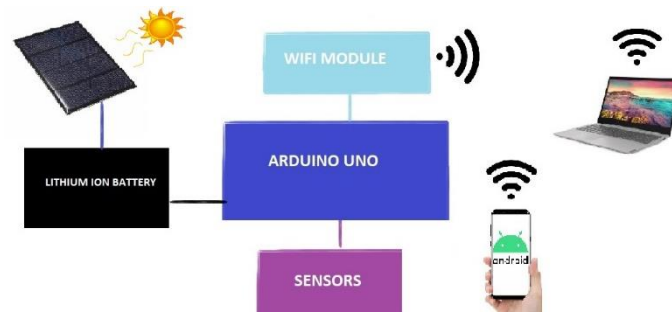


Figure 4. Architectural view

The most important feature of the Agriculture Tracking System is that it provides the necessary energy itself. It is possible with solar energy. As shown in Figure 5, solar panel is charging to lithium ion batteries. They are 3.7V. It needed to voltage regulator. Because Arduino's required energy cannot be 3.7V. That's why, we use LM7805 voltage regulator. Also, for connection between solar panel and lithium ion battery is needed TP40056 Lithium Battery Charger. Its' output can be energy for Arduino.

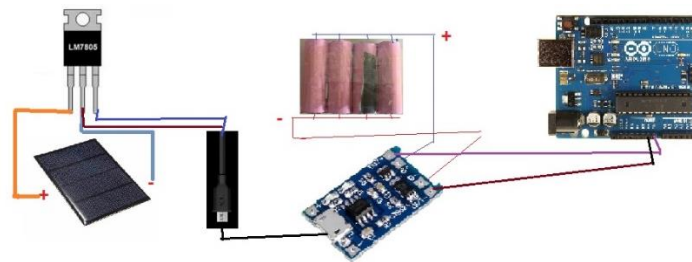


Figure 5. UI Design for Arduino's energy

Temperature / Humidity Sensor (DHT11) and Soil Moisture Detection after programming with Arduino. This communication is possible with the library. After this system, the database reads the data from the IP address of the IoT. Wireless Communication System (ESP8266). As shown in Figure 6, the use of the Agricultural Tracking System is ready for use in the mobile application.

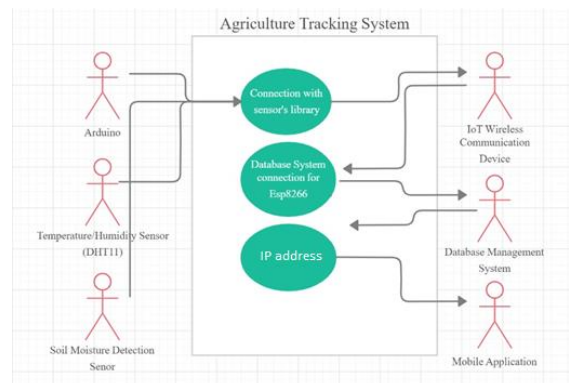


Figure 6. Use cases

Dht11: Temperature and Humidity Sensor has several types. We am going to use DHT11 Sensor Module as shown in Figure 7. It has three pin that generates calibrated digital output. It's power supply is between 3.3V and 5.5V. DHT11 Sensor has 4 pin that NC. The only difference between sensor and module is that the module has an internal filtering capacitor and lift-off resistor, and you have to use them externally for the sensor if needed. Both of them perform the same.



Figure 7. DHT11 with pins, Soil moisture module is placed in the soil, Soil Moisture Module main part

Soil Moisture Sensor: The Soil Moisture Sensor Module can be used to detect the moisture of soil or judge if there is water around the sensor. The working voltage of 3.3 V to 5 V. It consists of two parts. To insert one module into the soil and another to adjust the on-board potentiometer to adjust the sensitivity. And also, it works digital or analog outputs. In this module, it has two pins. They are positive and negative pins. But it does not matter which one is positive and negative. As shown in the Figure 7, the green and blue cables connect to another module. As shown in Figure 7, this module is important. It has four pins. They are analog output, digital output, GND and VCC. We use Analog output.

ESP8266: ESP8266 is a device used in IoT technology. The biggest feature is that cheap and easy to use. It widely used for these reasons. The working voltage is 3.3 V. The easiest way to connect Arduino to the internet. When we work on this study, we saw that do not need to ESP8266 and Arduino. They have energy cost for the study. And also, the hardware of ESP8266 is a bit complicated. As a result of my research we saw that ESP8266 NodeMCU is more suitable. We can connect to DHT11 Module Sensor and Soil Moisture Sensor directly to ESP8266 NodeMCU.

ESP8266 NodeMCU: The other name of the ESP8266 NodeMCU is the LoLin ESP Development Board - CP2102, which runs on ESP8266 with non-OS SDK and is hardware based on the ESP-12 module. The device features 4MB flash memory, 80MHz system clock, approximately 50k of available RAM and on-chip Wi-Fi Transceiver. Working voltage is 3.3V. Input voltage is 7-12V. As shown in Figure 8, the ESP8266 NodeMCU has a total of 30 pins. There are four power pins VIN. One VIN pin and three 3.3 V pins. The VIN pin can be used to directly power the ESP8266 and peripherals if you have a regulated 5V voltage source. 3.3V pins are the output of a built-in voltage regulator. These pins can be used to power external components. As shown in Figure 8, ESP8266 NodeMCU has one analog pin on the left first side. We are going to use for Soil Moisture Module on here. We are going to use digital output for DHT11 Module. For both sensors, we are going to connect separately with 3.3V and GND from the Wi-Fi module.

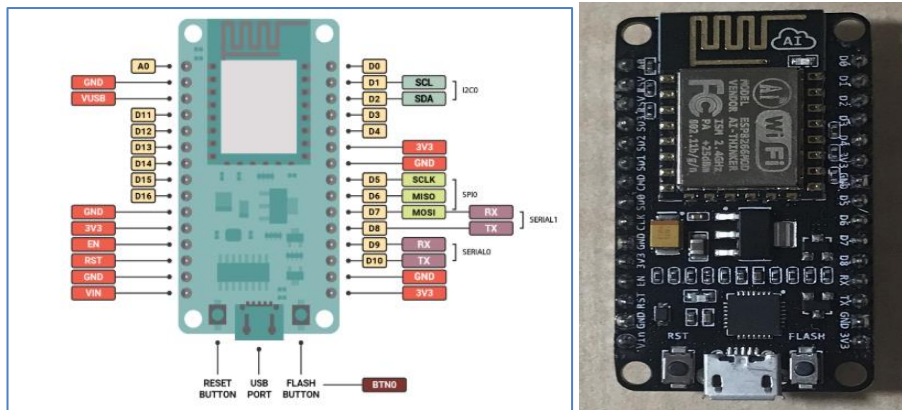


Figure 8. ESP8266 NodeMCU datasheet, ESP8266 NodeMCU

Circuit of The Agriculture Tracking System: We connect to analog pin to Soil Moisture Module and D7 pin to DHT11 Module. As it appears in Figure 9, the voltages of the sensors were supplied separately from ESP8266 NodeMCU. Lithium ion is a type of rechargeable battery. The most important feature is that the battery does not need to discharge completely. It can be charged at any time. We used 4 batteries of my computer battery. We soldered it with a wire, fixing it according to the + and - poles. So we got + and - out as shown in Figure 9. The TLP4056 charger is a very handy, small and very economical product with a micro USB port on it and where you can charge lithium batteries via USB. There is a micro USB connector on it as shown in Figure 10. Power input via micro USB cable can be provided through this connection or feed input via any 5V source via the IN+ and IN- pins on the card can be made. The BAT- and BAT+ pins on the bottom of the card are the battery ports. 3.7 V batteries are connected to these ports and can be easily charged. We used this pins for connection with lithium ion batteries. OUT+ and OUT- pins used for input voltage. The micro USB connector used for solar panel connection. The LM7805 is a three leg positive voltage regulator as shown in Figure 10, giving a constant 5V output. Left leg is input, middle leg is GND and right leg is output. We soldered LM7805's left and right legs with a wire. And also, we connected LM7805 and micro USB.

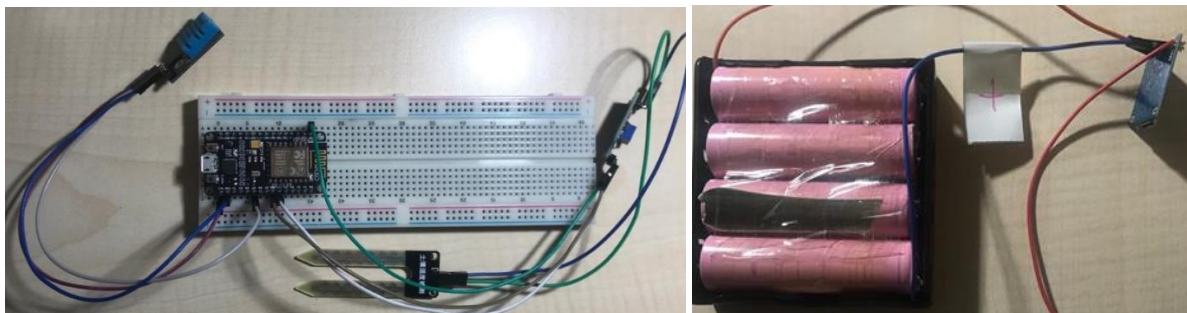


Figure 9. View of the circuit, Lithium ion batteries.

When charging batteries, the solar panel is used. The panel is not connected directly to the ESP8266 NodeMCU that is connected directly to the batteries.

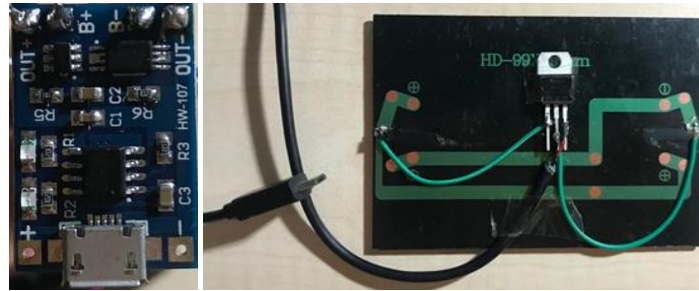


Figure 10. TLP4056, Solar panel with LM7805.

3.2. Software Part

Arduino is an open source electronics platform based on easy-to-use hardware and software. It can be said what to do with your board by sending a series of instructions to the microcontroller on the board. It is simple and accessible user experience. We are going to programming ESP8266 – NodeMCU with Arduino. By programming the ESP8266, we can read and write the data from the sensors both on the Arduino serial port and on the IP address. Thus, it is easy to reach the data. Arduino code has some library. They are ESP8266 Wi-Fi and DHT. The soil moisture module is working on analog pin. That's why, we do not need a library. To add library, followed Sketch – Include Library – Manage Libraries, we searched ESP8266 and DHT11. We downloaded available library. The main feature of the Arduino codes is the sensors were read and the values of sensors were written to Wi-Fi module IP address and Arduino serial port. In any given second, the web page is refreshed with serial port.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <DHT.h>

const char *ssid = "Wi-Fi name"; //Wifi ssid and wpa2 key
const char *password = "Wi-Fi password";

WiFiServer server(80);

int DHTPin = 13; //Digital pin for DHT11
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600); //bound rate is 9600
  delay(10);
  dht.begin();

  Serial.println(); //Connecting to the network
  Serial.print(ssid);
  Serial.println(" is connecting...");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Network successfully connected!");
  // Web server.
  server.begin();
  Serial.println("Web server is working. ESP is expected to receive IP...");
  delay(10000);
  Serial.print("IP: "); // Print ESP's IP address.
  Serial.println(WiFi.localIP()); }
void loop() {
  WiFiClient client = server.available(); // Check for new connections.
  if (client) {
    Serial.println("**New connection**");
    boolean blank_line = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();
        if (c == '\n' && blank_line) {
          float h = dht.readHumidity();// Read humidity.
          float t = dht.readTemperature();// Read temperature centigram.
          float f = dht.readTemperature(true); // Read temperature Fahr.
```

```
int soilMoisture = analogRead(A0);
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
  Serial.print(" *F\tSoil Humidity: ");
  Serial.println(soilMoisture);
  client.println("HTTP/1.1 200 OK");
  client.println("Content-Type: text/html");
  client.println("Connection: close");
  client.println();
  client.println("<!DOCTYPE HTML>");
  client.print("<html>");// Print the data to web page.
  client.print("<meta http-equiv='refresh' content='20'>");//Page
refresh every 20 seconds
  client.println("<head></head><body><h1>Agriculture Tracking
System</h1>");
  client.print("<h3>Temperature(Santigrat): ");
  client.println(t);
  client.print("<*</h3><h3>Temperature(Fahrenheit): ");
  client.println(f);
  client.print("<*</h3><h3>Humidity: ");
  client.println(h);
  client.print("<*</h3><h3>Soil Moisture Humidity: ");
  client.println(soilMoisture);
  client.print("<*</h3><h3>");
  client.print("</body></html>");
  break;
}
}
if (c == '\n') {
  blank_line = true; // when the new line starts to be read
}
else if (c != '\r') {
  blank_line = false;
}
}
}
}
delay(500); // Connection ended.
client.stop();
Serial.println("\nConnection ended.");
}
}
```

When we visit on the given IP address, the screen is as seen on Figure 11. Every 20 second, the address reloads. This value can change. We used Android Studio for my mobile app. Users will be able to view sensor values momentarily and in the past. With Android Studio, after reading the sensor values in my IP address, it both writes to the screen and saves them to the database. We read my IP address using the AsyncTask structure. And also, we chose SQLite for the database. If we checked to the table, we should select table name and right click on that to "Show Table". We will see a screen as shown in Figure 11.

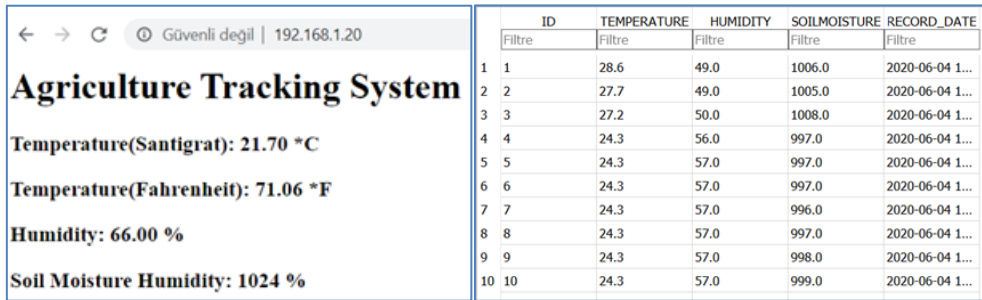


Figure 11. Screen of IP address, Viewing the created table in SQLite Browser.

4. The Application and Tests

As shown in Figure 12, the main screen of emulator. On the screen, user can see instant sensor values. In addition, "DISPLAY VALUES" button can see the last 5 records of temperature, humidity, soil moisture values with the bar chart. With the "SAVE NEW PLANT OPTIMAL VALUES" button, the name of a plant the user wants to grow can save optimal temperature, humidity and soil moisture to a database. It can see saved data as a list. With the "THI" button, it gives instant warnings according to temperature and humidity. With the "PREDICTION" button, the user enters plants according to the annual estimates to increase the yield.

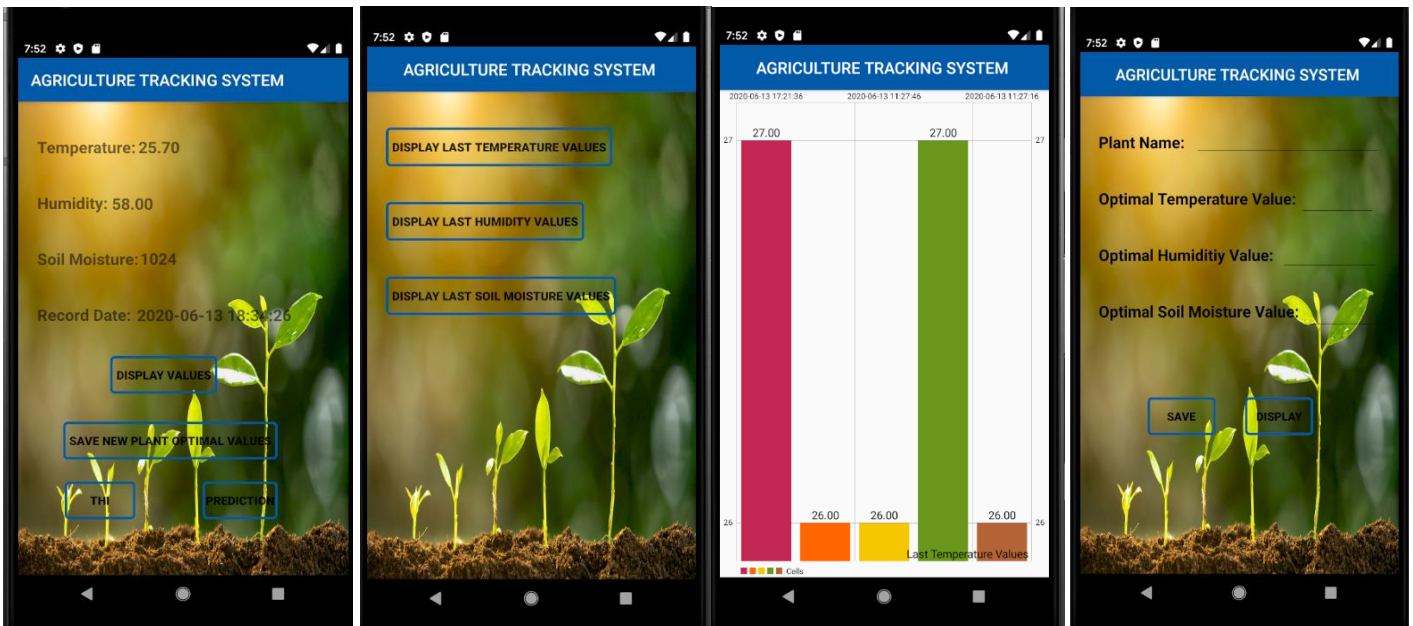


Figure 12. The main screen of the emulator, Display options screen and "Display Last Temperature Values" screen, Inserting to database and displaying.

As shown in Figure 12, there is a screen for the user with options for temperature, humidity and soil moisture. The last 5 records, when users select any one, can observe the situation.

I designed a new interface as shown in Figure 12 and created a database for use in annual estimates for plants. This database has optimal values such as the plant name, temperature, humidity, and soil moisture requirements. The user can enter this information and save the plant in the database with the "Save" button. It can also display the data in the database with the "Display" button.

When we researched for prediction, we saw that the amount of sunlight determines the development of plants. It is the most important factor for germination of the seeds of many plants, opening of the buds and giving yield. The angle of sunshine, its amount depends on the movement of the sun, the properties of the soil and the climate. The sun's rays and temperature are also directly related. Temperature varies according to various times of the day and seasons. The reason for this is that the sun's rays sometimes come with an oblique angle and sometimes with a right angle according to these factors.

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\Phi \cos\omega - \sin\delta \cos\Phi \sin\omega \cos\omega + \cos\delta \cos\Phi \cos\omega \cos\omega + \cos\delta \sin\Phi \sin\omega \cos\omega + \cos\delta \sin\Phi \sin\omega \sin\omega \quad \text{Eq. 1}$$

Latitude angle (Φ): from the ground with the equatorial plane between the radial line to the center of the Earth the angle is. The latitude takes its positive value for the northern hemisphere and varies between 90° and 90° .

Clock angle (w): is the angular measure of time and is a clock 15° longitude equals. Angle plus and noon before noon then it gets a minus. For example, angle + for 10.00am For 30° and 15.00 - 45°.

Slope angle (S): between horizontal surface and oblique surface the remainder is the angle. Plus value for surface facing equator it takes. (Yücel et al., 2018)

WE've created a new database with this information. The columns of this database consist of year, month, sun arrival angle, monthly sunbathing time, temperature effect, moisture effect and soil moisture effect. We tried to find the values of Izmir province with got help from the meteorological site.

K-nearest neighbors (KNN) algorithm is a type of supervised Machine Learning algorithm which can be used for both classification as well as regression predictive problems. It uses feature similarity to predict the values of new data points which further means that the new data point will be assigned a value based on how closely it matches the points in the training set. We was inspired by this algorithm to estimate whether the plants that the user wants to grow are suitable. As shown in Figure 5.43, the user had added two plants. First one is tomato and second one is cucumber. After calculation, we can understand that cucumber is more suitable for this area. Which month or months are more efficient is written to the screen as a warning. It also makes suggestions for the nearest month by looking at the instant date.

At tests, firstly, we worked with Arduino Uno. All sensors and ESP8266 module are connected to Arduino Uno. But we have seen some disadvantages of using sensors with Arduino Uno and ESP8266. First, the circuit was more complicated. Connecting the ESP8266 module to the sensors as an analog and a digital was more difficult to program. We used ESP8266 NodeMCU to make the circuit smaller and easier to apply. So we didn't have to use Arduino UNO. We programmed it by connecting sensors directly to ESP8266 NodeMCU.

When we worked on ESP8266 NodeMCU device, my DHT11 module burned. We saw that downloaded driver of CP2102 had deleted. For working with ESP8266 NodeMCU device, you should download CP2102 driver. It is very important. To read IP address, the application must connect to internet. Therefore, AndroidManifest.xml file is added uses permissions. These codes did not enough to read my IP address. We got an error: "Cleartext HTTP traffic to 192.168.1.20 not permitted at com.android.okhttp.HttpHandler\$CleartextURLFilter.checkURLPermitted(HttpHandler.java:124) at com.android.okhttp.internal.huc.HttpURLConnectionImpl.execute(HttpURLConnectionImpl.java:462). We searched many times, we learned that should be added to android:usesCleartextTraffic="true" code in AndroidManifest.xml file. Also, we tried to change my IP address with "https://" instead of "http://". It was not a solution.

5. Conclusion

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. Nowadays, human knowledge and experience may be lacking, especially in agriculture. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. In the Agriculture Tracking System, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. We have designed a hardware system with IoT device and 2 sensors. We use solar energy to power to this hardware system. Also, these sensors are DHT11 and Soil Moisture Sensors. Values of incoming from sensors were read to IP Address. These values are written to SQLite database and displayed last 5 records with bar charts. At the same time, the users can save plants with optimal values to database. With these values, can make predictions. We have studied the effect of the sun angle on temperature and humidity in the last 5 years with months. By creating a new database, we added its effect on the year, month, incoming sun angle, sun exposure time, temperature, humidity and soil moisture. We compared this data with the plants added by the user and presented the most suitable and closest months as a warning to the user. Thus, the user will be able to grow suitable plants, except when he is used to it. Another estimation is possible with instant recordings. When we researched, we found that the condition of the plant can be categorized by temperature and humidity. We check the instant data and send a warning message to the user according to these rates.

Agriculture Tracking System is a study that is very open to development. In the study, the user can only receive data from the sensors, it means that works unilaterally. However, in the future, user can perform an operation using the app. For example, when users want to water, can send this request to new sensors. Another innovation is that the users can automatically guess the appropriate plant with a defined database without entering the optimal values of the plant.

References

- Attia, H. A., Getu, B. N., Ghadban, H., & Mustafa, A. K. A. (2014). Portable solar charger with controlled charging current for mobile phone devices. *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering*, 7(1), 17-24.
- Barış A., Halil K. (2017). Solar Tracking System. Thesis of Karabük University.
- Baysal, K., Özcan, M. O., Özdüven, F. F., & Beynek, B. Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Sera Takip Sistemi. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 49-56.
- Gondchawar, N., & Kawitkar, R. S. (2016). Internet of Things based smart agriculture. *International Journal of advanced research in Computer and Communication Engineering*, 5(6), 838-842.
- Handayani, T. P., Hulukati, S. A., Jaya, R., Tiandho, Y., & Abdullah, R. (2019). The prototype of solar-powered building lighting Internet of Things. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 486, No. 1, p. 012079).

- Hanschke, L., Heitmann, J., & Renner, C. (2016). Challenges of Wi-Fi-enabled and solar-powered sensors for smart ports. In Proceedings of the 4th International Workshop on Energy Harvesting and Energy-Neutral Sensing Systems (pp. 13-18). ACM.
- Hill, C. A., Such, M. C., Chen, D., Gonzalez, J., & Grady, W. M. (2012). Battery energy storage for enabling integration of distributed solar power generation. *IEEE Transactions on smart grid*, 3(2), 850-857.
- Kaur, T., Gambhir, J., & Kumar, S. (2016). Arduino based solar powered battery charging system for rural SHS. In 2016 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE) (pp. 1-5). IEEE.
- Khanna, A., & Ranjan, P. (2015). Solar-powered android-based speed control of DC motor via secure bluetooth. In 2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies (pp. 1244-1249). IEEE.
- Lee, M., Hwang, J., & Yoe, H. (2013). Agricultural production system based on Internet of Things. *IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering* (pp. 833-837). IEEE.
- Suma, N., Samson, S. R., Saranya, S., Shanmugapriya, G., & Subhashri, R. (2017). Internet of Things based smart agriculture monitoring system. *International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication*, 5(2), 177-181.
- Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 229-236.
- TongKe, F. (2013). Smart agriculture based on cloud computing and Internet of Things. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(2).
- Yücel, M., Kılıçarslan, Y., & Yıldırım, M. (2018). Güneş Takip Sistemiyle Çalışan Güneş Panellerin Sulama Uygulamasında Verimlilik Düzeyleri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 123-130.
- Zhao, J. C., Zhang, J. F., Feng, Y., & Guo, J. X. (2010). The study and application of the Internet of Things technology in agriculture. In 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology (Vol. 2, pp. 462-465). IEEE.



A Novel Agriculture Tracking System Using Data Mining Approaches

Asena Gökçe Albay¹, Yunus Doğan^{2*}

¹ Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5193-9112)

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0353-5014)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020

(DOI: 10.31590/ejosat.818934)

ATIF/REFERENCE: Albay, A.G., & Doğan, Y. (2020). A Novel Agriculture Tracking System Using Data Mining Approaches. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 313-322.

Abstract

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. Nowadays, human knowledge and experience, especially in agriculture, are still lacking in achieving the most productivity. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. In the Agriculture Tracking System, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. Therefore, in this study, we have designed a hardware system with an Internet of Things (IoT) device and 2 sensors. The solar energy to power this hardware system has been used. Also, these sensors are a digital humidity and temperature sensor (DHT11) and Soil Moisture Sensors. Values of incoming from sensors are read with an IP Address. Moreover, these values are written to SQLite database and displayed last 5 records with bar charts. The users can save plants with optimal values. With these values, can make predictions. We have studied the effect of the sun angle on temperature and humidity in the last 5 years with months. We have compared this data with the plants added by the user and presented the most appropriate and closest months as a warning to the user. Another prediction is possible with instant records. When we researched, we saw that the condition of the plant can be categorized according to temperature and humidity. By checking the instant data, a warning message to the user according to these rates is sent by using the K-Nearest Neighbour classification algorithm. As a result, in the tests, the results have shown that this approach can increase productivity.

Anahtar Kelimeler: E-agriculture, Internet of things, Data mining, Mobile Applications.

Veri Madenciliği Yaklaşımlarını Kullanan Yeni Bir Tarım Takip Sistemi

Öz

Tarım, ilk çağlardan beri dünyadaki en önemli ihtiyaçlarımızdan biri olmuştur. Günümüzde, özellikle tarımda insan bilgisi ve deneyimi yine de en verimliliğe ulaşma konusunda eksiktir. Bir bitkinin %100 verime yakın büyümesi için, birden çok değişkenin optimum durumda olması gerekir. Tarım Takip Sisteminde insanlar bitki yetiştirmek için gerekli ortamı, yani değişkenlerinin optimum seviyelerini kontrol edebilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada Nesnelerin İnterneti (IoT) cihazı ve 2 sensör içeren bir donanım sistemi tasarladık. Bu donanım sistemine güç sağlamak için güneş enerjisi kullanılmıştır. Ayrıca, bu sensörler Dijital Nem ve Sıcaklık (DHT11) ile Toprak Nemi sensörleridir. Sensörlerden gelen değerler bir IP Adresi ile okunur. Bu değerler SQLite veritabanına yazılır ve son 5 kayıt çubuk grafiklerle görüntülenir. Kullanıcılar bitkileri optimum değerlerle kaydedebilirler. Bu değerler ile tahminlerde bulunabilir. Bununla beraber, son 5 yılda güneş açısının sıcaklık ve nem üzerindeki etkisini aylarla birlikte inceledik. Bu verileri kullanıcı tarafından eklenen bitkilerle karşılaştırarak en uygun ve en yakın ayları kullanıcıya uyarı olarak sunduk. Anlık kayıtlarla başka bir tahmin mümkündür. Araştırdığımızda bitkinin durumunun sıcaklık ve neme göre kategorize edilebileceğini gördük. Anlık veriler kontrol edilerek K-En Yakın Komşu sınıflandırma algoritması kullanılarak bu oranlara göre kullanıcıya uyarı mesajı gönderilir. Sonuç olarak testlerde elde edilen sonuçlar, bu yaklaşımın verimliliği artırabileceğini göstermiştir.

Keywords: E-Tarım, Nesnelerin interneti, Veri madenciliği, Mobil uygulamalar.

1. Introduction

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. The agricultural sector, which affect an important role in the development of countries and societies has experienced great developments with modern technology. Nowadays, human knowledge and experience may be lacking, especially in agriculture. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. With agriculture tracking system, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. This study has GPS based remote controlled monitoring. In addition, it includes the issue of security by scaring intruders, temperature detection, leaf moisture and suitable irrigation facilities. The sensors of this control system are placed in various parts of the farm and they are communicated using the Wi-Fi network. The control of these measurement parameters is done by any remote device or internet service. All operations are carried out through the management of the database obtained by collecting the data transmitted by the sensors via Wi-Fi communications on the central server with a mobile application and user-friendly interfaces. This prototype product is designed for easy use by farmers and to increase efficiency in agriculture. The difference of this study from my study is using camera with microcontroller (Suma et al., 2017).

This study aims that; the only solution is intelligent agriculture by improving the existing conventional approaches of agriculture for improvement of countries like agriculture tracking system. It focuses on all agriculture problems. Like operations to weed, spray, sense moisture, scare bird and animal, keep vigilance, etc. This study includes GPS based remote controlled robot to perform these tasks. This is the main difference between for this study. Smart warehouse management which includes temperature maintenance, humidity maintenance and theft detection in the warehouse. Intelligent warehouse management includes temperature and humidity maintenance, and theft detection in the agricultural areas. Implementation of all these operations means that using remote intelligent devices, servers, and clients connected to the network connection. The usage of Wi-Fi modules, cameras, actuators with microcontrollers, and interfacing sensors, implement these structures. We think, it cannot be useful for every situation. Especially, GPS based remote controlled robot (Gondchawar & Kawitkar, 2016).

In this study, they focus anticipation for many variables. The smart irrigation system determines the appropriate irrigation time and irrigation period using the air temperature, air humidity and soil moisture. The smart irrigation system uses many sensors like agriculture tracking system. The big difference is; the system uses sensors for estimating the precipitation. Developed android-based user interface provides real-time display of data such as sensor data, irrigation time, electricity and water consumption. In the agriculture tracking system, we will develop android-based user interface too (Taştan, 2019).

In this study, to increase yield in greenhouses, necessary to measure and evaluate the environmental values and to adapt the environmental conditions according to the grown product. Accomplish all these parameters are an important part of the controlled greenhouse environment. In this work, an Internet of Things (IoT) based system was developed, with low-cost Raspberry Pi single board computer and ESP8266 Wi-Fi modules. With this system, the temperature and humidity values, soil moisture, air quality and light values of the greenhouse taken from wireless sensors. And after that, recorded and can be monitored with remote access. Thus, where the values taken from the sensors exceed the lower and upper limit values determined, the user can be notified by email and short message (SMS) (Baysal et al., 2018).

In this study, three problems are described. These are concerning agriculture, countryside and farmers. It said that, the solution is agricultural modernization. This study believe that it is possible with cloud computing and IoT. The aim of this study is automating the whole agricultural area (TongKe, 2013). When we checked to related works, we understand that most of researchers focused on sensors. Generally, they read data from the sensors. After that, these data were shown to a screen. On the agriculture tracking system, users can know critical points. They don't always have to check or follow. With IoT, they can follow the situation with a warning message of critical moments wherever they are. And, their study s should have any energy. Their energy is generally battery. We believe that, this is not useful for every situation. That's why, agriculture tracking system has solar power. It generates its own energy itself.

In the literature, it can be seen that the amount of sunlight determines the development of plants. The germination of the seeds of many plants is the most important factor for budding and yield. At the same time, the sun's rays affect the values such as angle and duration, temperature and humidity. For this reason, in my study, we based the monthly sun angle, duration, average temperature and humidity values of a city. With these values, we can predict the most productive months when plants can be planted. In study, agriculture tracking system is aimed to keep to optimal condition, keep track of the variables that a plant needs to grow and prediction optimal situations. Users can check possible status and receiving warning messages at critical moments. In addition, the system can produce energy to own energy.

Firstly, this system should have less equipment. It should be practical. Working area is soil surface. That's why, it is able to work under all conditions. In hardware, it has more than one sensor and a solar panel for solar energy. To communication between user and the system, it has an IoT system. In software, it has a database that has many variables for optimal values to plants need to grow. It saves states that occur over time intervals. Also, the agriculture tracking system has a mobile application for the messages and following.

Most important point is sensors, solar power and Wi-Fi module. We will use Arduino IDE. Like humidity sensors and temperature sensors are check to optimal values. ESP8266 Wi-Fi module for the communication between sensors and people. The question is that where will the system get energy. It is possible with a solar panel.

In addition, we will use SQLite for database management system. For mobile application, we will use Android.

2. Related Works

The work is related to the application of IoT technology in the agricultural system. It used mobile wireless communication technology to monitor the greenhouse area. Internet and wireless communication were used together for the remote monitoring system. At the same time, an information management system has been planned. Data collected by the system was used for agricultural research and management.

As a result, it has realized automatic control over ambient temperature and humidity values for ambient tracking. This system is easy to use. It offers users real-time environmental factors in the greenhouse with a good interface. It can control environmental variables and do whatever it wants to do online. It works reliably, shows high performance, and develops easily (Zhao et al., 2010).

This work designed an efficient agricultural production system using IoT technology and applied as GUI visualization software. Product and environmental information using correlation analysis The IoT based agricultural production system attempted to analyze the user's current conditions and predict future product as shown in Figure 1. In addition, the quality of agricultural products can be improved. The reason is obvious, the person concerned observes the whole cycle from seeding to sale using this IoT based agricultural production system (Lee et al., 2013).

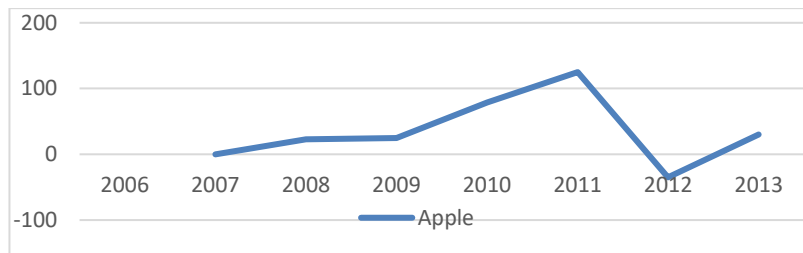


Figure 1. A year-on-year increase in Apple acreage by result of agricultural production system (Lee et al, 2013)

In this study, there are various features such as remote monitoring by GPS, tracking of humidity and temperature values, removal of harmful objects for safety, leaf wetness rate and appropriate irrigation method. Wireless sensor networks are used to continuously monitor soil properties and environmental factors. Different sensors are placed in different locations in agricultural areas. To control these sensor values, a remote device or an internet service is carried out with sensors, Wi-Fi, camera with microcontroller. Thus, the workload of the farmer is reduced and quality products are grown (Suma et al., 2017).

The purpose of Hanschke's study is that a more convenient port route is required in a port area due to increased shipping volume. For this target, deploying wireless sensors and actuators to realize a cyber-physical port. On the other hand, many sensors and actuators required the device to be upgraded to two main challenges. The first challenge is that the external power supply infrastructure does not have affordable and flexible conditions. Therefore, it is not useful. The second challenge is that some devices connecting to the internet require additional infrastructure, which makes it complex. With this research, low-power IEEE802.11 Wi-Fi based devices may be possible to communicate. It is reliable with solar power, existing or planned Wi-Fi access points. As a result, they demonstrated power compatibility of a small-sized, low-power energy machine with the Arduino MKR1000 and similar Wi-Fi nodes (Hanschke et al., 2016).

In Khanna's study, it is an integrated system that includes solar energy module and electricity, electronics and programming. This research required 2 basic devices. These are Wi-Fi and Bluetooth devices. Android apps provide a simple, convenient interface for control and monitoring. The Bluetooth application and Arduino compiler were used to start and control the D.C motor. Also, the D.C motor can be controlled from a Bluetooth device within a range of several meters. It also responded appropriately to all commands in the Bluetooth module of mobile applications (Khanna, 2015).

In this study, he tests and analyzes an electronic circuit that can be used as a solar portable charger for cell phone devices that use solar energy as an electricity source. A small size solar cell panel was chosen as it is easy to carry anywhere. This method solves the problems in emergency situations outside and goes beyond traditional methods. As a result, there are many important recommendations in this study. The first is that solar energy can be actively used as an alternative power source to charge mobile devices. For maximum absorption of solar energy, the direction of the panel should be perpendicular to the direct line of sight or sunlight. Second, the proposed electronic design is easy to implement practically with low cost electronic components, and the selection of suitable components (Zener diodes, Darlington transistors, etc.) is important to obtain the desired voltage and charge current levels (Attia et al., 2014).

This work is to develop a prototype of the building lighting remote control system. It can monitor and control the lighting remotely with the web application. This remote control system allows users to save electricity for building lights. For this remote control system, voice recognition has been developed as a controller of electrical equipment. Arduino UNO and EasyVR module are combined as a voice recognition module. An Arduino based smart home remote control system controlled via an Android smartphone was designed. With them, users do not need to work directly on the electrical appliance. A module that controls the electronic device using the Raspberry Pi as an online web server has also been developed. This module can be controlled using a PC or Smartphone. Figure 2 shows the final prototype before installing it in the building. A single light and a fan were used in the prototype. The test starts with the lights on and is done by running a web application and accessing it from smartphones and computers. As a result, they

found that using the Raspberry Pi Mini PC as the web can reduce power consumption by 25%. While Arduino was widely used as a microcontroller in the previous research, this research used the NodeMCU as the microcontroller as it can connect directly to Wi-Fi. Its size is also smaller than Arduino, so it used less electricity consumption compared to other microcontrollers (Handayani et al., 2019).



Figure 2. The develop prototype (Handayani et al., 2019)

In this study, the design and development of a low cost Arduino based advanced solar battery charge controller is presented. The Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm is applied to charge the battery. The charge controller has a battery management system with Liquid Crystal Display (LCD) and Wi-Fi module for data logging and storage. When various limits are reached by the system, the charge status of the battery is monitored and cut off. The improved battery charger will help better monitor battery performance and system reliability. Figure 3 gives the block diagram of the proposed system (Kaur et al., 2016).

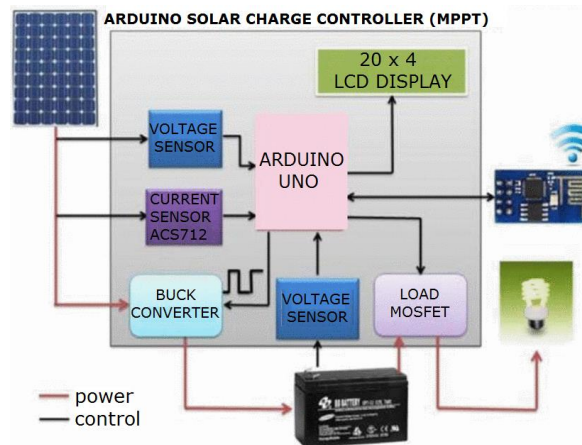


Figure 3. Block diagram of the proposed solar system (Kaur et al., 2016)

This work focus on battery energy storage systems. These systems can absorb and transmit both real and reactive power with sub-second response times. Many problems can be reduced with these capabilities. Such as frequency, voltage issues and ramp speed. Energy storage control systems can also be integrated with energy markets to make solar resource more economical. This study presents the integration of solar energy into electricity distribution system, battery energy storage systems and shows various modes of operation for battery energy storage systems in grid-connected solar energy applications (Hill et al., 2012).

In this study, the renewable energy source aims to obtain the most efficient electrical energy from solar energy. At every hour of the day, the angle of arrival of the sun's rays changes. It will not be fully efficient in the energy obtained from the fixed solar panel. The movement of the panel in horizontal and vertical directions is provided so that the angle of the solar rays coming to the solar panel is perpendicular. Arduino microcontroller board is used to control the movement and control of the panel. The value of the electricity generated during the day is controlled by the voltmeter circuit (Barış et al., 2017).

3. Materials and Methods

3.1. Hardware Part

Electricity supply is difficult and important given the environmental factors in agricultural areas. The Agriculture Tracking System supports to natural resources. Arduino provides the necessary energy source with solar panel. As shown in Figure 4 solar energy charging batteries. After that, these batteries are getting power supply for Arduino. Wi-Fi module is ESP8266. The data from sensors sends data to a database on computer with this module. Finally, sends the data to the mobile application that the user can follow and gives warning messages.

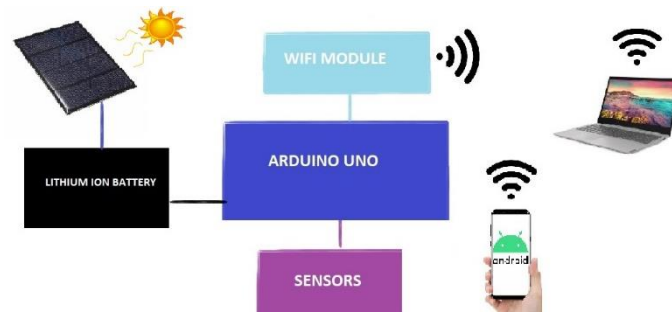


Figure 4. Architectural view

The most important feature of the Agriculture Tracking System is that it provides the necessary energy itself. It is possible with solar energy. As shown in Figure 5, solar panel is charging to lithium ion batteries. They are 3.7V. It needed to voltage regulator. Because Arduino's required energy cannot be 3.7V. That's why, we use LM7805 voltage regulator. Also, for connection between solar panel and lithium ion battery is needed TP40056 Lithium Battery Charger. Its' output can be energy for Arduino.

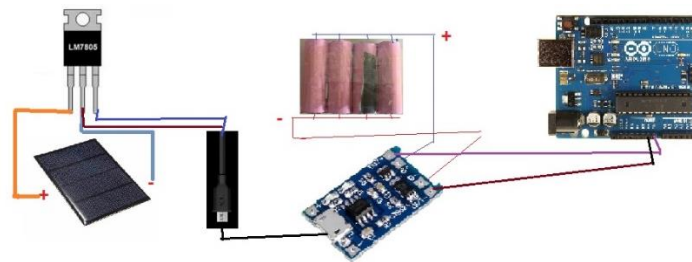


Figure 5. UI Design for Arduino's energy

Temperature / Humidity Sensor (DHT11) and Soil Moisture Detection after programming with Arduino. This communication is possible with the library. After this system, the database reads the data from the IP address of the IoT. Wireless Communication System (ESP8266). As shown in Figure 6, the use of the Agricultural Tracking System is ready for use in the mobile application.

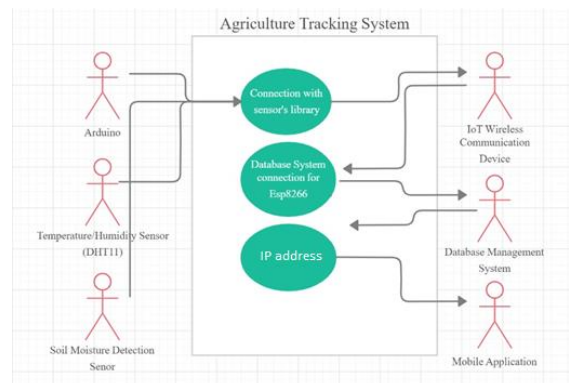


Figure 6. Use cases

Dht11: Temperature and Humidity Sensor has several types. We am going to use DHT11 Sensor Module as shown in Figure 7. It has three pin that generates calibrated digital output. It's power supply is between 3.3V and 5.5V. DHT11 Sensor has 4 pin that NC. The only difference between sensor and module is that the module has an internal filtering capacitor and lift-off resistor, and you have to use them externally for the sensor if needed. Both of them perform the same.



Figure 7. DHT11 with pins, Soil moisture module is placed in the soil, Soil Moisture Module main part

Soil Moisture Sensor: The Soil Moisture Sensor Module can be used to detect the moisture of soil or judge if there is water around the sensor. The working voltage of 3.3 V to 5 V. It consists of two parts. To insert one module into the soil and another to adjust the on-board potentiometer to adjust the sensitivity. And also, it works digital or analog outputs. In this module, it has two pins. They are positive and negative pins. But it does not matter which one is positive and negative. As shown in the Figure 7, the green and blue cables connect to another module. As shown in Figure 7, this module is important. It has four pins. They are analog output, digital output, GND and VCC. We use Analog output.

ESP8266: ESP8266 is a device used in IoT technology. The biggest feature is that cheap and easy to use. It widely used for these reasons. The working voltage is 3.3 V. The easiest way to connect Arduino to the internet. When we work on this study, we saw that do not need to ESP8266 and Arduino. They have energy cost for the study. And also, the hardware of ESP8266 is a bit complicated. As a result of my research we saw that ESP8266 NodeMCU is more suitable. We can connect to DHT11 Module Sensor and Soil Moisture Sensor directly to ESP8266 NodeMCU.

ESP8266 NodeMCU: The other name of the ESP8266 NodeMCU is the LoLin ESP Development Board - CP2102, which runs on ESP8266 with non-OS SDK and is hardware based on the ESP-12 module. The device features 4MB flash memory, 80MHz system clock, approximately 50k of available RAM and on-chip Wi-Fi Transceiver. Working voltage is 3.3V. Input voltage is 7-12V. As shown in Figure 8, the ESP8266 NodeMCU has a total of 30 pins. There are four power pins VIN. One VIN pin and three 3.3 V pins. The VIN pin can be used to directly power the ESP8266 and peripherals if you have a regulated 5V voltage source. 3.3V pins are the output of a built-in voltage regulator. These pins can be used to power external components. As shown in Figure 8, ESP8266 NodeMCU has one analog pin on the left first side. We are going to use for Soil Moisture Module on here. We are going to use digital output for DHT11 Module. For both sensors, we are going to connect separately with 3.3V and GND from the Wi-Fi module.

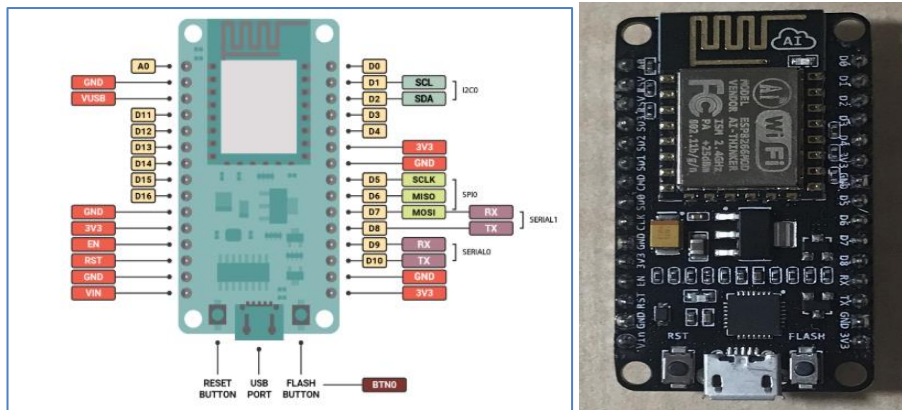


Figure 8. ESP8266 NodeMCU datasheet, ESP8266 NodeMCU

Circuit of The Agriculture Tracking System: We connect to analog pin to Soil Moisture Module and D7 pin to DHT11 Module. As it appears in Figure 9, the voltages of the sensors were supplied separately from ESP8266 NodeMCU. Lithium ion is a type of rechargeable battery. The most important feature is that the battery does not need to discharge completely. It can be charged at any time. We used 4 batteries of my computer battery. We soldered it with a wire, fixing it according to the + and - poles. So we got + and - out as shown in Figure 9. The TLP4056 charger is a very handy, small and very economical product with a micro USB port on it and where you can charge lithium batteries via USB. There is a micro USB connector on it as shown in Figure 10. Power input via micro USB cable can be provided through this connection or feed input via any 5V source via the IN+ and IN- pins on the card can be made. The BAT- and BAT+ pins on the bottom of the card are the battery ports. 3.7 V batteries are connected to these ports and can be easily charged. We used this pins for connection with lithium ion batteries. OUT+ and OUT- pins used for input voltage. The micro USB connector used for solar panel connection. The LM7805 is a three leg positive voltage regulator as shown in Figure 10, giving a constant 5V output. Left leg is input, middle leg is GND and right leg is output. We soldered LM7805's left and right legs with a wire. And also, we connected LM7805 and micro USB.

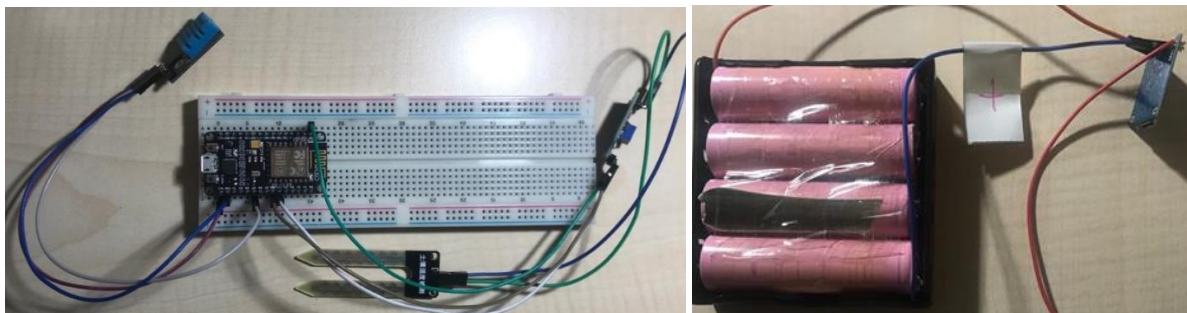


Figure 9. View of the circuit, Lithium ion batteries.

When charging batteries, the solar panel is used. The panel is not connected directly to the ESP8266 NodeMCU that is connected directly to the batteries.

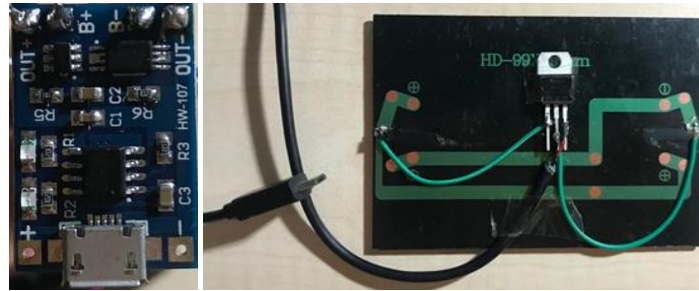


Figure 10. TLP4056, Solar panel with LM7805.

3.2. Software Part

Arduino is an open source electronics platform based on easy-to-use hardware and software. It can be said what to do with your board by sending a series of instructions to the microcontroller on the board. It is simple and accessible user experience. We am going to programming ESP8266 – NodeMCU with Arduino. By programming the ESP8266, we can read and write the data from the sensors both on the Arduino serial port and on the IP address. Thus, it is easy to reach the data. Arduino code has some library. They are ESP8266 Wi-Fi and DHT. The soil moisture module is working on analog pin. That’s why, we do not need a library. To add library, followed Sketch – Include Library – Manage Libraries, we searched ESP8266 and DHT11. We downloaded available library. The main feature of the Arduino codes is the sensors were read and the values of sensors were written to Wi-Fi module IP address and Arduino serial port. In any given second, the web page is refreshed with serial port.

```
#include <ESP8266WiFi.h>
#include <DHT.h>

const char *ssid = "Wi-Fi name"; //Wifi ssid and wpa2 key
const char *password = "Wi-Fi password";

WiFiServer server(80);

int DHTPin = 13; //Digital pin for DHT11
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
void setup() {
  Serial.begin(9600); //bound rate is 9600
  delay(10);
  dht.begin();

  Serial.println(); //Connecting to the network
  Serial.print(ssid);
  Serial.println(" is connecting...");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("Network successfully connected!");
  // Web server.
  server.begin();
  Serial.println("Web server is working. ESP is expected to receive IP...");
  delay(10000);
  Serial.print("IP: "); // Print ESP's IP address.
  Serial.println(WiFi.localIP()); }
void loop() {
  WiFiClient client = server.available(); // Check for new connections.
  if (client) {
    Serial.println("**New connection**");
    boolean blank_line = true;
    while (client.connected()) {
      if (client.available()) {
        char c = client.read();
        if (c == '\n' && blank_line) {
          float h = dht.readHumidity();// Read humidity.
          float t = dht.readTemperature();// Read temperature centigram.
          float f = dht.readTemperature(true); // Read temperature Fahr.
```

```
int soilMoisture = analogRead(A0);
  Serial.print("Humidity: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t Temperature: ");
  Serial.print(t);
  Serial.print(" *C ");
  Serial.print(f);
  Serial.print(" *F\tSoil Humidity: ");
  Serial.println(soilMoisture);
  client.println("HTTP/1.1 200 OK");
  client.println("Content-Type: text/html");
  client.println("Connection: close");
  client.println();
  client.println("<!DOCTYPE HTML>");
  client.print("<html>");// Print the data to web page.
  client.print("<meta http-equiv='refresh' content='20'>");//Page
refresh every 20 seconds
  client.println("<head></head><body><h1>Agriculture Tracking
System</h1>");
  client.print("<h3>Temperature(Santigrat): ");
  client.println(t);
  client.print("<h3></h3><h3>Temperature(Fahrenheit): ");
  client.println(f);
  client.print("<h3></h3><h3>Humidity: ");
  client.println(h);
  client.print("<h3></h3><h3>Soil Moisture Humidity: ");
  client.println(soilMoisture);
  client.print("<h3></h3><h3>");
  client.print("</body></html>");
  break;
}
if (c == '\n') {
  blank_line = true; // when the new line starts to be read
}
else if (c != '\r') {
  blank_line = false;
}
}
}
}
delay(500); // Connection ended.
client.stop();
Serial.println("\nConnection ended.");
}
}
```

When we visit on the given IP address, the screen is as seen on Figure 11. Every 20 second, the address reloads. This value can change. We used Android Studio for my mobile app. Users will be able to view sensor values momentarily and in the past. With Android Studio, after reading the sensor values in my IP address, it both writes to the screen and saves them to the database. We read my IP address using the AsyncTask structure. And also, we chose SQLite for the database. If we checked to the table, we should select table name and right click on that to "Show Table". We will see a screen as shown in Figure 11.

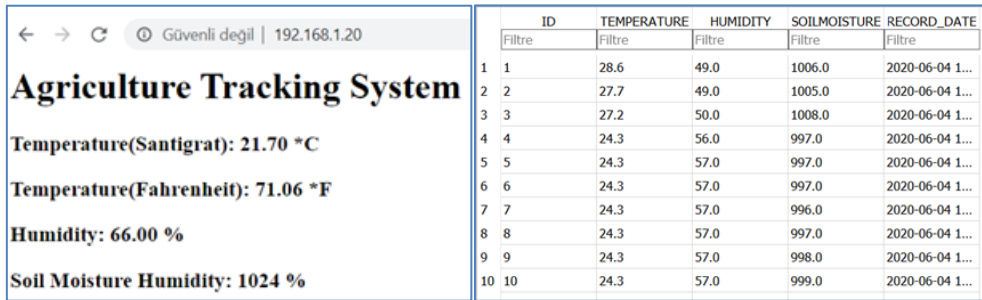


Figure 11. Screen of IP address, Viewing the created table in SQLite Browser.

4. The Application and Tests

As shown in Figure 12, the main screen of emulator. On the screen, user can see instant sensor values. In addition, "DISPLAY VALUES" button can see the last 5 records of temperature, humidity, soil moisture values with the bar chart. With the "SAVE NEW PLANT OPTIMAL VALUES" button, the name of a plant the user wants to grow can save optimal temperature, humidity and soil moisture to a database. It can see saved data as a list. With the "THI" button, it gives instant warnings according to temperature and humidity. With the "PREDICTION" button, the user enters plants according to the annual estimates to increase the yield.

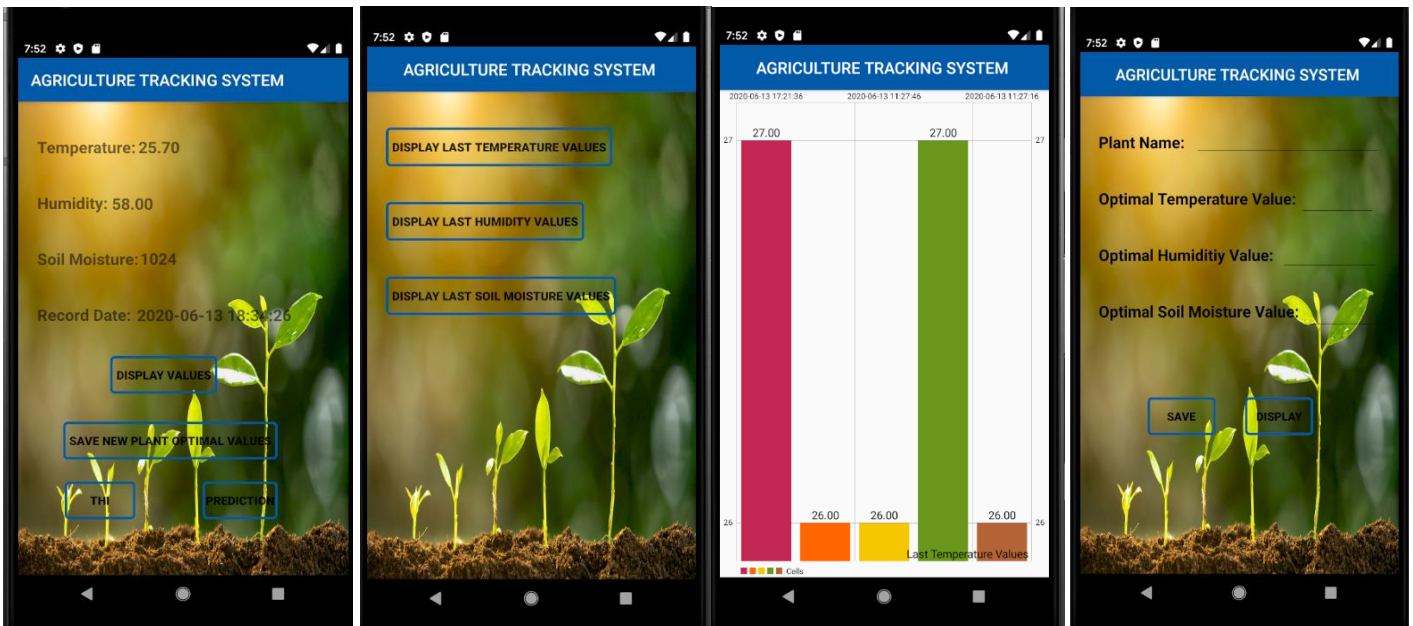


Figure 12. The main screen of the emulator, Display options screen and "Display Last Temperature Values" screen, Inserting to database and displaying.

As shown in Figure 12, there is a screen for the user with options for temperature, humidity and soil moisture. The last 5 records, when users select any one, can observe the situation.

I designed a new interface as shown in Figure 12 and created a database for use in annual estimates for plants. This database has optimal values such as the plant name, temperature, humidity, and soil moisture requirements. The user can enter this information and save the plant in the database with the "Save" button. It can also display the data in the database with the "Display" button.

When we researched for prediction, we saw that the amount of sunlight determines the development of plants. It is the most important factor for germination of the seeds of many plants, opening of the buds and giving yield. The angle of sunshine, its amount depends on the movement of the sun, the properties of the soil and the climate. The sun's rays and temperature are also directly related. Temperature varies according to various times of the day and seasons. The reason for this is that the sun's rays sometimes come with an oblique angle and sometimes with a right angle according to these factors.

$$\cos\theta = \sin\delta \sin\Phi \cos\omega - \sin\delta \cos\Phi \sin\omega \cos\omega + \cos\delta \cos\Phi \cos\omega \cos\omega + \cos\delta \sin\Phi \sin\omega \cos\omega + \cos\delta \sin\Phi \sin\omega \sin\omega \quad \text{Eq. 1}$$

Latitude angle (Φ): from the ground with the equatorial plane between the radial line to the center of the Earth the angle is. The latitude takes its positive value for the northern hemisphere and varies between 90° and 90° .

Clock angle (w): is the angular measure of time and is a clock 15° longitude equals. Angle plus and noon before noon then it gets a minus. For example, angle + for 10.00am For 30° and 15.00 - 45°.

Slope angle (S): between horizontal surface and oblique surface the remainder is the angle. Plus value for surface facing equator it takes. (Yücel et al., 2018)

WE've created a new database with this information. The columns of this database consist of year, month, sun arrival angle, monthly sunbathing time, temperature effect, moisture effect and soil moisture effect. We tried to find the values of Izmir province with got help from the meteorological site.

K-nearest neighbors (KNN) algorithm is a type of supervised Machine Learning algorithm which can be used for both classification as well as regression predictive problems. It uses feature similarity to predict the values of new data points which further means that the new data point will be assigned a value based on how closely it matches the points in the training set. We was inspired by this algorithm to estimate whether the plants that the user wants to grow are suitable. As shown in Figure 5.43, the user had added two plants. First one is tomato and second one is cucumber. After calculation, we can understand that cucumber is more suitable for this area. Which month or months are more efficient is written to the screen as a warning. It also makes suggestions for the nearest month by looking at the instant date.

At tests, firstly, we worked with Arduino Uno. All sensors and ESP8266 module are connected to Arduino Uno. But we have seen some disadvantages of using sensors with Arduino Uno and ESP8266. First, the circuit was more complicated. Connecting the ESP8266 module to the sensors as an analog and a digital was more difficult to program. We used ESP8266 NodeMCU to make the circuit smaller and easier to apply. So we didn't have to use Arduino UNO. We programmed it by connecting sensors directly to ESP8266 NodeMCU.

When we worked on ESP8266 NodeMCU device, my DHT11 module burned. We saw that downloaded driver of CP2102 had deleted. For working with ESP8266 NodeMCU device, you should download CP2102 driver. It is very important. To read IP address, the application must connect to internet. Therefore, AndroidManifest.xml file is added uses permissions. These codes did not enough to read my IP address. We got an error: "Cleartext HTTP traffic to 192.168.1.20 not permitted at com.android.okhttp.HttpHandler\$CleartextURLFilter.checkURLPermitted(HttpHandler.java:124) at com.android.okhttp.internal.huc.HttpURLConnectionImpl.execute(HttpURLConnectionImpl.java:462). We searched many times, we learned that should be added to android:usesCleartextTraffic="true" code in AndroidManifest.xml file. Also, we tried to change my IP address with "https://" instead of "http://". It was not a solution.

5. Conclusion

Agriculture has been one of our most important needs in the world since the first ages. Nowadays, human knowledge and experience may be lacking, especially in agriculture. For a plant to grow close to 100% yield, multiple variables must be in optimal condition. In the Agriculture Tracking System, people are able to control the environment required for growing plants, i.e. optimal levels of their variables. We have designed a hardware system with IoT device and 2 sensors. We use solar energy to power to this hardware system. Also, these sensors are DHT11 and Soil Moisture Sensors. Values of incoming from sensors were read to IP Address. These values are written to SQLite database and displayed last 5 records with bar charts. At the same time, the users can save plants with optimal values to database. With these values, can make predictions. We have studied the effect of the sun angle on temperature and humidity in the last 5 years with months. By creating a new database, we added its effect on the year, month, incoming sun angle, sun exposure time, temperature, humidity and soil moisture. We compared this data with the plants added by the user and presented the most suitable and closest months as a warning to the user. Thus, the user will be able to grow suitable plants, except when he is used to it. Another estimation is possible with instant recordings. When we researched, we found that the condition of the plant can be categorized by temperature and humidity. We check the instant data and send a warning message to the user according to these rates.

Agriculture Tracking System is a study that is very open to development. In the study, the user can only receive data from the sensors, it means that works unilaterally. However, in the future, user can perform an operation using the app. For example, when users want to water, can send this request to new sensors. Another innovation is that the users can automatically guess the appropriate plant with a defined database without entering the optimal values of the plant.

References

- Attia, H. A., Getu, B. N., Ghadban, H., & Mustafa, A. K. A. (2014). Portable solar charger with controlled charging current for mobile phone devices. *Int. J. of Thermal & Environmental Engineering*, 7(1), 17-24.
- Barış A., Halil K. (2017). Solar Tracking System. Thesis of Karabük University.
- Baysal, K., Özcan, M. O., Özdüven, F. F., & Beynek, B. Nesnelerin İnterneti Tabanlı Bir Sera Takip Sistemi. *Ejovoc (Electronic Journal of Vocational Colleges)*, 8(2), 49-56.
- Gondchawar, N., & Kawitkar, R. S. (2016). Internet of Things based smart agriculture. *International Journal of advanced research in Computer and Communication Engineering*, 5(6), 838-842.
- Handayani, T. P., Hulukati, S. A., Jaya, R., Tiandho, Y., & Abdullah, R. (2019). The prototype of solar-powered building lighting Internet of Things. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 486, No. 1, p. 012079).

- Hanschke, L., Heitmann, J., & Renner, C. (2016). Challenges of Wi-Fi-enabled and solar-powered sensors for smart ports. In Proceedings of the 4th International Workshop on Energy Harvesting and Energy-Neutral Sensing Systems (pp. 13-18). ACM.
- Hill, C. A., Such, M. C., Chen, D., Gonzalez, J., & Grady, W. M. (2012). Battery energy storage for enabling integration of distributed solar power generation. *IEEE Transactions on smart grid*, 3(2), 850-857.
- Kaur, T., Gambhir, J., & Kumar, S. (2016). Arduino based solar powered battery charging system for rural SHS. In 2016 7th India International Conference on Power Electronics (IICPE) (pp. 1-5). IEEE.
- Khanna, A., & Ranjan, P. (2015). Solar-powered android-based speed control of DC motor via secure bluetooth. In 2015 Fifth International Conference on Communication Systems and Network Technologies (pp. 1244-1249). IEEE.
- Lee, M., Hwang, J., & Yoe, H. (2013). Agricultural production system based on Internet of Things. *IEEE 16th International Conference on Computational Science and Engineering* (pp. 833-837). IEEE.
- Suma, N., Samson, S. R., Saranya, S., Shanmugapriya, G., & Subhashri, R. (2017). Internet of Things based smart agriculture monitoring system. *International Journal on Recent and Innovation Trends in computing and communication*, 5(2), 177-181.
- Taştan, M. (2019). Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Sulama ve Uzaktan İzleme Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 229-236.
- TongKe, F. (2013). Smart agriculture based on cloud computing and Internet of Things. *Journal of Convergence Information Technology*, 8(2).
- Yücel, M., Kılıçarslan, Y., & Yıldırım, M. (2018). Güneş Takip Sistemiyle Çalışan Güneş Panellerin Sulama Uygulamasında Verimlilik Düzeyleri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6, 123-130.
- Zhao, J. C., Zhang, J. F., Feng, Y., & Guo, J. X. (2010). The study and application of the Internet of Things technology in agriculture. In 2010 3rd International Conference on Computer Science and Information Technology (Vol. 2, pp. 462-465). IEEE.



Personel İş Zekası Sistemi ve Veri Madenciliği ile Personel Memnuniyetinin Ölçülmesi

Gizem Çetin^{1*}, Ömer Özgür Tanrıöver²

¹ Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0486-8758)

² Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0833-3494)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823340)

ATIF/REFERENCE: Çetin, G., & Tanrıöver, Ö. Ö. (2020). Personel İş Zekası Sistemi ve Kümeleme Analizi Yöntemi ile Personel Memnuniyetinin Ölçülmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 323-334.

Öz

Veri madenciliği uygulamaları ve iş zekası sistemleri verileri anlamlandırarak bilgiye dönüştürülmesinde ve kuruluşlara karar verme süreçlerinde yardımcı olmak için kullanılır. Çalışmada bir devlet kurumunun personel verileri üzerinde iş zekası ve veri madenciliği süreçleri gerçekleştirilerek verilerin yönetimini sağlamak ve dinamik analizler ile stratejik öngörülerin yapılabilmesi amaçlanmıştır. İş zekası süreçlerinin uygulanmasında Microsoft iş zekası araçlarından SSIS (SQL Server Integration Service), SSAS (SQL Server Analysis Service) ve Power BI kullanılmıştır. Öncelikle veri yapısı modellendirilmiş olup ETL (Extract-Transform-Load) sürecinden geçirilerek anlamlı hale getirilen veri, veri ambarına SSIS programı ile aktarılmıştır. Daha sonra SSAS programı ile OLAP veri küpü oluşturulmuştur. Son olarak da OLAP küpü veri kaynağı olarak belirlenip zengin görsel araçlara sahip olan ve veri analizini çok daha etkili hale getiren Power BI iş zekası aracı kullanılarak çeşitli görsellerle veri analizi gerçekleştirilmiştir. Böylece, karar vericilerin veri analizini etkin bir şekilde yapabilecekleri bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Çalışmada kümeleme analizi yöntemlerinden biri olan K-Means algoritması ve birliktelik kurallarından kurullarından Apriori algoritması ile bir devlet kurumundaki İç Kontrol Sistemi anketi verileri kullanılarak personel memnuniyet analizi yapılmıştır. Veri madenciliği aracı olarak ise içerisinde bulundurduğu bir çok algoritma sayesinde verilerden bilgi çıkarımı yapılabilmesine olanak sağlayan ve açık kaynak kodlu bir araç olması sebebi ile WEKA kullanılmıştır. Kümeleme analizi sonucunda oluşan farklı personel grupları detaylı incelenerek bu gruplara nasıl yaklaşılabileceği ve nasıl hitap edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Her grubun memnuniyet durumunun farklılaşan noktaları belirlenerek, stratejiler ve uygulama faaliyetleri bu grubun ihtiyacına göre planlanmıştır. Apriori algoritması, personelin İç Kontrol Sistemi anket sorularına vermiş olduğu cevaplar arasında anlamlı ilişkileri bulmak, bu ilişkilerden faydalanarak personelin çalıştığı birimden memnuniyetini karşılaştırarak anlamlı sonuçlar elde etmek ve çalışılan birimden memnun olmama nedenlerini keşfetmek için kullanılmıştır. Böylece İç Kontrol Sistemi anketi verilerinden anlamlı ve yararlı bilgiler elde etmek ve bu bilgiler ışığında personel karar destek planlama faaliyetlerinde destek olmak amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Veri Madenciliği, Kümeleme, Birliktelik Kuralları, Personel Memnuniyeti, Karar Destek Sistemleri.

A Personnel Business Intelligence System and Measuring Personnel Satisfaction with Data Mining

Abstract

Data mining applications and business intelligence systems are used to make sense of data and to help organizations in their decision-making processes. In the study, it is aimed to manage the data by performing business intelligence and data mining processes on the personnel data of a government institution and to make strategic predictions with dynamic analysis. Microsoft business intelligence tools SSIS (SQL Server Integration Service), SSAS (SQL Server Analysis Service) and Power BI have been used in the implementation of business intelligence processes. First of all, the data structure was modeled and the data, which was made meaningful by passing the ETL (Extract-Transform-Load) process, was transferred to the data warehouse with SSIS program. Then, OLAP data cube was created with SSAS program. Finally, data analysis was carried out with various visuals using the Power BI business intelligence tool, which

* Sorumlu Yazar: Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0486-8758, gizemcetin06@gmail.com

has been identified as the OLAP cube as a data source and has rich visual tools and makes data analysis much more effective. Thus, a decision support system has been developed where decision makers can perform data analysis effectively. In the study, personnel satisfaction analysis was performed using the K-Means algorithm, one of the cluster analysis methods, and the Apriori algorithm, one of the association rules, and the Internal Control System survey data in a government institution. As a data mining tool, WEKA is used because it is an open source tool that allows information extraction from data thanks to many algorithms it contains. The different staff groups formed as a result of the cluster analysis were examined in detail, and how these groups should be approached and addressed was determined. Different points of satisfaction status of each group were determined and strategies and implementation activities were planned according to the needs of this group. The Apriori algorithm has been used to find meaningful relationships between the responses of the personnel to the Internal Control System survey questions, to obtain meaningful results by comparing the satisfaction of the personnel from the unit they work in, and to discover the reasons for their dissatisfaction with the unit they work with. So it is aimed to obtain meaningful and useful information from the internal control system survey data and to support personnel decision support planning activities in the light of this information.

Keywords: Machine Learning, Clustering, Association Rules, Personnel Satisfaction, Decision Support Systems.

1. Giriş

İş zekası, kurumların karar verme ve yönetim kabiliyetlerinin artırılmasına yardımcı olan; çok sayıda verinin kurumsal bilgiye dönüştürülmesini ve böylelikle kurumların rekabet ortamında avantaj sağlamasına yönelik kavramlar, metotlar, süreçler ve yazılımlar bütünü olarak tanımlanabilir. (Michael, 1999). Günümüz dünyasında yüksek bir ivmeyle artan bilgi hacmiyle beraber yöneticiler etkin kararlar alma adına iş zekâsı sistemlerinden faydalanabilmektedirler (Lin ve ark., 2009). İş zekâsı sistemlerinin en önemli faydalarından biri karar vermede sağladığı avantajlardır (Negash, 2004; Watson ve ark., 2002).

Bir kuruluşun, bilinçli kararlar alabilmesi için sahip olduğu verileri en iyi şekilde kullanıp onları anlamlandırması gerekmektedir. Bu sebepten dolayı iş zekası ve veri madenciliği çözümlerine artan bir ihtiyaç vardır. Bu çalışmada bir devlet kurumunun personel verileri üzerinde iş zekası ve veri madenciliği süreçleri gerçekleştirilmiş ve örnek uygulama yapılmıştır. Personel verilerinin yönetilmesi, personel işe alım stratejisinin planlamasına katkı sağlanması ve kullanıcıların dinamik bir şekilde analiz yapabilmeleri için bir karar destek sistemi oluşturulması amaçlanmıştır. Kurumun Personel Bilgi Sisteminde geleneksel raporlama araçları ile statik bir şekilde oluşturulan raporlar mevcuttur. Kullanıcılar veriler ile dinamik analiz yapamamaktadır. Alınabilecek rapor sayısı ve türü kısıtlıdır. Bu nedenden dolayı iş zekası çözümleri ile kullanıcıların dinamik bir şekilde analiz yapabileceği bir iş zekası sistemi oluşturmak amaçlanmıştır.

Veri madenciliği, sistemde daha önceden bulunan ama bilinmeyen ilgi çekici, sıra dışı ve yararlı olabilecek verinin anlamlı bilgiye dönüştürülme sürecidir (Shen, 2007). Bu çalışmada birliktelik kuralları ve kümeleme analizi incelenmiştir. Bir devlet kurumunda yapılan İç Kontrol Sistemi anketinde yer alan sorulara personel tarafından verilen cevaplar veri madenciliği yöntemlerinden Apriori birliktelik kuralları ve K-Means kümeleme analizi kullanılarak irdelenmiştir ve sonuçlar değerlendirilerek memnuniyet analizi yapılmıştır.

Bu konu ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; Jung ve Suh'in 2019 yılında yaptığı çalışmada çevrimiçi çalışan görüşleri ile personelin iş tatmini faktörleri ortaya konulmuştur. Bu çalışmada ilk olarak, Latent Dirichlet Tahsisatı² (LDA) kullanarak Güney Kore'deki çalışanların en büyük çevrimiçi şirket değerlendirme sitesi olan jobplanet.co.kr'de yayınlanan 35.063 çalışan görüşünden iş memnuniyeti faktörleri belirlenmiştir. Ardından, faktör bazında analizler yapıp sektör, şirket, grup ve kronolojik seviyelerde her bir iş memnuniyeti faktörünün duyarlılığı ve önemi ölçülmüştür. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, işletme yöneticilerine, çalışanlarının çeşitli yönlerden iş memnuniyetini yönetmeye ilişkin kararlar alma konusunda derin içgörüler sağlamıştır. Ayrıca iş tatmini faktörleri hakkında kapsamlı bir bakış açısı sağlayarak, işletme yöneticilerinin karar vermesini desteklemek için yeni bir yaklaşım önermektedir. Son olarak, literatürde dikkate alınmayan beş yeni iş tatmini faktörü bulunmuştur. Bunlar proje, yazılım geliştirme, firmalar arası ilişki, pazarlama ve yurtdışı iş imkanlarıdır. Bu çalışmanın yapılan çalışmadan farkı kullanılan çalışan görüşü veri miktarı çok daha fazla olmasıdır (Jung ve Suh, 2019).

Sheybani tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'ndeki iş memnuniyetini ve iş tatminizliğini etkileyen faktörleri değerlendirmeyi amaçlanmıştır. İş tatmini ile ilgili ve Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Fikir Araştırma Merkezi tarafından toplanan 9 farklı eyalette 891 erkek ve 1153 kadına ait toplam 2044 kayıt içeren veriler bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışanların iş tatmininin örüntülerini bulmak için Clementine 12.0 veri madenciliği yazılımı kullanılarak veri kalıpları keşfedilmiş ve CHAID karar ağacı veri madenciliği yöntemi ile iş memnuniyetini etkileyen faktörler belirlenmiştir. Sonuçlara göre insanların küçük bir yüzdesinin işlerinden memnun olmadığı ortaya çıkmıştır. Bireylerin işverenleri için çalışmaktan gurur duymamaları ve stresli çalışma ortamının iş tatminsizliği üzerinde büyük bir etkisi olabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, organizasyon yönetimi ile çalışanlar

² Bir metin belgesinde "topics(konular)" adı verilen kelime gruplarını bulmak için kullanılan denetimsiz(unsupervised) bir yaklaşımdır.

arasında iyi bir ilişki olmamasının iş tatminsizliğine yol açabileceği sonucuna varılmıştır. Sheybani tarafından yapılan çalışmanın bu çalışmadan farkı sınıflandırma yöntemlerinden karar ağacı algoritması kullanılmasıdır (Sheybani, 2019).

Gupta ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada Twitter'da maaşlarından dolayı iş doyumunu yüksek olanların ve daha az maaşla çalışanların beyanlarına göre tweet'leri incelenerek analizler ortaya konulmuştur. Toplam 142.656 tweet verilerine veri madenciliği teknikleri uygulanmıştır. Uygulanan algoritmalar arasında en yüksek başarı oranı Gradient Boosted Tree'ye aittir ve veri kümesi üzerinde % 99'un üzerinde bir başarı ile doğru bir şekilde sınıflandırabilmiştir. Uygulanan makine öğrenmesi algoritmaları sonucunda, aldıkları maaştan memnun ve memnun olmayanların cümle yapıları, kullanılan kelimeler ve yaptıkları gönderiler arasında anlamlı bir fark olduğu görülmüştür. Bu çalışmada makine öğrenimi sayesinde iş tatmini yüksek olan ve iş tatmini düşük olmayan kişiler, twitter hesapları analiz edilerek öğrenilebilir sonucuna varılmıştır. Gupta tarafından yapılan çalışmanın bu çalışmadan farkı veri madenciliği tekniklerinden sınıflandırma yöntemlerinin kullanılması ve twitter verilerinin kullanılmasıdır (Gupta ve ark., 2020).

Al-Radaideh ve Nagi tarafından yapılan çalışmada, çalışanların performansını tahmin etmek için veri madenciliği teknikleri kullanılarak bir sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Sınıflandırma modeli oluşturulurken karar ağacı algoritması kullanılmıştır. Oluşturulan modeli doğrulamak için, birkaç şirketten toplanan gerçek veriler kullanılarak birkaç deney yapılmıştır. İş unvanı ve ardırdan üniversite türü performansı etkileyen en önemli özellik olarak bulunmuştur. Çalışmaya göre şirket yöneticileri ve insan kaynakları departmanları için bu model, yeni başvuran personel performansının tahmin edilmesinde kullanılabilir. Bu durumda, kötü performans gösteren çalışanın işe alınmasıyla ilgili herhangi bir riski önlemek için çeşitli önlemler alınabilir. Al-Radaideh ve Nagi tarafından yapılan çalışmada çalışanların performansı sınıflandırma yöntemleri ile değerlendirilmiştir (Al-Radaideh ve Al Nagi, 2012).

Eren'in 2018'de yaptığı doktora tezi çalışmasında iş zekâsı sistemlerinin temel faydalarından birisi olan karar verme aktivitesinin ne olduğu, günümüzde karar verme teknolojileri ve iş zekâsı sistemlerinin karar vermedeki etkinliği açıklanmıştır. Karar vermede teknolojinin rolü açıklanarak iş zekâsı sistemlerinin bu alandaki üstünlüğü belirtilmiştir. İş zekâsı sistemlerinin ne tür faydalar sağladığı ve bu faydaların nasıl ölçülebileceğine dair bilgiler sunularak çalışmaya yön verilmiştir. Ayrıca bu tezde iş zekâsı sistemlerinin karar verme ve performans üzerine etkileri araştırılmış olup karar verme ve performansı etkileyen yapılar belirlenmiş ve bu yapıların birbirleri üzerindeki etkileri ortaya konulmuştur. Eren tarafından yapılan bu çalışmada iş zekâsı sistemlerinin karar verme üzerindeki etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada ise personel verilerinin iş zekâsı uygulamasına ek olarak veri madenciliği ile karar verme etkinliği incelenmiştir (Eren, 2018).

Talukdar'ın tarafından yapılan çalışmada ise insan kaynakları sorunlarının sistematik ve etkili bir şekilde ele alınması için iş zekâsı sistemlerinin kullanılmasını amaçlamaktadır. Ayrıca, bu çalışma SAP, SAS, Oracle ve IBM Cognos Business Intelligence gibi iş zekâsının çeşitli modelleri aracılığıyla İnsan Kaynakları Yönetimi (HRM) alanında iş zekâsının önemi belirtilmektedir. Çalışma, iş zekâsının bir parçası olarak İK analitiğinin, bir organizasyonun İnsan Kaynakları Yönetimi veri yönetimi ve depolama teknolojilerini kullanarak İnsan Kaynaklarını sistematik olarak yönetmesine yardımcı olduğu sonucuna varmaktadır (Talukdar, 2016).

Chien ve Chen tarafından 2008 yılında yapılan çalışmada personel seçimi için yararlı kurallar oluşturmak amacıyla karar ağacına ve ilişkilendirme kurallarına dayalı bir veri madenciliği çerçevesi geliştirilerek kuruluşların kendilerine en uygun yetenekleri bulmak için etkili personel seçme mekanizması geliştirilmesi amaçlanmıştır. Yeni başvuranların özgeçmişleri, iş başvuruları ve görüşmelerinden seçilen özelliklere bağlı olarak performansını tahmin etmek için veri madenciliği tekniklerini kullanarak bir model oluşturulup çalışan seçiminin iyileştirilmesi üzerinde çalışmışlardır. Yapılan çalışmanın sonuçları bu yaklaşımın pratik uygulanabilirliğini göstermiştir. Ayrıca, sonuçlardan spesifik işe alım ve insan kaynakları yönetimi stratejileri oluşturulmuştur. Al-Radaideh ve Nagi tarafından yapılan çalışmadaki gibi çalışan performansı karar ağaçları ile tahmin edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca yeni iş başvurularında personel seçme mekanizması geliştirilmiştir (Chien ve Chen, 2008).

Yadav ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada çalışanın davranışlarını ve niteliklerini sınıflandırma tekniklerini kullanarak analiz edilmiştir ve çalışan kaybını tahmin etmek için bir çerçeve oluşturmuşlardır. Çalışanların işten ayrılması, bir kuruluşu hem zaman hem de maliyet açısından etkileyebilir. Tahmine dayalı geliştirilen model, yalnızca önleyici tedbirlerin alınmasına değil, aynı zamanda işe alma kararlarının alınmasına da yardımcı olmuştur. Bu çalışmanın yapılan diğer çalışmalardan farkı, çalışanın geçmiş verilerindeki eğilimleri kullanarak çalışanın yakın gelecekte kurumdan ayrılıp ayrılmayacağını Logistic Regression, SVM, Random Forest, Decision Tree and AdaBoost gibi farklı sınıflandırma yöntemleri ile tahmin etmeye yardımcı olmasıdır (Yadav ve ark., 2018).

Genel olarak araştırılan makalelerde çalışanların performansını etkileyen ana özellikler incelenmiştir. Ayrıca incelenen çalışmalarda genel olarak sınıflandırma yöntemleri kullanılmıştır. Bu yapılan çalışmanın ise diğer yapılan çalışmalardan farkı çalışma memnuniyetsizliği sebepleri incelenmesidir. Diğer çalışmalardan bir diğer farkı ise çalışılan birimden memnun olmama nedenlerini keşfetmek için birliktelik kurallarından Apriori algoritması, personelin memnuniyet durumuna göre farklı gruplara ayrılarak, bu gruplara nasıl yaklaşılması gerektiği belirlenmesi için kümeleme yöntemlerinden K-Means algoritması kullanılmasıdır. Ayrıca bu çalışmada veri madenciliği uygulaması ile birlikte iş zekâsı çözümleri ile yöneticilerin daha hızlı ve doğru karar verebilmelerine yardımcı olmak için personel karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Çalışmanın ikinci bölümünde bir devlet kurumuna ait personel verileri ile karar destek uygulaması geliştirilirken yapılan işlemler ve adımlar anlatılmıştır. Personel veri ambarı modellenmesinden ve OLAP küpü oluşturma sürecinden bahsedilmiştir. Bu bölümde son olarak da OLAP küpü kullanılarak Power BI iş zekâsı aracı yardımıyla çeşitli görsellerle veri analizi gerçekleştirilme süreci anlatılıp oluşturulan bir rapordan örnek verilmiştir. Üçüncü bölümde İç Kontrol Sistemi anketindeki sorulara, personelin vermiş olduğu cevaplar

veri madenciliği yöntemlerinden K-Means kümeleme analizi ve Apriori birliktelik kuralları aracılığı ile analiz edilip algoritmaların uygulama adımları, sonuçları açıklanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Personel İş Zekası Sistemi Oluşturulması

Bu bölümde bir devlet kurumunun personel verileri üzerinde gerçekleştirilen iş zekası süreçleri açıklanmıştır. Bu çalışmada iş zekası aracı olarak Microsoft SQL Server, Microsoft Visual Studio, SQL Server Data Tool ve Power BI kullanılmıştır. Veri ambarı tasarımı için ise Microsoft SQL Server kullanılmıştır.

Personel verileri nüfus, öğrenim, aile, adres, yabancı dil, eğitim, hizmet, izin, terfi, atama hareketleri, kadro işlemleri, görevlendirme, disiplin ve dava gibi bilgiler içermektedir. Yaklaşık dört bin personele ait bilgiler mevcuttur.

Personel verilerinin Oracle veri tabanından veri ambarına aktarma işlemleri için Microsoft SSIS aracı kullanılmıştır. Veritabanında tutulan veriler ETL işlemleri gerçekleştirildikten sonra ilgili tablolara veri aktarımını sağlamak için .dtsx uzantılı SSIS paketleri oluşturulmuştur. Veri ambarı tasarlanırken Fact ve Dimension tabloları ETL yardımı ile oluşturulmuştur. Tablo 1.'de veri ambarında bulunan bazı fact ve dimension tablolarının açıklamaları ve diğer tablolara ilişkili olduğu ölçüt alanı verilmiştir. Veri ambarı modellemesi takımyıldızı şemasına göre yapılmıştır. SSIS'te olgu ve boyut tabloları için oluşturulan paketlerin otomatik hergün çalıştırılarak güncel verileri veri ambarına atması için SQL Server'da script hazırlanmıştır.

Tablo 1. Veri Ambarında bulunan bazı fact ve dimension tabloları

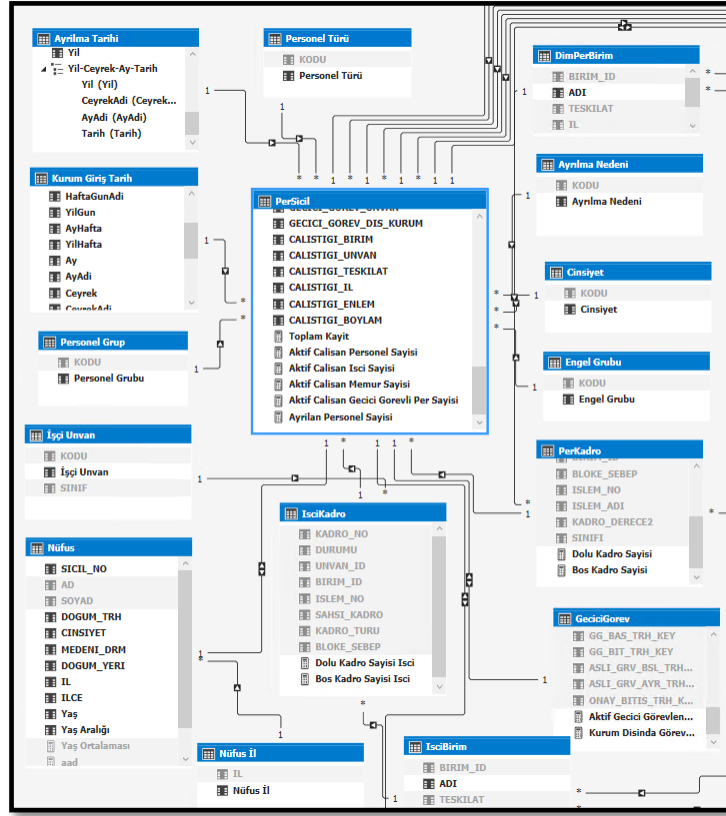
Fact ve Dimension Tabloları	Açıklama	Ölçüt Alanı
FactPerSicil	Personele ait temel bilgileri (sicil, ad, soyad, cinsiyet, tc kimlik no, kadro no, vs.) içeren olgu tablosudur.	Sicil No
FactPerKadro	Kadrolu personelin kadro bilgisini (birim, unvan, kadro no vs.) içeren olgu tablosudur.	Kadro No
FactIsciKadro	İşçi personele ait kadro bilgisini (birim, unvan, kadro no vs.) içeren olgu tablosudur. Bu tablosu için belirleyici ölçüt Kadro No alanıdır.	Kadro No
FactGeciciGorev	Personelin (işçi, memur) geçici görev bilgisini (sürel ve süresiz geçici görev,vekalet vs.) içeren olgu tablosudur.	Kayıt Id
FactNüfus	Personelin nüfus bilgisini (doğum yeri, tarihi, medeni durum vs.) içeren olgu tablosudur.	Kayıt No
DimPersonelTuru	Personel türü bilgisini (kadrolu personel, sürekli işçi, 4B sözleşmeli vs.) gösteren tanım tablosudur.	Kodu
DimPersonelGrup	Personel alım türü bilgisini (normal, engelli, terör, shçek vs.) gösteren tanım tablosudur.	Kodu
DimPerBirim	Kurum teşkilat yapısında bulunan birimlerin bilgisini gösteren tanım tablosudur.	Kodu
DimAyrilisNeden	Ayrılan personelin ayrılma nedenini (istifa, emeklilik vs.) gösteren tanım tablosudur.	Kodu
DimKurumGirisTarihi	Personelin kurumda çalışmaya başladığı tarih aralığı bilgisinin detaylarını (yıl, çeyrek, ay, gün vs.) içeren tanım tablosudur.	Kodu

2.1.1. OLAP Küpü Tasarımı ve Raporlama

OLAP yapısı, veriyi çok boyutlu halde tutan ve gerektiği zaman belirli parametreler ile kullanışlı bilgi sağlayan bir sistem olarak tanımlanabilir (Matei, 2010). OLAP; verilerin OLTP yapısındaki gibi iki boyutlu (sıra ve sütun) olarak tutulması yerine çok boyutlu küpler halinde tutulduğu ve veriler üzerinde istatistiksel analizlerin yapıldığı veri tabanlarıdır. Sorgu süresini azaltmak için OLAP sunucusundaki veriler, ilişkisel veri modelinde olduğu gibi tablolar (satırlar ve sütunlar) yerine veri küpleri şeklinde düzenlenir (Wang ve ark., 2005). Küpler, sıra ve sütun içeren tablolar kullanmak yerine, boyutlardan ve hesaplamalardan (veya ölçümlerden) oluşur (Langit ve ark., 2009).

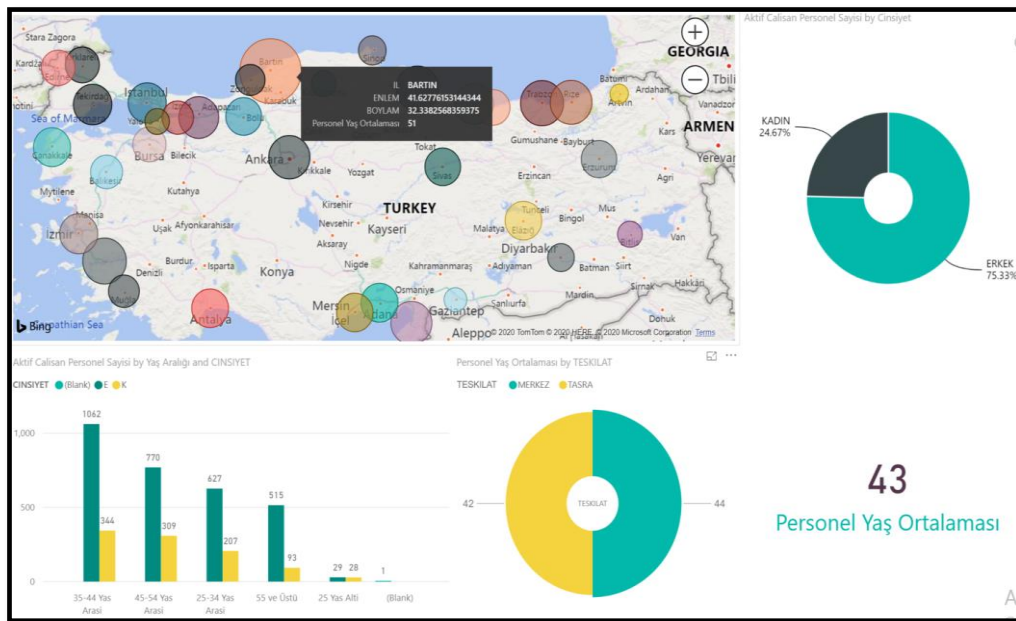
Bu çalışmada SQL Server Analysis Service Tabular Model kullanılmıştır. Personel verilerinin incelenip analiz yapılabilmesi için OLAP Personel küpü tasarlanmıştır. Küp oluşturmak için veri ambarından Fact ve Dimension tabloları SSAS aracı yardımıyla küpe aktarılmıştır. Şekil 1.'de oluşturulan OLAP küpünden bir kesit verilmiştir. OLAP küpünde measure alanlarının olduğu Fact tabloları, PerSicil, PerKadro, IsciKadro, Nufus, GeciciGorev'dir. Dimension tabloları ise Personel Türü, Personel Grubu, Birim, Ayrılma Nedeni ve Tarihi, Cinsiyet gibi tablolarıdır. Bu tabloların açıklaması yukarıdaki Tablo 1.'de verilmiştir. Tablolar birbirleri ile Tablo 1.'de verilen ölçüt alanı ile 1-n ilişkisi kurarak aşağıda verilen şekildeki gibi model oluşturulmuştur. Fact tablolarında DAX (Veri Analizi İfadeleri) formülleri yardımıyla measure değerleri oluşturulmuştur. Örneğin Şekil 1.'de gösterilen PerSicil fact tablosunda "ToplamKayıt", "Aktif Çalışan Personel Sayısı", "Ayrılan Personel Sayısı" gibi measure alanları vardır.

Şekil 1. Personel OLAP Küpü yapısı



Şekil 2’de OLAP küpü veri kaynağı olarak seçilip Power BI ile hazırlanan raporda Türkiye haritasında personel yaş ortalamasının illere göre dağılımı gösterilmektedir. Haritada istenilen bir il üzerine gelindiğinde o il için personel yaş ortalaması görüntülenebilmektedir ve herhangi bir il seçildiğinde o ile ait yaş aralığı ve cinsiyet bazında personel sayısı grafiği, cinsiyete göre personel dağılımı grafiği ve o ildeki personel yaş ortalaması görseli detaylandırılabilir. Personel yaş ortalamasına göre dağılım haritasında yaş ortalamasının en fazla Bartın ilinde olduğu görülmektedir. Yaş ortalamasına göre değerlendirecek olursak illerde emekli olacak personeller de göz önünde bulundurulursa Bartın iline personel gerekebileceği değerlendirilmesinde bulunulabilir. Buna göre ileride yapılacak personel alımında bu durum dikkate alınabilir.

Şekil 2. Personel yaş ortalaması raporu



2.2. Anket Verileri

Personel Karar Destek sistemi için yapılan veri madenciliği uygulamasında bir devlet kurumunda yapılan İç Kontrol Sistemi anketi verileri kullanılmıştır. İç kontrol sistemi anketinde personele çeşitli dallarda sorular sorulmuştur. Bu sorular içerisinde 3 çeşit gruplandırma yapılmıştır. Anket soruları Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4.'te verilmiştir.

1. grupta; kadro pozisyonu, eğitim ve hizmet bilgileri yer almaktadır.
2. grupta; çalışılan birim ile ilgili işleyiş ve çalışanların memnuniyetine ilişkin bilgiler yer almaktadır.
3. grupta; bağlı olunan yönetici ve memnuniyet ile ilgili bilgiler yer almaktadır.

Tablo 2. Anket verileri (1. grup)

Soru	Cevap 1	Cevap 2	Cevap 3	Cevap 4
Kardo Pozisyonu	Yönetici	Şube Müdürü ve üstü	Diğer Personel	
Organization	Center	Provincial		
Eğitim Durumu	İlköğretim	Lise	Önlisans	Lisans ve Üstü
Kamuda çalışma süresi	6 yıl<	6-10 yıl	11-20 yıl	>20 yıl

Bölüm 1 Soruları

	Değişken Adı
Çalıştığım birimden memnunum (Kesinlikle Katılıyorum, Katılıyorum, Fikrim Yok, Katılmıyorum, Kesinlikle Katılmıyorum)	MEMNUNİYET
Birim içinde yetki belirsizlikleri yoktur.	B1S02
Başka iş unvanlarında çalışma talepleri değerlendirmeye alınır.	B1S03
Adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi vardır	B1S04
Çalışanlara mesleki gelişimlerini sağlamak üzere mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma fırsatı verilir.	B1S05
Çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenir.	B1S06
Çalışma ortamındaki fiziki koşullar uygundur.	B1S07
Çalışanlar arasında samimiyete dayalı ilişkiler vardır.	B1S08
Yürütülen işlerin gerektirdiği teknik eğitimler verilmektedir.	B1S09
Birim içindeki bölümler arasında iletişim ve koordinasyon sistemi etkili biçimde işlemektedir.	B1S10
Birimimde hedeflerle çalışma anlayışı vardır.	B1S11
Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulur.	B1S12
Birim hedeflerine ulaşma düzeyi belirli aralıklarla izlenmektedir.	B1S13
Birim hedeflerine ulaşmada sapmalar belirlendiğinde önlem alınmaktadır.	B1S14
İşin gerektirdiği evraklara kolaylıkla ulaşabilmemi sağlayan bir arşiv sistemi vardır	B1S15
İşlerin yürütülmesinde yazılı kurallara ve talimatlara uygun hareket edilir.	B1S16

Tablo 4. Anket verileri (3. grup)

Bölüm 2 Soruları	Değişken Adı
Yöneticim yapılan işi izler, sonucunu değerlendirir ve çalışanları yönlendirir.	B2S01
Yöneticimin beni bir birey olarak önemseydiğini hissediyorum.	B2S02
Yöneticim yaptığım işle ilgili inisiyatif kullanabilme ortamını sağlar.	B2S03
Yöneticim birimiz ile ilgili önemli gelişmeler hakkında çalışanları bilgilendirir.	B2S04
Yöneticim personelin bilgi ve becerisini geliştirmesini destekler.	B2S05
Yöneticim personelin çalışmasını, katkılarını takdir ederken adaletli davranır.	B2S06
Yöneticim yapılan işlerin sonucu ile ilgili tüm sorumluluğu üstlenir.	B2S07
Yöneticim önemsiz ayrıntılarla ilgilenmez ve bütünü kolay görebilir.	B2S08
Yöneticim önemli kararlar vermeden önce çalışanların düşünce ve önerilerini almaktadır.	B2S09
İş paylaşımı adil bir şekilde yapılır.	B2S10
Çalışanlara yetki devri (yöneticiye vekâlet etme) objektif bir şekilde yapılmaktadır.	B2S11
Bilgi ve yeteneklerime uygun işte/işlerde çalışıyorum.	B2S12
Yürütülen işlerle ilgili bilgi paylaşımı yapılmaktadır.	B2S13
İş unvanlarına ilişkin görev, yetki ve sorumluluklar net olarak belirlenmiştir.	B2S14
İşlerin yürütülmesinde yazılı kurallara ve talimatlara uygun hareket edilir.	B2S15

Bölüm 1 ve Bölüm 2 anket sorularının cevapları “Kesinlikle Katılıyorum, Katılıyorum, Fikrim Yok, Katılmıyorum, Kesinlikle Katılmıyorum” şeklindedir. Anket verileri düzenlenirken “Bölüm Kodu - Soru Numarası” şeklinde kodlanarak veri madenciliği uygulaması için uygun hale getirilmiştir. Örneğin 1. Bölüm sorularından 1. Soru için anket yanıtı “B1S01” şeklinde kodlanmıştır. Ayrıca csv formatında tutulan veriler WEKA içerisinde kullanılan ARFF (Attribute-Relation File Format) dosya formatı dönüştürülmüştür. İç kontrol sistemi anketi veri seti merkez teşkilatında 925, taşra teşkilatında 1001, toplamda 1926 kayıttan oluşmaktadır.

2.3. K-Means Algoritması

Kümeleme analizi nesnelere benzer özellikte olanların aynı kümeler içinde toplandığı bir gruplama sürecidir. Bir küme, aynı küme içinde diğer nesnelere benzer özellikleri gösteren nesnelere topluluğudur. Benzer özellikleri göstermeyen nesnelere farklı kümelerde gruplanır. Kümeleme analizinde temel amaç küme içi benzerliği maksimum yapmak, kümeler arası benzerliği minimum yapmaktır.

K-Means algoritması 1967 yılında MacQueen tarafından sunulmuştur. Bu algoritmada k adet küme oluşmaktadır ve her küme içerisinde bulunan verilerin ağırlıklı ortalamaları sonucu bir değer ortaya çıkar. Küme içerisinde bu değere en yakın olan nokta değeri küme merkezi (centroid) olarak kabul edilir (MacQueen, 1967). İlk önce k sayıda rastgele nokta belirlenir. Bu noktalar ilk küme merkezleri olarak atanır. Daha sonra gelen her veri değeri merkez noktaya en yakın olduğu kümeye dahil edilir. Eklendiği küme elemanlarının ağırlıklı ortalamaları tekrar hesaplanır ve yeni bir küme merkezi değeri bulunur. Küme üyelikleri değişene kadar bu devam eder. Küme sayısı belirli değil ise deneme yoluyla en uygun sayı bulunur.

```

While the clusters are changing, Reassign the data points.
  For i = 1, ..., n
    Assign data point pi to the cluster whose center cj is closest.
  end
  Update the cluster centers.
  For j = 1, ..., k
    nj = number of points in Cj;
    cj =  $\frac{1}{n_j} \sum_{p_i \in C_j} p_i$ 
  end
end
    
```

K-Means Algoritması

2.4. Apriori Algoritması

Apriori algoritması, sık kullanılan öğe kümelerini ve çeşitli öğe kümeleri arasındaki ilişkiyi bulmak ve veri kümesinde tekrarlanan modelleri keşfetmek için uygulanan bir algoritmadır.

Apriori algoritması, Agrawal ve Srikant (Agrawal ve Srikant, 1994) tarafından 1994 yılında geliştirilmiştir. Bu algoritma en yaygın kullanılan ve bilinen birliktelik kuralı çıkarım algoritmasıdır. Apriori algoritmasına göre, “Eğer k-öge kümesi minimum destek kriterini sağlıyorsa, bu kümenin alt kümeleri de minimum destek kriterini sağlar.” şeklindedir. Öğe küme, bir veya daha fazla elemandan oluşan kümedir. k-öge küme (k-itemset) ise içinde k adet öğe bulunan kümedir. Apriori, (k+1) sık geçen öğe kümesini bulmak için en sık geçen öğe kümesine ihtiyaç duymaktadır. Sık geçen öğe kümelerini bulmak için öncelikle olarak minimum destek kriterini sağlayan sık geçen öğe kümesi bulunarak işlem yapılır. Bu süreç, algoritma sık geçen öğe kümeleri bulamayınca kadar devam eder (Matei, 2010).

```

1: Geniş 1-Nesne Kümeleri
2: For (k = 2 ; while Lk-1 is non-empty; k++)
3   {Ck = apriori-gen(Lk-1)
4   For each c in Ck, initialise c.count to zero
5   For all records r in the DB
6     {Cr = subset(Ck, r); For each c in Cr, c.count++ }
7   Set Lk := all c in Ck whose count >= minsup
8   } /* end -- return all of the Lk sets.
    
```

Apriori Algoritması

A ve B, birbirinden farklı birer öğe küme olsun. A öğe kümesi için destek, A öğe kümesini kapsayan kümelerin tüm öğe kümelere oranıdır ve (1) denklemi ile hesaplanır. A ve B öğe kümeleri için destek ise tüm kümeler içerisinde birlikte bulunma olasılığıdır ve (2) denklemi ile elde edilir. B öğe kümesinin hangi olasılıkla A öğe kümeleri içerisinde bulunacağı güven değeri ile ifade edilir ve (3) ve (4) denklemlerinden biri ile hesaplanır.

$$Support(A) = \frac{Number\ of\ A\ sets\ of\ items}{Total\ sets\ of\ items} \quad (1)$$

$$Support(A, B) = \frac{\text{Number of } (A,B) \text{ sets of items}}{\text{Total sets of items}} \quad (2)$$

$$Confidence(A, B) = \frac{\text{Number of } (A,B) \text{ sets of items}}{\text{Number of } A \text{ sets of items}} \quad (3)$$

$$Confidence(A) = \frac{Support(A,B)}{Support(A)} \quad (4)$$

Elde edilen kuralların kullanışlılığı, doğruluğu ve güvenilirliği, destek ve güven kriterleri ile belirlenir. İki öge kümenin birlikteliğinin önemli olması için hem destek hem de güven kriterlerinin olabildiğince yüksek olması gerekmektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kümeleme Algoritması Sonuçları

Bu çalışmada İç Kontrol Sistemi anketine verilen cevaplar neticesinde kümeleme yöntemi ile segmentasyon çalışması yapılmıştır. Segmentasyon ile personelin anket sorularına verdiği cevaplar detaylı incelenerek memnuniyet durumu analizi etkili ve doğru bir şekilde yapılabilir. Ayrıca personelin memnuniyet durumuna göre farklı gruplara ayrıldığı görülebilir. Hangi gruba nasıl yaklaşılması gerektiği, nasıl hitap edilmesi gerektiği belirlenebilir. Her grubun memnuniyet durumunun farklılaşan noktaları belirlenerek, stratejiler ve uygulama faaliyetleri bu grubun ihtiyacına göre planlanabilir.

Bu çalışmada benzer verilerin gruplanması/kümelenmesi yoluyla personel segmentasyonu yapılması amaçlandığı için kümeleme modeli kullanılmıştır. Kümeleme analizinde amaç, küme içindeki verilerin birbirlerine çok benzemesi, fakat küme özellikleri birbirlerinden çok farklı olması ve veri tabanındaki verilerin bu farklı kümelere bölünmesidir (Akpınar, 2000).

Uygulamada, kümeleme analizi yöntemlerinden K-Means algoritması kullanılmıştır. K-Means algoritmasının tercih edilmesinin sebebi küme sayısının parametrik olması, uygulanmasının kolay olması ve hızlı çalışması, kategorik verilerle çalışacak şekilde adapte edilebilmesidir.

K-Means algoritması ile yapılan analizler sonucunda veri kümesi için en uygun küme sayısının 4 olduğu tespit edilmiştir. Uzaklık fonksiyonu (distanceFunction) olarak "Euclidean Distance" seçilmiştir. K-Means algoritması uygulanarak elde edilen 4 kümenin profili aşağıdaki Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. K-Means algoritması sonuçları

Değişken	Küme 1	Küme 2	Küme 3	Küme 4
Tacbirler	Tacira	Merkez	Tacira	Tacira
Eğitim	Lisans veya üstü	Lisans veya üstü	20 yıl üzeri	Lisans veya üstü
Hizmet	20 yıl üzeri	20 yıl üzeri	20 yıl üzeri	6 -10 yıl
Memnuniyet	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S02	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S03	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S04	Memnun Değil	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S05	Memnun Değil	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S06	Memnun Değil	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S07	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S08	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S09	Memnun Değil	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S10	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S11	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S12	Memnun Değil	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B1S13	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Fikri Yok
B1S14	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S15	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B1S16	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S01	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S02	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S03	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S04	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S05	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S06	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S07	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S08	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S09	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S10	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S11	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun Değil
B2S12	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S13	Memnun	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S14	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun
B2S15	Fikri Yok	Memnun	Memnun Değil	Memnun

K-Means algoritması uygulanarak elde edilen 4 küme aşağıda açıklanmıştır.

Küme 1: Tüm veri setinin %16'sını oluşturmaktadır. 307 kayıt 1. Kümede toplanmıştır. 1. Kümenin özellikleri taşra teşkilatında çalışan 20 yıl üstü hizmeti olan ve lisans veya üstü öğrenimi olan çalıştığı biriminden memnun olan kişilerden oluşmaktadır. Bu grubu oluşturan personel genel olarak çalıştığı birimden memnundur. Fakat adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi olmadığını, çalışanlara mesleki gelişimlerini sağlamak üzere mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma fırsatı verilmediğini, çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmediğini ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünmektedirler. Ayrıca bu gruptaki personel bağlı olduğu üst yöneticisi hakkında genel olarak fikir beyan etmekten kaçınmıştır.

Küme 2: Tüm veri setinin %52'sini oluşturmaktadır. 984 kayıt 2. Kümede toplanmıştır. 2. Kümenin özellikleri merkez teşkilatında çalışan 20 yıl üstü hizmeti olan ve lisans veya üstü öğrenimi olan çalıştığı biriminden memnun olan kişilerden oluşmaktadır. Dört küme içerisinde en çok 2. Kümede kayıtlar gruplanmıştır. Yani çalışan personelin büyük çoğunluğu çalıştığı birimden, işleyişten ve yöneticisinden memnundur denilebilir. Özellikle Merkez teşkilatında memnuniyet oranı daha fazladır.

Küme 3: Tüm veri setinin %22'sini oluşturmaktadır. 423 kayıt 3. Kümede toplanmıştır. 3. Kümenin özellikleri taşra teşkilatında çalışan 20 yıl üstü hizmeti olan ve lisans veya üstü öğrenimi olan çalıştığı biriminden memnun olmayan pesonelden oluşmaktadır. Yani taşra teşkilatında 20 yıl üzeri hizmeti olan personel çalıştığı birimden, işleyişten ve yöneticisinden genel olarak memnun değildir denilebilir.

Küme 4: Tüm veri setinin %10'unu oluşturmaktadır. 180 kayıt 4. Kümede gruplanmıştır. 4. Kümenin özellikleri taşra teşkilatında çalışan 6 ve 10 yıl arası hizmeti olan ve lisans veya üstü öğrenimi olan çalıştığı biriminden memnun olan pesonelden oluşmaktadır. Bu kümede toplanan personel 1. Kümedeki gibi adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi olmadığını, çalışanlara mesleki gelişimlerini sağlamak üzere mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma fırsatı verilmediğini, çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmediğini ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünmektedirler. Ayrıca bu gruptaki personel bağlı olduğu üst yöneticisi hakkında genel olarak memnun olmadığını bildirmişlerdir.

Veri setinin yaklaşık %50'sini oluşturan 2. Kümede, merkez teşkilatında çalışan 20 yıl üstü hizmeti olan personel çalıştığı birimden memnundur diyebiliriz. Fakat 3. Kümedeki taşra teşkilatında 20 yıl üstü hizmeti olan personel çalıştığı birimden memnun olmadığı ortaya çıkmıştır. Bu personel için şartların iyileştirilmesi ya da görevde yükselme gibi fırsatlar personelin memnuniyeti artırabilir. Taşra teşkilatında personel emekli olduktan sonra yerlerine daha genç personel alımı yapılabilir. Taşra teşkilatında yaş ortalaması yüksek olduğundan genç personel sayısının artırılması gerekmektedir. Birinci ve dördüncü kümedeki taşra teşkilatında çalışıp 20 yıl üzeri ve 6 - 10 yıl arası hizmeti olan personeller çalıştığı birimden memnun, ama birim işleyişindeki benzer konulardan memnun değildirler. Takdir ve ödüllendirme sisteminin iyileştirilmesi, mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma imkanı sağlanması, sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmesi ve çalışanların görüşüne başvurulması gibi iyileştirmeler yapılarak bu gruptaki personelin memnuniyeti artırılabilir.

3.2. Apriori Algoritması Sonuçları

Bu çalışmada bir devlet kurumunda çalışan personelin İç Kontrol Sistemi anket sorularına vermiş olduğu cevaplar arasında anlamlı ilişkileri bulmak, bu ilişkilerden faydalanarak personelin çalıştığı birimden menuniyetini karşılaştırarak anlamlı sonuçlar elde etmek ve çalışılan birimden memnun olmama nedenlerini keşfetmek için Apriori algoritması kullanılmıştır.

Bu çalışmada apriori algoritması ile birimden memnun olmama durumu incelendiği için 1926 kayıtlı veri setinin hepsi kullanılmamıştır. Bu veri seti içinden çalıştığı birimden memnun olmayan yani "Çalıştığım birimden memnunum" sorusuna "Katılmıyorum" ve "Kesinlikle Katılmıyorum" cevabını veren 330 kayıt alınarak analiz yapılmıştır. Tablo 6.'da apriori algoritması parametre seçimleri ve Tablo 7'de apriori algoritması sonucunda oluşan kurallar verilmiştir.

Tablo 6. Apriori algoritması parametreleri

Metric Type	Confidence
Min Metric	0.7
Class Index	4
Num Rules	20
Lower Bound Min Support	0.1
Upper Bound Min Support	1

Tablo 7. Apriori algoritması sonuçları

Kurallar	Best rules (X1)	Best Rule (X2)	Support (X1,X2)	Satisfaction	Support (X1,X2,Y)	Confidence	Lift	Conviction
Kural 1	B1S04=MEMNUN DEĞİL	—	295	MEMNUN DEĞİL	295	1	1	0
Kural 2	B1S06= MEMNUN DEĞİL	—	283	MEMNUN DEĞİL	283	1	1	0
Kural 3	B1S12= MEMNUN DEĞİL	—	280	MEMNUN DEĞİL	280	1	1	0
Kural 4	B1S05= MEMNUN DEĞİL	—	272	MEMNUN DEĞİL	272	1	1	0
Kural 5	B1S09= MEMNUN DEĞİL	—	268	MEMNUN DEĞİL	268	1	1	0
Kural 6	B1S04= MEMNUN DEĞİL	B1S06= MEMNUN DEĞİL	265	MEMNUN DEĞİL	265	1	1	0
Kural 7	B1S04= MEMNUN DEĞİL	B1S12= MEMNUN DEĞİL	265	MEMNUN DEĞİL	265	1	1	0
Kural 8	B1S12= MEMNUN DEĞİL	—	280	B1S04= MEMNUN DEĞİL	265	0.95	1.06	1.86
Kural 9	MEMNUN DEĞİL	B1S12= MEMNUN DEĞİL	280	MEMNUN DEĞİL	265	0.95	1.06	1.86
Kural 10	B1S12= MEMNUN DEĞİL	—	280	MEMNUN DEĞİL B1S04= MEMNUN DEĞİL	265	0.95	1.06	1.86

Tablo 7’de Apriori algoritması sonucuna göre çıkan en iyi 10 kural göre:

Kural 1: Adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi olmadığını düşünen personelin %100’ü (conf:1) çalıştığı birimden memnun değildir. Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnun olup olmama durumu çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır diyebiliriz. 1. Kural en fazla birlikteliği olan kurallardan biridir.

Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnun olmama durumunda çalışılan birimden memnun olmama %100 (confidence) değerinde olduğu; Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnun olmama durumunda çalışılan birimden memnun olmaması 1 (lift) kat arttı; Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnun olmama durumunda çalışılan birimden memnun olmama durumunun birbirleri ile ilişkili (conviction) olduğunu söyleyebiliriz. Support değerinin 295 olması bu kuralın tüm kural seti içerisinde 295 defa birlikte görüldüğünü ifade etmektedir.

Kural 2: Çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmediğini düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler yeterince düzenlenip düzenlenmemesi çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 3: Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulup başvurulmaması çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır. Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmaması çalışılan birimden memnun olunmaması durumunun birbirleri ile ilişkili (conviction) olduğunu söyleyebiliriz.

Kural 4: Çalışanlara mesleki gelişmelerini sağlamak üzere mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma fırsatı verilmediğini düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Çalışanlara mesleki gelişmelerini sağlamak üzere mevcut görevleri dışındaki projelerde de çalışma fırsatı verilip verilmemesi çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 5: Yürütülen işlerin gerektirdiği teknik eğitimler verilmediğini düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Yürütülen işlerin gerektirdiği teknik eğitimler verilip verilmemesi çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 6: Adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi olmadığını ve çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmediğini düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olup olmaması ve çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimlerin düzenlenip düzenlenmemesi çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 7: Adil bir takdir ve ödüllendirme sistemi olmadığını ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünenlerin %100’ü (conf: 1) çalıştığı birimden memnun değildir. Adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olup

olmadığı ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulup başvurulmaması çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 8: Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünenlerin %95'i (conf: 0.95) adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olmadığını bildirmişlerdir. Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulup başvurulmaması adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 9: Çalıştığı birimden memnun olmayanlar ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünenlerin %95'i (conf: 0.95) adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olmadığını bildirmişlerdir. Çalışılan birimden memnun olup olmama durumu ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulup başvurulmaması adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Kural 10: Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmadığını düşünenlerin %95'i (conf: 0.95) adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olmadığını ve çalıştığı birimden memnun olmadığını bildirmiştir. Birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulup başvurulmaması adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminden ve çalışılan birimden memnuniyeti belirlemede rolü vardır.

Sonuçlardan görüldüğü gibi veri madenciliği birliktelik analizi yöntemlerinden apriori algoritması ile personelin çalıştığı birimden memnun olmamasının nedeni en çok adil bir takdir ve ödüllendirme sisteminin olmaması, çalışanların motivasyonu için sosyal etkinlikler ve eğitimler düzenlenmemesi ve birim hedef ve öncelikler belirlenirken çalışanların görüşüne başvurulmaması ile ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Karar vericiler ve yöneticiler bu faktörleri göz önünde bulundurarak ve gerekli önlemleri alarak birim içinde ve devlet kurumunda çalışma memnuniyetinde artış sağlanabilir.

4. Sonuç

Bu çalışmada bir devlet kurumunun personel verileri üzerinde iş zekası ve veri madenciliği süreçleri gerçekleştirilerek örnek uygulama yapılmıştır. Personele ait verilerin yönetimini sağlamak, iş ve işlemlerini kolaylaştırmak, personel alım stratejisi planlamasına katkı sağlamak ve kullanıcıların dinamik olarak veri analizi yapabilmesi için bir karar destek sistemi oluşturmak amaçlanmıştır. Ayrıca İç Kontrol Sistemi anket verilerinden anlamlı ve yararlı bilgiler elde etmek ve bu bilgiler ışığında personel karar destek planlama faaliyetlerinde destek olmak amaçlanmıştır. Birliktelik kuralı çıkarım algoritmalarından biri olan Apriori algoritması ve kümeleme yöntemlerinden K-Means algoritması ile İç Kontrol Sistemi anketi verilerinde yola çıkarak personelin çalıştığı birimden memnuniyet analizi yapılmıştır.

Çalışmaya konu olan devlet kurumunun personel bilgi sisteminde statik bir şekilde oluşturulan raporlar ve istatistikler mevcuttur ve personel verileri ile dinamik analiz yapamamaktadır. Bu nedenden dolayı iş zekası ve veri madenciliği çözümleri ile kullanıcıların dinamik bir şekilde analiz yapabileceği personel karar destek sistemi oluşturulmuştur. Personel karar destek sistemi ile personel verilerini istatistiksel olarak sunabilmek, bu verileri analiz edebilmek ve detaylı inceleyebilmek, karar verici konumunda bulunan kişilerin gelecek tahminlerine katkı sağlamak amaçlanmıştır.

Bu çalışmada iç geçerlilik ile ilgili tehdit, k-means algoritmasında başlangıç k adet küme sayısı seçiminin deneme yanılma yoluyla belirlenmesidir. Kümeleme sonucunu doğrudan etkileyen optimal bir k değeri seçimi için hala daha güvenilir ve hızlı yöntemlere ihtiyaç duyulmaktadır. K-Means popüler bir yöntem olmakla birlikte son yıllarda k parametresi bakımından iyi sonuçlar verdiği bilinen X-ortalamalar, G-ortalamalar gibi yöntemler ileriki çalışmalarda kullanılabilir. Ayrıca sadece 2019 yılına ait anket verileri olması önceki yıllara ait verilerin olmaması iç geçerlilik tehditi olarak görülmüştür.

Dış geçerlilik sonuçlarının ne kadar genelleştirilebilir olduğunu ifade eder. İş zekası ve veri madenciliği ile geliştirilen karar destek sistemi dış dünyadaki diğer problemlere de kolaylıkla uygulanabilir. Bu çalışmanın dış geçerliliğini tehdit eden faktör ise WEKA'nın Power BI uygulaması ile entegre olmayıp veri madenciliği ile iş zekası uygulamasının ayrı çalışmasıdır. İleriki çalışmalarda tek bir sistem üzerinden karar destek sistemi geliştirilmesi için Power BI'nın Python entegrasyonu yardımıyla veri madenciliği uygulaması geliştirilebilir.

Yapı geçerliliği, çalışmanın amaçlanan yapıyı ölçüp ölçmediği, gözlemler veya ölçümler temelinde yapılan çıkarımların uygunluğudur. Bu çalışmada personel karar destek sistemi oluşturmak amaçlanmıştır. Oluşturulan iş zekası sistemi ile kullanıcılar dinamik olarak veri analizi yapabilir ve stratejik hedeflere ulaşabilmek adına daha hızlı ve doğru kararlar üretilebilir.

Kaynakça

- Agrawal, R. and Srikant, R. (1994). Fast Algorithms for Mining Association Rules in Large Databases. Proceedings of the 20th International Conference on Very Large Databases (VLDB), pp. 487-499, Santiago.
- Akpınar, H. (2000). Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği. İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 29(1), 1-22.
- Al-Radaideh, Q. A. ve Al Nagi, E. (2012). Using Data Mining Techniques to Build a Classification Model for Predicting Employees Performance. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 3(2), 144-150.
- Chien, C. ve Chen, L. (2008). Data mining to improve personnel selection and enhance human capital: A case study in high-technology industry, Expert Systems with Applications, 34(1), pp. 280-290.

- Eren, A. (2018). İş zekası sistemlerinin performans ve karar verme üzerine etkileri, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, pp. 153-164, Erzurum.
- Gupta, S. K., Nadia, R., Sipahi, E., Teston, S. F. ve Fantaw, A. (2020). Analysis of the Effect of Compensation on Twitter Based on Job Satisfaction on Sustainable Development of Employees Using Data Mining Methods. *International Research Association for Talent Development and Excellence*, 12(3), 3289-3313.
- Jung, Y. ve Suh, Y. (2019). Mining the voice of employees: A text mining approach to identifying and analyzing job satisfaction factors from online employee reviews. *Decision Support Systems*, vol. 123, pp-1-12.
- Langit, L., Goff, K. S., Mauri, D., Malik, S. ve Welch, J. (2009). *Smart Business Intelligence Solutions with Microsoft SQL Server 2008*, Microsoft, pp. 5-8, Washington.
- Lin, Y. H., Tsai, K. M., Shiang, W. J., Kuo, T. C. ve Tsai, C. H. (2009). Research on using ANP to establish a performance assessment model for business intelligence systems. *Expert Systems with Applications*, 36(2), pp. 4135-4146.
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In: *Fifth Berkeley Symposium on Mathematics. Statistics and Probability*. University of California Press, pp. 281-297.
- Matei, G. (2010). A collaborative approach of Business Intelligence systems. *Journal of Applied Collaborative Systems*, 2(2), 91-101.
- Michael, H. B. (1999). Business Intelligence Value Chain, *DM Review*.
- Negash, S. (2004). Business intelligence. *Communications of the AIS*, 13(1), pp. 177-195.
- Shen, Y. (2007). A Formal Ontology for Data Mining: Principles, Design and Evolution, Master Thesis, Department of Mathematics and Computer Science, University of Quebec and Trois-Rivieres.
- Sheybani, F. (2019). Predicting the Individuals' job satisfaction and determining the factors affecting it using the CHAID Decision Tree Data Mining Algorithm Case Study: the National Opinion Research Center of the United States. *European Journal of Engineering Research and Science*, 4(3), 6-9.
- Talukdar, G. (2016). Human Resources Analytics: An Approach Towards Business Intelligence. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 4(7), 125-129.
- Wang, J., Chen, T. J. ve Chiu, S. H. (2005). Literature Review on Data Warehouse Development, *IACIS PaciBic 2005 Conference Program*, pp. 987-994.
- Watson, H. J., Goodhue, D. L. ve Wixom, B. H. (2002). The benefits of data warehousing: why some organizations realize exceptional payoffs. *Information & Management*, 39(6), pp. 491-502.
- Yadav, S., Jain, A. ve Singh, D. (2018). Early Prediction of Employee Attrition using Data Mining Techniques, *2018 IEEE 8th International Advance Computing Conference (IACC)*, pp. 349-354.



Analysis of Effects of Some Factors on Performance of a Dental Clinic

Mehmet Savsar^{*1}, Hasan Çiçek²

¹ Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4299-8545)

² Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1956-9750)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.823441)

ATIF/REFERENCE: Savsar, M. & Çiçek, H. (2020). Analysis of Effects of Some Factors on Performance of a Dental Clinic. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 335-344.

Abstract

Quality and productivity management in healthcare has received considerable attention over the past four decades. Many research papers dealing with various aspects of healthcare performance have been published in the literature. However, medical organizations and hospitals are still lacking enough technical knowledge related to performance and quality improvement tools. This paper presents a procedure to study the effects of various factors on healthcare performance measures in a dental clinic. Particularly, we have analyzed a dental clinic system and investigated the effects of treatment types, dentist experience, and the patient age on treatment times using design of experiment and related analysis. The procedure presented here demonstrates a useful application of performance and quality improvement tools in healthcare organizations for healthcare managers.

Keywords: Healthcare Management, Dental Healthcare, Dental Treatment Times, Clinic Performance, Healthcare Efficiency, Design of Experiments.

Bir Diş Kliniğinin Performansını Etkileyen Faktörlerin Analizi

Öz

Sağlık hizmetlerinde kalite ve verimlilik yönetimi, son kırk yılda büyük ilgi gördü. Literatürde sağlık hizmeti performansının çeşitli yönlerini ele alan birçok araştırma makalesi yayınlanmıştır. Bununla birlikte, tıbbi kuruluşlar ve hastaneler, performans ve kalite iyileştirme araçlarıyla ilgili olarak hala yeterli teknik bilgiye sahip değildir. Bu makale, bir diş kliniğinde çeşitli faktörlerin sağlık hizmeti performans ölçümleri üzerindeki etkilerini incelemek için bir prosedür sunmaktadır. Özellikle bir diş kliniği sisteminde detaylı bir proses analizi yapıp, deney tasarımı ve ilgili analizler kullanılarak, tedavi türleri, diş hekimi deneyimi ve hasta yaşının tedavi süreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Burada sunulan prosedür, sağlık hizmeti yöneticileri için sağlık hizmeti kuruluşlarında performans ve kalite iyileştirme araçlarının yararlı bir uygulamasını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık Yönetimi, Diş Sağlığı, Diş Tedavi Süreleri, Klinik Performans, Sağlık Hizmeti Verimliliği, Deney Tasarımı

* Corresponding Author: Üsküdar Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4299-8545, mehmet.savsar@uskudar.edu.tr

1. Introduction

Quality and productivity are the most important issues in the long-term success of industrial and service organizations. One of the most important issues in healthcare operations is performance management. In order to provide effective healthcare quality, performance management and related tools should be implemented in healthcare organization. Many research studies have been carried on healthcare management for effective use of resources. A brief review of related research publications is presented here.

Dey and Hariharan (2006) presented a case study on an integrated approach to improve healthcare quality and efficiency. Minkman, et al. (2007) have studied performance improvement of a healthcare system based on integrated quality management models. They have presented a complete literature review on the subject. Hodgetts (2008) indicated that effective people management increases quality of life and improves patient care and wellbeing in healthcare organizations. Therefore, medical human resources should be utilized effectively. Collett and Starke (2008) indicated that there has been increasing interest for the assessment of the performance of medical practitioners. Progress has already been implemented both in the UK and internationally. Poksinska (2010) discussed the current states of lean management in healthcare and indicated its importance in healthcare institutions. Dewi et al. (2011) have researched patient satisfaction related to service quality of dental health care based on empathy and responsiveness. Savsar and Alajmi (2012) and Savsar (2017) analyzed surgical operations in an international hospital to determine significant factors that cause delays in these operations and affect productivity of the clinics. They describe key steps in designing and analyzing clinical systems for performance assessment and improvement. Rohatgi et al. (2018) also studied factors affecting delays in patient discharges in a general medicine service in an academic hospital.

System productivity and quality Improvements are interrelated. Improving quality also improves productivity an efficiency. Several researchers have analyzed healthcare quality and thus improvement of efficiency. Dodwad (2013) did some research on quality management in healthcare to improve system quality and productivity. Islam (2014) indicated that guidelines for good clinical practice are the best examples of good and effective quality management and their evaluation. Goetz et al. (2014) discussed several important issues related to effectiveness of a quality management program in dental care practices. Bahadori et al. (2015) also have investigated several factors affecting dental service quality and proposed ways of improving service level. Karami (2016) tried to identify and utilize key performance indicators for decision making and system improvement in a radiology department of a hospital. Aaronson et al. (2018) have investigated patient experience rating and satisfaction in an emergency department.

Tyagi and Singh (2019) identified and prioritized some performance indicators, which are utilized in generating scenarios, as well as action plans for improving hospital performance management (HPM). They indicate that performance management bridges the gap between conceptual planning of organizational goals and the physical monitoring of the status of daily operations. Adhikari and Sapkota (2019) presented a procedure and results for measurement of management practices from the employer perspective of both public and private hospitals in Nepal and explored the relationship between management practices and output indicators of the hospitals by utilizing data collected from a primary survey. They concluded that better management practices are strongly associated with the indicators of performance of the hospitals. Kwateng et al. (2019) conducted a comparative study on perceptions of healthcare quality from the lenses of patients. They found out that there was a higher level of care and attention at private healthcare facilities than the public. It is recommended that there should be a strong collaboration between relevant partners to enhance service quality in the provision of healthcare.

Engineers and technical people in industry generally strive to apply available efficiency and optimization tools to improve system productivity and to reduce costs. It is important that healthcare systems and related activities are scrutinized, and available performance improvement tools are applied to various activities in order to provide better and timely services in crucial areas, where well beings of people are involved. One of the indicators of quality is efficiency and timeliness. Therefore, increasing efficiency of a system also results in better quality. Quality management tools have also been successfully applied in the analysis of the systems and determination of factors that affect important performance measures. It is essential to identify statistically significant components and factors in a system in order to control them for system improvement. This study explores applications of some efficiency and quality improvement tools in a dental healthcare system. We considered a school dental healthcare clinic, which serves the children from the age of six to fifteen years. We have tried to determine important factors that affect system performance measure, such as the time required to complete a treatment operation. In the next section, we briefly describe the clinic system, the activities involved, the performance measures considered, and the factors affecting these measures. It is followed by a detailed analysis using design of experiments and several related statistical analyses.

2. Methodology

2.1. System Analysis and Problem Description

The school dental clinic is responsible for the medical examination of new and current students in public and private schools in accordance with the health state requirement. It also conducts follow-ups of special cases and development of a follow-up health program on a case-by-case basis. The treatment is provided to residents of a special area in the city. Furthermore, the clinic offers many services and awareness programs for kindergarten students and elementary grade students at both private and public schools. For a student to receive service from the clinic, the student must have a record in the elementary or middle school database. The patients must provide their IDs to receive the service.

The mission of the School Dental Clinic is to promote health of the school community and to contribute on improving the educational attainment of students through the implementation of school health programs. Their vision is to have all children with a healthy and

active life. Working hours are from 7 am till 9 pm during the five weekdays. Emergency cases outside the official working days are directed to other specified clinics. Services provided at the center include:

- Periodic examination of the mouth and teeth
- Determination of a treatment plan
- Diagnosis and treatment of gum diseases
- Teeth cleaning
- Diagnosis and treatment of cavities and filling
- Root canal treatment
- Crown construction and fitting
- Tooth extraction for simple cases

Some special and complex cases, such as braces, fixed fixtures, mobile fittings, surgical ejaculation, dental implants, and periodontal surgery are transferred to other specialized dental clinics. School dental health system is defined as a set of concepts, principles, regulations, and services to enhance the health of school children and teachers and staff to promote the health of the entire community through schools, in active collaboration with community health authorities. School health programs and services are among the most cost-effective investments in health. School health is receiving increased attention from the governments. The school dental healthcare clinic is also working on the preparation of health awareness and education programs on the promotion of healthy teeth and regular hygiene awareness to prevent disease.

The processes and activities at the clinic were monitored and analyzed to determine the factors involved. One major function of healthcare quality management system is monitoring the processes. By doing so, the processes can be followed, and patients can be given optimal care. The clinic's system was analyzed in order to identify the critical factors that affect the final output and system performance. In this study, some features of the clinic quality are analyzed, and related aspects are studied. After some preliminary analysis, it was found that the length of time patients spend in the clinic was major concern and has been raised as an issue. Thus, the main objective was to determine the effects of various factors on the length of time a patient spends in the clinic to receive treatment.

The clinic currently operates with 30 doctors, 37 nurses, and 4 receptionists working at the clinic, along with 5 nurse supervisors that are responsible for making sure everything is going as planned. There are 18 treatment rooms in total, where 16 are general and 2 are specialized. The clinic has 1 X-ray room, a reception area, and 4 storage rooms. The school dental healthcare clinic received a total of 2825 follow up patients during the year 2018. Follow up patients are students that have previously received services from the clinic and are revisiting. Every year the clinic receives additional new patients. During 2018, 43 new patients were added to the total pool, where 47% of these new patients were male students and 53% were female students.

Furthermore, it is also necessary to understand the processes that a patient goes through. To identify the critical factors that affect the final output or system performance, several processes within the clinic were studied. This is important in improving the clinic's efficiency and productivity. After studying the process, we were able to get an overall view of how patients go through the system and are treated. Different ways to obtain an appointment, the types of treatments received, and the desired treatments were analyzed.

During the observation process, the clinic administration provided a list of treatments for which the patients come to the clinic. The specific treatments monitored were teeth cleaning, cavity removal, and crown placement. A total of 300 patient records were provided. Table 1 shows 131 of these records as a sample for illustration. The data is organized as a check sheet for easy interpretation. After detailed analysis of the process for 300 patient records, we determined that one of the critical factors affecting the time a patient spends in the system was the treatment type required by the patient. While monitoring the appointment process, we gathered data on the most common or the most demanded types of treatments. Healthcare practices should not rely on the single appointment and waiting room process. The management must recognize that effective patient flow is the answer to improving efficiency in the clinic.

The clinic's administration and reception staff oversee patient records. They record the patients name, medical history, age, and the treatment required. After analyzing some patient files, we realized the fact that delays and long treatment times were the result of various factors, including the type of treatment required, the patient age, and the dentist's experience, as well as the combination of these factors. The clinic tends to children from the ages of six to fifteen years old. The detailed analysis of the clinic system showed that the length of time a patient spends in the clinic for treatment was significantly affecting the productivity, quality, and effectiveness of the clinic. Therefore, it was necessary to identify important factors that affected the length of

treatment time. Based on the above studies, the observations, and the system analysis, we concluded that the important factors affecting treatment time were the type of treatment required for the patient, the years of doctor's experience, and the patient's age. These three factors were then further analyzed by analysis of variance, as well as using an experimental design procedure, to determine how significantly each factor affected the performance measure, i.e., the treatment time. Furthermore, the effects of individual factors and their combinations on treatment times were determined by using the available data and control charts. The data was collected over a 3-months period. Past data, charts, patient records, and schedules were collected from the clinic's administration and analyzed in this study.

2.2. Analysis of Data and Experimental Design

After determining the factors affecting treatment length, a factorial design of experiment was set up to analyze the statistical significance of the effects of these factors on system performance, which was the treatment time. The three factors A, B, and C considered had 3, 2, and 2 factor levels respectively as listed below.

A: Treatment Type (A1: Teeth Cleaning; A2: Cavity Treatment; A3: Crown Placement)
 B: Years of Physician Experience (B1: <5 years; B2: ?5 years)
 C: Patient Age (C1: <10 years; C2: ?10 years)

Data was collected on treatment times for all combinations of three factors at different levels. This resulted in 3x2x2=12 combinations. The factors and combinations of their levels are summarized in Table 2 below. Treatment times in minutes at different factor combinations are given in Table 3.

A general factorial design was used to run the experiment. To determine which of the factors affected the treatment time the most, we used Design Expert (He, 2003) to compare the factors. Design Expert is a statistical software that is specifically dedicated to performing design of experiments (DOE) using analysis of variance (ANOVA). Statistical significance of these factors is established with analysis of variance. Graphical tools help identify the impact of each factor on the desired outcomes and reveal abnormalities in the data. The response variable was the treatment time, and the factors were Treatment Type (A), Patients Age (B), and Physician’s Experience (C) as given in Table 2 above. These three factors, A, B and C had 3, 2, and 2 levels respectively. The levels are labeled with (A1, A2, A3), (B1, B2), and (C1, C2) respectively as shown in Table 2. These levels resulted in 3x2x2=12 combinations. 20 observations were obtained for each combination, i.e., sample size was 20, which resulted in 20x12=240 data points, for which related response values are obtained and given in Table 3.

Table 1: Treatment type check sheet.

Patients	Treatments			Patients	Treatments			Patients	Treatments		
	Cleaning	Cavity	Crown		Cleaning	Cavity	Crown		Cleaning	Cavity	Crown
1	✓			44	✓			89		✓	
2			✓	45	✓			90	✓		
3		✓		46	✓			91		✓	
4		✓		47		✓		92		✓	
5	✓			48			✓	93	✓		
6	✓			49			✓	94		✓	
7	✓			50		✓		95			✓
8	✓			51	✓			96			✓
9		✓		52	✓			97	✓		
10			✓	53		✓		98			✓
11		✓		54		✓		99	✓		
12				55			✓	100		✓	
13	✓			56		✓		101		✓	
14			✓	57	✓			102	✓		
15			✓	58		✓		103		✓	
16	✓			59		✓		104			✓
17		✓		60	✓			105	✓		
18			✓	61		✓		106			✓
19	✓			62	✓			107		✓	
20		✓		63	✓			108	✓		
21			✓	64			✓	109	✓		
22	✓			65			✓	110		✓	
23			✓	66	✓			111	✓		
24			✓	67		✓		112			✓
25	✓			68	✓			113	✓		
26			✓	69		✓		114			✓
27		✓		70			✓	115	✓		
28	✓			71			✓	116		✓	
29		✓		72			✓	117	✓		
30			✓	73		✓		118		✓	
31	✓			74	✓			119		✓	
32			✓	75		✓		120	✓		
33			✓	76	✓			121		✓	
34	✓			77		✓		122	✓		
35	✓			78		✓		123		✓	
36		✓		79		✓		124	✓		
37	✓			80	✓			125			✓
38		✓		81		✓		126			✓
39		✓		82	✓			127	✓		
40	✓			83			✓	128		✓	
41			✓	84			✓	129		✓	
42			✓	85	✓			130		✓	
43	✓			86				131	✓		

Table 2: Factor Combinations

Combination	Treatment Type	Doctor Experience	Patient Age
A1B1C1	Cleaning	<5	<10
A1B1C2	Cleaning	<5	≥10
A1B2C1	Cleaning	≥5	<10
A1B2C2	Cleaning	≥5	≥10
A2B1C1	Cavity	<5	<10
A2B1C2	Cavity	<5	≥10
A2B2C1	Cavity	≥5	<10
A2B2C2	Cavity	≥5	≥10
A3B1C1	Crown	<5	<10
A3B1C2	Crown	<5	≥10
A3B2C1	Crown	≥5	<10
A3B2C2	Crown	≥5	≥10

Table 3: Response (Treatment Time) for all Factor Combinations

Sample	Level 1 of A				Level 2 of A				Level 3 of A			
	B-1		B-2		B-1		B-2		B-1		B-2	
	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2	C-1	C-2
1	35	30	30	30	29	20	23	16	45	45	45	30
2	40	35	25	35	27	26	20	15	50	45	40	35
3	40	35	35	25	28	25	25	20	50	45	40	35
4	45	40	30	30	28	28	24	21	55	40	50	40
5	50	35	30	30	25	27	21	18	60	40	45	40
6	35	30	35	35	29	26	22	19	45	40	50	35
7	45	30	30	25	30	25	24	17	45	35	45	35
8	35	45	40	35	32	24	27	19	60	35	45	35
9	50	45	35	30	27	23	23	17	55	40	50	30
10	45	35	40	40	29	25	22	20	50	40	50	30
11	35	40	45	35	26	23	20	15	50	40	50	30
12	45	30	30	25	30	26	20	17	50	45	45	40
13	45	45	30	30	32	28	25	16	55	45	45	35
14	40	35	35	35	31	24	22	18	45	35	50	35
15	50	40	40	35	24	25	24	19	45	35	50	30
16	35	40	45	30	27	23	23	16	50	45	50	35
17	40	35	30	40	26	24	21	16	55	40	40	35
18	30	30	35	25	32	26	25	20	50	50	40	30
19	40	35	30	25	27	28	24	21	50	45	50	35
20	35	45	30	30	25	24	21	18	55	40	45	30
Average	40.8	36.8	34	31.3	28.2	25	22.8	17.9	51	41.3	46.3	34

One of the assumptions required for the analysis is the normality requirement. Figure 1 shows the normal probability plot of the data, which shows that this assumption is met, and the analysis is valid. Analysis of variance was carried out for the factorial design in order to determine the factors and their combinations, which had significant effect on the response, the treatment time. Figure 2 shows the initial analysis of all factors as given by the DOE software. The results show that all factors, particularly factor A significantly affected the response. The results also show that the effect of interaction component AC was significant, while the others were not significant since they did not contribute much to the total variation in the response. The significant components were selected as labeled by M in Figure 2, and a detailed analysis was carried out based on these factors. Figure 3 shows the analysis of variance for the selected factors.

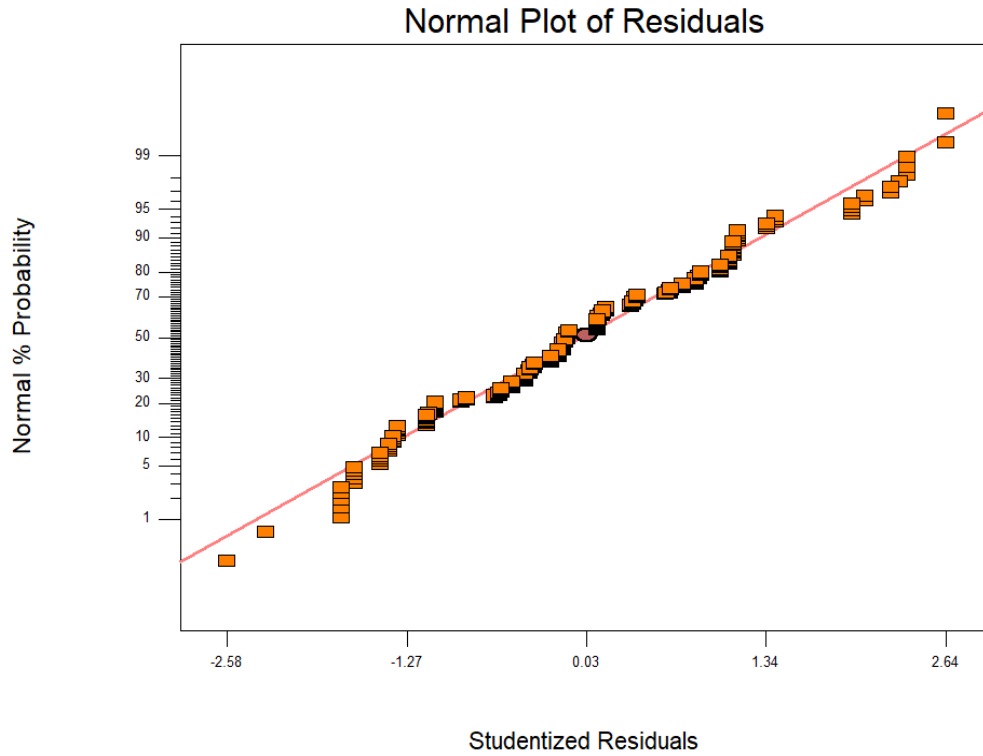


Figure 1. Normal probability plot of the data to check normality assumption

	Term	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob > F	% Contribution
	Intercept						
M	A	2	15748.91	7874.45	462.61	< 0.0001	63.22
M	B	1	2250.94	2250.94	132.24	< 0.0001	9.04
M	C	1	2263.20	2263.20	132.96	< 0.0001	9.09
	AB	2	0.62	0.31	0.018	0.9818	2.509E-003
M	AC	2	712.66	356.33	20.93	< 0.0001	2.86
	BC	1	14.50	14.50	0.85	0.3569	0.058
	ABC	2	39.01	19.50	1.15	0.3198	0.16
	Lack Of Fit	0	0.000				0.000
	Pure Error	228	3880.95	17.02			15.58
	Residuals	228	3880.95	17.02			

Figure 2. Analysis of variance results for the three factors and their interactions

As it is seen in Figure 3, all three factors are significant at $\alpha=0.05$ significance level based on F-value and Probability>F. However, majority of variation in treatment time was due to factor A, followed by factors B and C. Among the significant interaction components, the most contribution to the variation in treatment time was due to the interaction component AC, which represented treatment type and patient age.

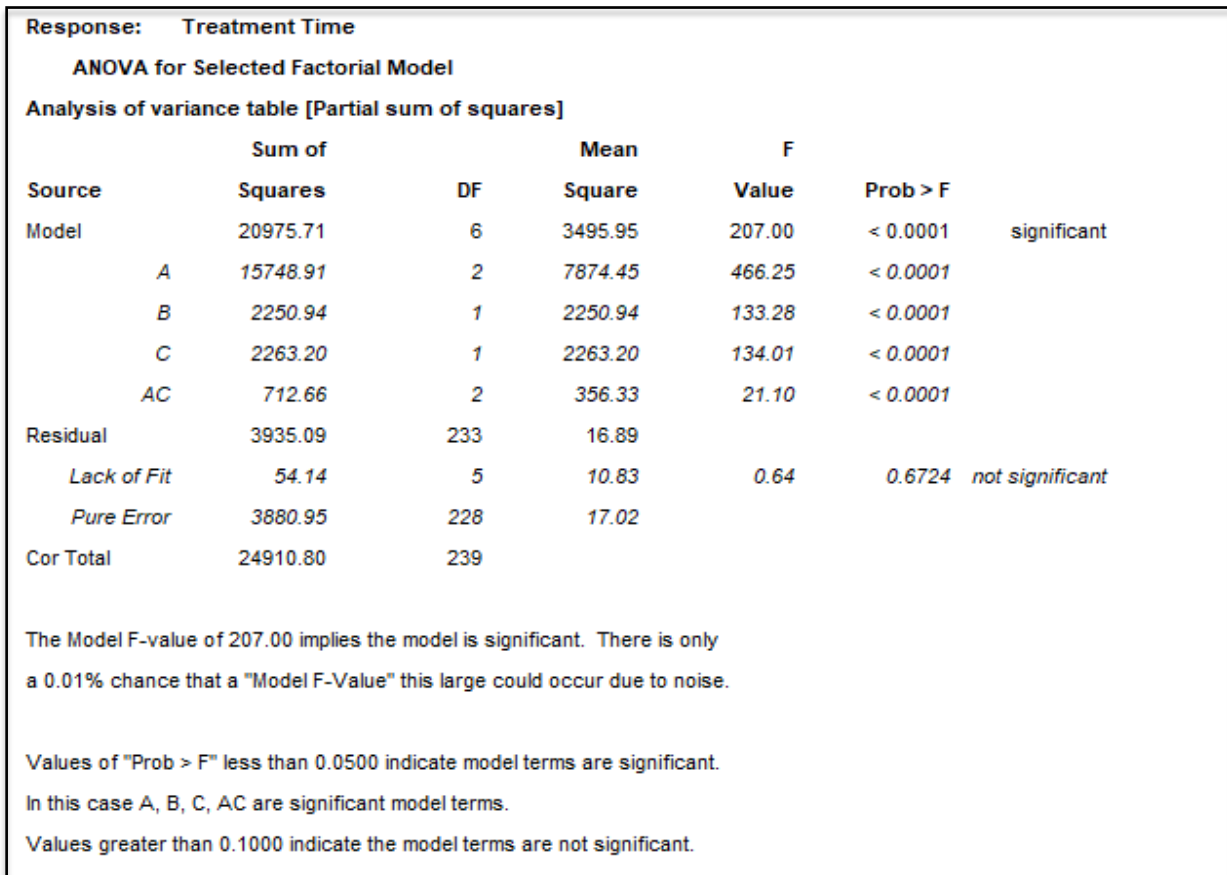


Figure 3. Detailed analysis of variance results for significant factors and interactions

The interaction effects AB, BC, and ABC did not have much contribution to the variability in the response. The interaction effect AC, which was statistically significant, is shown in Figure 4, where y-axis represents the response (treatment time) and the levels of factor C, while x-axis represents the levels of factor A.

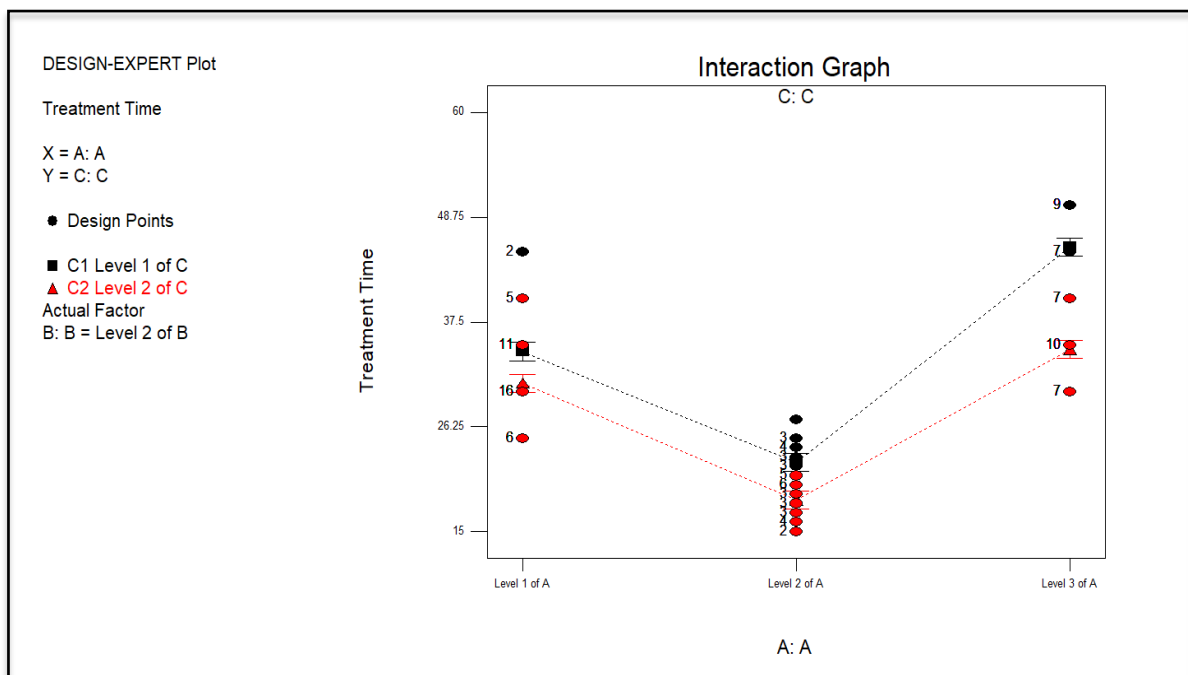


Figure 4. Interaction Graph between A and C

The figure illustrates how the interaction of the two factors affect the treatment time. The treatment time is highest at level 3 of A and level 1 of C as shown with the line at the rightmost corner of the picture. On the other hand, treatment time is least at level 2 of A and

level 2 of C, as shown on the middle of the picture. The implications of these results are that when the treatment type is crown fitting and the patient is less than 10 years old, the treatment time is longer regardless of the experience of the dentist. On the other hand, when the treatment type is teeth cavity and the patient is more than 10 years old, the treatment time is shorter regardless of the experience of the dentist. In order to see detailed analysis of the data, we present several tests related to the treatment time means in the following section.

2.3. Analysis and Comparisons of Treatment Time Means

In this section, we try to compare the treatment time means at different combinations of various factors in order to get more insight into the effects of these factors. The analysis is made by using the normal z-distribution and data analysis capability of excel. It is performed by selecting the functions Data- Data Analysis- zTest: Two sample Means in excel. Table 4 shows the comparisons of the dentist experience. The goal was to see how much treatment time would differ between a dentist with less than five years of experience and a dentist with five or more years of experience. As it is seen with the comparison of the means using a hypothesized difference of 6 minutes, there is in fact a difference of 6 minutes or more between the two types of dentists irrelevant of the type of treatment and the age of patient. Z value of 0.99663 is less than the critical value of 1.644854 at 95% confidence level, indicating that we cannot reject the hypothesis and that the difference is 6 or more minutes. The sample size was 120.

Table 4. Comparing dentists with respect to all treatment times.

z-Test: Two Sample for Means		
	<i>Experience < 5 years</i>	<i>Experience ≥ 5 years</i>
Mean	37.158	31.033
Known Variance	93.123	95.648
Observations	120	120
Hypothesized Mean Difference	6.0	
Z	0.099663	
P(Z ≤ z) one-tail	0.460306	
z Critical one-tail	1.644854	
P(Z ≤ z) two-tail	0.920612	
z Critical two-tail	1.959964	

Next, we tried to compare the treatment time taken by the two types of dentists for different types of treatments, i.e., cleaning, cavity, and crown. Table 5 shows the comparison results for the three treatment types. As it is seen from the results, the apparent difference was six minutes in all cases and the tested hypothesis showed that the difference was significant in all cases and we could not reject the hypothesis that the difference would be at least six or more minutes. The sample size was 40 in each case and the calculated z values, as well as the critical z values, are given in the table. From the results, it is evident that there is difference in treatment times between the more experienced dentists and the less experienced dentists. It is interesting that the difference was at least 6 minutes for all treatment types considered for all students less than 10 years of age and more than 10 years of age combined.

Table 5. Comparing dentists with respect to treatment times for all ages.

z-Test: Two Sample for Means	Cleaning		Cavity		Crown		
	<i>Doctors Experience →</i>	< 5 years	> 5 years	< 5 years	> 5 years	< 5 years	> 5 years
Mean		38.75	32.625	26.6	20.35	46.125	40.125
Known Variance		35.641	28.196	7.475	9.822	44.21	51.91
Observations		40	40	40	40	40	40
Hypothesized Mean Difference		6		6		6	
z		0.0989		0.3802		0.0000	
P(Z ≤ z) one-tail		0.4606		0.3519		0.5000	
z Critical one-tail		1.6449		1.6449		1.6449	
P(Z ≤ z) two-tail		0.9212		0.7038		1.0000	
z Critical two-tail		1.9600		1.9600		1.9600	

The test was further extended to see if there were significant differences in treatment times between the dentists for patients less than 10 years of age and patients more than 10 years of age. Hypothesis testing was done for each class individually, but for all types of treatments combined. It was observed that the difference was slightly higher for patients more than 10 years of age. As it is seen in the

left side of Table 6, a hypothesized difference of at least 5.5 minutes for patients <10 years old was statistically significant between the two types of dentists since calculated $z=0.0699$ was less than the critical $z=1.6449$. On the other hand, a hypothesized difference of at least 6.5 minutes for patients >10 years old was again statistically significant since the calculated $z=0.0801$ was less than the critical z value of 1.6499.

Table 6. Comparing dentists with respect to patient age at all treatment times.

z-Test: Two Sample for Means (Patients Less Than 10 Years Old)			z-Test: Two Sample for Means (Patients More Than 10 Years Old)		
Doctor Experience →	<5 Years	>5 Years	<5 Years	>5 Years	
Mean	39.983	34.35	34.333	27.717	
Known Variance	108.868	109.307	64.4	62.88	
Observations	60	60	60	60	
Hypothesized Mean Difference	5.5		6.5		
z	0.0699		0.0801		
P(Z<=z) one-tail	0.4721		0.4681		
z Critical one-tail	1.6449		1.6449		
P(Z<=z) two-tail	0.9443		0.9362		
z Critical two-tail	1.9600		1.9600		

If the hypothesis, that there is at least 5.5 or 6.5-minutes of difference between two types of dentists were rejected, the probability of committing an error would be 47.21% in the first case and 46.81% in the second case, as seen in Table 6. When the above test was repeated for individual types of treatments, similar results were observed. For example, for crown fitting type of treatment, there was difference of at least 4.5 minutes between the two types of dentists for patients less than 10 years old and a difference of at least 7 minutes for patients greater than 10 years old. These results are summarized in table 7. It should be noted that one-tail test was used since the test was to show that one of the means was greater than the second, i.e., $\mu_1 > \mu_2$.

Similar results, which are not shown here, were obtained for other types of treatments. All these analyses indicated that there was a difference in treatment times between the two types of dentists. It was also interesting that the difference was higher for older patients than for the younger patients. Effectively, the dentists with less experience performed better when dealing with younger patients. The above results showed that the less experienced dentists could be utilized more effectively with patients less than 10 years old as compared with the patients more than 10 years old. This is mainly because the difference in treatment times between the two types of patients is less pronounced for younger patients. This was true for all types of treatments individually. On the other hand, when the dentists were compared only with respect to treatment types ignoring the patient age, the difference between them was almost the same for all three types of treatments.

Table 7. Comparing dentists with respect to patient age for crown type of treatment

t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances (Patients Less Than 10 Years Old)			t-Test: Two-Sample Assuming Unequal Variances (Patients More Than 10 Years Old)		
	<5 Years	>5 Years	<5 Years	>5 Years	
Mean	51.00	46.25	41.25	34	
Variance	22.632	15.461	18.092	12.105	
Observations	20	20	20	20	
Hypothesized Mean Difference	4.5		7		
df	37		37		
t Stat	0.1811		0.2035		
P(T<=t) one-tail	0.4286		0.4199		
t Critical one-tail	1.6871		1.6871		
P(T<=t) two-tail	0.8572		0.8399		
t Critical two-tail	2.0262		2.0262		

3. Conclusions

Healthcare performance management is an important issue in healthcare organizations. When used appropriately, system productivity and performance can be significantly improved, in addition to increasing patient satisfaction and eliminating health care related errors and inefficiencies. Many researchers have studied quality and performance improvement in medical systems. Statistical tools used in industry need to be adapted to health care organizations.

In this study, we have investigated effects of several factors on system performance in a school dental clinic. Several factors, which affect the dental treatment time are considered and their effects are quantified with data collected. In order to show the significance of the effects of selected important factors on system performance measure, a design of experiment was set up and the collected data was analyzed to show the statistical significance of the effects of these factors. The results showed that the experience of dentists, the type of dental treatment and the age of students being treated had significant effects on treatment times. Furthermore, the interacting effects of treatment types and the patient age had significant effects on treatment time. The effects of dentist experience were studied at different levels of other factors. It was observed that there was statistically significant difference in treatment times between the experienced and less experienced dentists. It was also observed that this difference was more pronounced for students older than 10 years of age.

The procedures presented and the results obtained in this study can be utilized by the management to analyze any health care system performance and to determine significant factors which can be controlled to improve system efficiency. In this analysis, it appears that less experience dentists perform better on smaller age groups, which may possibly be attributed to less complications and simplicity in the treatment for these types of patients. The analysis and the performance assessment tools presented in this paper can help managers provide better service to society.

References

- Aaronson, E. L., Mort, E., Sonis, J. D., More (2018) "Overall Emergency Department Rating: Identifying the Factors That Matter Most to Patient Experience", *Journal for Healthcare Quality*. 40(6): 367-376.
- Adhikari, S. R. and Sapkota, V. P. (2019) "Measuring hospitals performance: Applying the management approach in Nepal," *International Journal of Healthcare Management*, 12 (4): 292-301.
- Bahadori, M., Raadabadi, M., Ravangard, R. and Baldacchino, D. R. (2015) "Factors affecting dental service quality", *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 28(7): 678-689.
- Collett, A. and Starke, I. (2008) "The assessment of doctors' performance: Tools and techniques," *Journal of Management & Marketing in Healthcare*, 1(4): 400-411.
- Dewi, F. D., Sudjana, G., and Oesman, Y. M. (2011) "Patient satisfaction analysis on service quality of dental health care based on empathy and responsiveness", *Dental Research Journal (Isfahan)*. 8(4): 172-177.
- Dey, P.K., Hariharan, S. (2006) "Integrated approach to healthcare quality management: a case study", *The TQM Magazine*, Vol. 18 Issue: 6, pp.583-605.
- Dodwad, S. S. (2013) "Quality management in healthcare", *Indian J. of Public Health*. Vol. 57, No. 3, pp.138-143.
- Goetz, K., et al. (2014) Effectiveness of a Quality Management Program in Dental Care Practices, *BMC Oral Health*, 14(41).
- Hodgetts, S. (2008) "Effective people management in an ever-changing NHS environment," *Journal of Management & Marketing in Healthcare*, 1(4): 324-326.
- Islam, M. S. (2014) "Effective Quality Management in Dental Care Practice", *Rangpur Dental College Journal July 2014; Vol.2 No.*
- Karami, M. (2016) "Development of key performance indicators for academic radiology departments," *International Journal of Healthcare Management*: 10(4): 275-280.
- Kwateng, K. O., Lumor, R., and Acheampong, F. O. (2019) "Service quality in public and private hospitals: A comparative study on patient satisfaction," *International Journal of Healthcare Management*, 12(4): 251-258.
- He, L. "Design of Experiments Software, DOE software", *The Chemical Information Network*, July 17, 2003.
- Minkman, M., Ahaus, K., & Huijsman, R. (2007) "Performance improvement based on integrated quality management models: what evidence do we have? A systematic literature review," *Int. J. of Quality in Health Care*; 19(2): 90-104
- Poksinska B (2010) The Current State of Lean /Intro in Healthcare. *Quality Management Healthcare* 19: 319-329. 15.
- Rohatgi, N., Kane, M., Marcy, W. More (2018) "Factors Associated with Delayed Discharge on General Medicine Service at an Academic Medical Center", *Journal for Healthcare Quality*. 40(6): 329-335.
- Savsar, M. and M. M. Al-Ajmi (2012) "A quality control application in healthcare management using experimental design criteria," *International Journal of Health Care Quality Assurance*, 25(1): 53-63
- Savsar, M. (2017) "A Quality Control Application in Healthcare Management" *Trauma Acute Care* 2:30.
- Tyagi, A. and Singh, P. (2019) "Hospital performance management: A multi-criteria decision-making approach," *International Journal of Healthcare Management* Vol. 12, No. 4: 286-291.



Rasch-based Assessment for Innovative Education Systems

Elif Dülger

Sakarya University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey (ORCID: 0000-0002-8162-8726)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.824163)

ATIF/REFERENCE: Dülger, E. (2020). Rasch-based Assessment for Innovative Education Systems. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 345-352.

Abstract

Generating high-quality questions is one of the most significant things to improve learning process quality. One of the contemporary methods of developing high-quality questions is the Rasch Method because of superiority for scale development. The most important advantage of the Rasch method is that it allows the measurement of item calibration which is independent of a person's ability. At the same time, it allows the measurement of a person's ability which is independent of item difficulty. In this way, instructors can criticize the quality of their questions, and educational institutions can update their own assessment systems for higher quality and innovative education. This study aims to be a guide that will meet this need of instructors based on the Rasch method. This approach makes it possible for well-qualified items can be used throughout the learning process to improve the student's learning experience. Thus it is possible to realize the most appropriate content and test design which is necessary for personalized education. On the other hand, it can analyze items psychometric properties and can improve the quality of evaluation systems for the continuous improvement system of future educational institutions. This study evaluated the properties of mathematics items within the test which is applied during term using the Rasch Model. The test was developed for use within a math course which used a modular approach based on learning objects. Results have been evaluated with a view to making recommendations for the improvement of the test psychometric properties. This approach not only enables course developers to evaluate the quality of their test in term but also provides useful information about their own process performance during the e-learning process and their own ability. Due to enable analyzing the student's ability while the e-learning process ongoing, it is possible to correct one's deficiencies. In this study, answers given to 20 items, provided by 62 students of the Internet and Network Technologies distance education program at the level of the associate degree in the fall semester of the 2019-2020 academic year, were examined. Measurement reports, fit statistics, reliabilities were calculated by the Winstep package program.

Keywords: Rasch Model, Assessment Quality, Learning Quality, Distance Education Quality, Education 4.0

Yenilikçi Eğitim Kurumları İçin Rasch Metodu Temelli Değerlendirme

Öz

Yüksek kaliteli sorular üretmek, öğrenme süreci kalitesini artırmak için en önemli şeylerden biridir. Yüksek kaliteli sorular geliştirmenin çağdaş yöntemlerinden biri, ölçek geliştirmedeki üstünlüğü nedeniyle Rasch Yöntemidir. Rasch yönteminin en önemli avantajı, kişinin yeteneğinden bağımsız olarak madde kalibrasyonunun ölçülmesine izin vermesidir. Aynı zamanda bir kişinin yeteneğinin madde zorluğundan bağımsız olarak ölçülmesini sağlar. Bu şekilde, eğitimler sorularının kalitesini eleştirebilir ve eğitim kurumları daha kaliteli ve yenilikçi eğitim için kendi değerlendirme sistemlerini güncelleyebilir. Bu çalışma, öğretim elemanlarının bu ihtiyacı Rasch yöntemine göre karşılayacak bir rehber olmayı amaçlamaktadır. Bu yaklaşım, öğrencinin öğrenme deneyimini iyileştirmek için iyi nitelikli öğelerin öğrenme süreci boyunca kullanılabilmesini mümkün kılar. Böylelikle kişiselleştirilmiş eğitim için gerekli olan en uygun içerik ve test tasarımını gerçekleştirmek mümkündür. Öte yandan, öğelerin psikometrik özelliklerini analiz edebilir ve gelecekteki eğitim kurumlarının sürekli iyileştirme sistemi için değerlendirme sistemlerinin kalitesini iyileştirebilir. Bu çalışmada, Rasch Modeli kullanılarak dönem boyunca uygulanan matematik testi maddelerinin özellikleri değerlendirilmiştir. Test, öğrenme nesnelere dayalı modüler bir yaklaşım kullanan bir matematik dersinde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Sonuçlar, testin psikometrik özelliklerinin iyileştirilmesine yönelik önerilerde bulunmak amacıyla değerlendirilmiştir. Bu yaklaşım, kurs geliştiricilerin testlerinin kalitesini dönem içinde değerlendirmelerini sağlamakla kalmaz, aynı zamanda e-öğrenme sürecinde kendi süreç performansları ve kendi yetenekleri hakkında faydalı bilgiler sağlar. E-öğrenme süreci devam ederken öğrencinin becerisinin

analiz edilebilmesi sayesinde eksikliklerin giderilmesi mümkündür. Bu araştırmada 2019-2020 eğitim-öğretim yılı güz yarıyılı içerisinde, önlisans düzeyinde 62 İnternet ve Ağ Teknolojileri uzaktan eğitim programı öğrencisinin verdiği 20 maddeye verilen cevaplar incelenmiştir. Ölçüm raporları, uyum istatistikleri, güvenilirlikler Winstep paket programı ile hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rasch Model, Değerlendirme Kalitesi, Öğrenme Kalitesi, Uzaktan Eğitim kalitesi, Eğitim 4.0.

1. Introduction

The contemporary approach to education, Education 4.0, has an important position in today's digitalizing education system with the aim of maximizing the use of information, technology and internet. Countries have seen the strategic importance of contemporary e-learning systems during the Covid-19 pandemic. Only countries with this technological infrastructure could continue to implement their education curricula and thereby could improve their society, human capital. We can summarize main transformations in education area as follows (Dulger and Sertvuran, 2019): There have been four major transformation in education up to the present day as a result of the revolutions (Puncreobutr, 2016; Harkins, 2008). Education 1.0 is aimed at meeting the needs of agricultural society, Education 2.0 is for industrial society, Education 3.0 is for technology society and Education 4.0 is for meeting the needs of innovation society. Oztemel (2018) summarized the main points of change and transformation that will occur within the scope of Education 4.0 in his study evaluating new trends in education as follows: Independence from time and space, personalized education, flexible learning, blended learning, project-based learning, BYOD, time management, field information and experience, big data analysis, situation assessment instead of exams, collaboration with students in content development, virtual mentors, web interfaces, access systems and other Industry 4.0 technologies such as cloud computing, advanced robotics, bitcoin and blockchain (intelligent contracting, information security), autonomous devices, 3D printing (Oztemel, 2018).

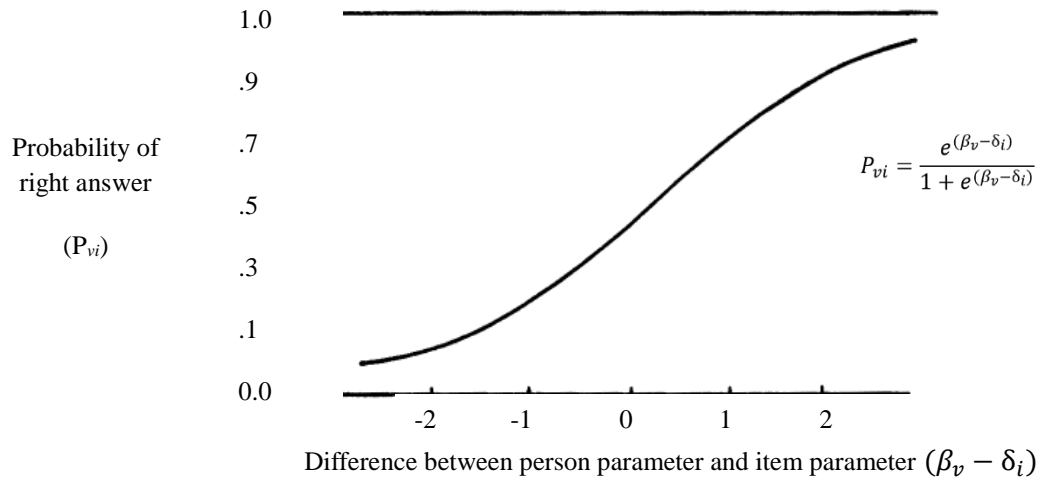
The indicators of the quality of e-learning systems is still a controversial issue. Even though educational technologies are well used, learning is related to the cognitive skills of the individual, and educators should be a facilitator for this process rather than transferring information in today's education systems. Managing this process requires monitoring the process and this can only be objectively interpreted by following the digital traces of the e-learning students and based on their performance from the learning test results. As one of the prominent names in measurement and evaluation in education systems, Dylan Wiliam says high-quality questions may be the most significant thing we can do to improve the quality of student learning (Wiliam, 2011). Increasing the quality of learning with quality questions means obtaining better learning outcomes, in other words, increasing the gain of learning outcomes. One of the views confirming this is expressed in the OECD report as follows: learning outcomes which is targeted by quality assurance are indeed the key to meaningful education (OECD, 2012). At that point, identifying and overcoming the learning problems on-time, are important to complete the learning process successfully and acquisition of learning outcomes. If studies on the assessment of learning are examined, it is seen that Assessment For Learning (AFL) has an important potential to improve learning. Because assessment has a very strong theoretical and experimental infrastructure not only as an evaluation of success but also in terms of including it in teaching process and increasing student participation (Wiliam, 2011). The study firstly aims to improve item quality for a better assessment system, then improve the e-learning quality through monitoring the e-learning process with quality items, thereby the institution quality.

2. Material and Method

2.1. Item Response Theory and The Rasch Method

Item Response Theory (IRT) is a theory based on mathematical model that reveal the relationship between individuals' abilities that cannot be directly observed and their responses to test items prepared to measure their abilities (İlhan, 2016). This mathematical model can define the examinee's ability independently from the test. The focal point is not results that reached at end of the test, like Classical Test Theory, the focal point is the ability level estimation of the examinee. According to this theory, the estimated ability level is the same even if two different tests including different questions are applied (Ozyurt et al., 2012). IRT consists of three different models. Single parameter logistic Model (1PL Model) known as the Rasch Model and consisting of item difficulty parameter, Two Parameter Logistic Model (2PL Model) consisting of item difficulty and item discrimination parameters and Three parameter Logistic Model (3PL model) consisting of item difficulty, item discrimination and pseudo-chance parameters (Finch 2008; Battisti et al, 2005).

The Rasch Model assumes that the probability of any person to choose a category in any item is equal to the logarithm of the difference between the person's ability level and the item difficulty, and this model is a mathematical relationship that takes advantages of interaction between people and items. One of the most important advantages of this model is that it allows the measurement of item calibration which is independent of a person's ability. At the same time it allows the measurement of a person's ability which is independent of item difficulty. This advantage enables a generalization beyond the sample and the Rasch measurement model has been successfully applied to testing since 1965 with large scale implementations. (Linacre 1989; Koparan and Guven 2014). The model expresses the probability of the right response by the following relation (Wright, 1977) in Figure 1.



δ_i ; the difficulty of item_i

β_v ; the ability of the person_v

Figure 1. The Rasch Model Characteristic Curve

The Rasch model makes possible easier analyze with particular unit measure called logit (Wright and Stone, 1979) and through the instrument of logitmap, it can be interpreted item difficulty and person ability on the same map. Rasch analysis indicate the degree to which the analysis reliability distinguishes the level of quality among the items using the reliability statistics. The analysis also helps to identify, through fit statistics, any item that do not fit the model and any candidate whose scores do not appear to be consistent with the model (Basturk, 2008).

One of the prominent studies related to Rasch Method in Turkish Higher Education System was carried out by R. Basturk (Basturk 2008). The study investigated the usefulness of the Many-Facet Rasch Model (MFRM) in evaluating the quality of performance related to PowerPoint presentations on science education students. The paper specifically investigated presentation ability in terms of item/task difficulty and rater severity/leniency. As a result, the study revealed that analysing the outcomes of peer assessment through MFRM techniques provided rich approaches suitable for assessing student performance in higher education. When we look at other prominent studies using Rasch Method in higher education, it can be said that general common point is its powerfulness to evaluate and improve education. The Rasch Method could provide valuable information on test reliability, item difficulty and examinee ability to evaluate higher education students' performance and items' quality. These studies have revealed the usefulness of The Rasch Method with its applications in their studies in different areas such as nursing, engineering, and medical science. Some of these studies used Extended Logistic Model of Rasch, some of them were used for the improvement of teaching methods.

Waugh (1999) aimed to create a new range level scale, in its "Approaches to studying for students in higher education: A Rasch measurement model analysis" work. He analysed its psychometric properties with the Extended Logistic Model of Rasch using the sample consisted of 369 students from an Australian university. The data were analysed initially with the whole sample for the 40 attitude items and for the 40 behavioural items separately. Items not fitting the model were then discarded (12 attitude items and 12 behavioural items). The analysis was repeated using the 56 valid items together and the items of each of the five subscales separately. This subscales were Deep Approach, Surface Approach, Strategic Approach, Lack of Direction in Studying and Academic Self-Confidence towards Studying. Ultimately, it has been fifty-six of the 80 items formed a good scaled with satisfactory psychometric properties. This paper revealed that The Extended Logistic Model of Rasch was useful in creating an interval level scale of student attitudes and behaviours towards studying, and for analysing its psychometric properties and conceptual design. And Rasch model helps to explain how behaviours are influenced by attitudes (Waugh 1999).

Hagquist et al. (2009) used Rasch model to examine the psychometric properties of the nursing self-efficacy (NSE) scale. Data were collected among nursing students in Sweden. Two sets of items were analysed more thoroughly: an original set of nine items with eleven response categories and a revised set of seven items with seven response categories. Invariance of the item functioning and the categorisation of the items were analysed. Targeting was examined by comparisons of the items and persons locations. Differential Item Functioning across sample groups such as gender was examined using analysis of variance. The final set of seven items was also analysed more closely with respect to possible multidimensionality and response dependence. Consequently The Rasch analysis of the original set of nine items showed high reliability measured by a person separation index, but it also indicated severe problems with the targeting, the categorisation of the items as well as lack of invariance. Although the revised set comprising seven items with seven categories performed better than the original item set some items showed misfit according to formal test statistics. Graphical examination showed, however, that the items operated in the right direction. The formal test of local independence of the items indicated minor signs of multidimensionality, alternatively response dependence. This study revealed that The Rasch model is useful for rigorous examination and development of measurement instruments in nursing research and facilitates disclosure of lack of invariance and other measurement problems that may not be easily detected by traditional analyses. (Hagquist et al., 2009).

Ghulman and Mas'odi (2009) developed assessment model based on Rasch Measurement Model which can be used to improve the students' assessment method and validate the CLO (Course Learning Outcomes) of each course. At the same time this study provides an overview of an alternative "modern" measurement as practiced using item response theory with focus on Rasch measurement model. A case study in the College of Engineering, Umm al-Qura', Makkah on students (N=75) was conducted to measure their command of knowledge (Kn) and understanding (uN); as categorised according to Bloom's Taxonomy. The test for Manufacturing Process III course was administered on 3rd year students from the Department of Mechanical Engineering, Umm al-Qura' University. The result from the test were tabulated and run in WinSteps, a Rasch Analysis software. Generally the students fared poorly below the expected performance achieving a poor mean; μ person mean of only 42.80% which is way below the 60% threshold limit Level of Learning Competence. This study indicates that the undergraduates encounter significant difficulties in grasping some fundamental engineering principles in extrusion. The study showed that SPELA as a model of measurement can provide better estimate of students' ability more accurately based on the CLO as compared to the traditional Cumulative Grade Point Average (CGPA) method of assessment using raw score (Ghulman and Mas'odi, 2009).

Yang et al. (2011) used the Rasch model to analyse an examination in anaesthesiology for medical students to identify examinee ability and appropriateness of the test content. Fifty items has been administered to 119 fifth- and sixth-year medical students in the exam. The Rasch model was used to perform item analysis of the examination. Misfit items or examinees were excluded first, then test reliability was assessed with reliability indices. After the exclusion of two misfit items and one misfit examinee, the estimated test reliability was only 0.63. The mean item difficulty was set at 0 by definition (SD = 2.02) and the mean examinee ability was 1.56 (SD = 0.71), which means that the examinees were able to correctly answer 83% of items on average. This study has been demonstrated that statistical item analysis with the Rasch model could provide valuable information related to test reliability, item difficulty and examinee ability, which could be applied to further item modification and future test development of clinical curriculums for medical students. In conclusion, we demonstrated that the Rasch analysis could be applied satisfactorily to item analysis of the examination in anaesthesiology for medical students. It has been also provided valuable information for further item modification and future test development in clinical curriculums (Yang et al. 2011).

Ibrahim et al. (2012) examined physics examination paper using the Rasch model. The sample consists of 119 male and female pre-university students from the University of Malaya, Kuala Lumpur, who sat for the Basic Physics 3 paper in the session 2010/2011. Out of 119 students, 54 of them are from Physical Science Programme, and the rest of them are from the Biological Science Programme. For this study, the questions are classified according to Bloom's Taxonomy and every part of each question is labelled as a different item. The study has been suggested that the item model gives a good fit but persons and items measurement gives a fair fit. The measurement has been also indicated that a number of students encounter significant difficulties in grasping some of the fundamental topics in physics. These findings has been provided valuable insights into the structure and functionality of the examination paper. The study has been showed that the instrument construct for the final examination Basic Physics 3 is reliable and of good quality. The measurement has been conducted also reveals the true degree of cognitive learning abilities of 119 pre-University or Matriculation students in University of Malaya who sat for the final examination paper Basic Physics 3 in 2010. It has been also gave information determining the quality of the examination paper set. The authors expressed that the information generated from this measurement can be used as a guidance to determine the appropriate improvement of the teaching method (Ibrahim et al., 2012).

Researches shows that personalized e-learning system based on Item Response Theory estimates the abilities of e-learning students and consequently can used for the appropriate content and test design which has a significant role for personalized education (Chen et al., 2005).

2.2. Methodology

The methodology of the study rest upon a case study analysis of higher education two years of distance education in Turkey. The effectiveness of the mathematics e-course was evaluated via performance measurement of the distance education students at Sakarya University, Turkey. Firstly, the mathematics course was re-structured according to a modular approach and Shareble Content Objects and its test items because of using SCORM supported LMS of institution. Then, the performance of distance education students was measured. Item analysis previously has been completed with test results of Computer Programming programme (Dulger, 2012).

In this study, test items have been analysed with Rasch model with the aim of improving the tests to measure the students' learning and providing useful information to the students themselves and to those running the courses. The data consists of responses from Internet and Network Technologies Programme distance education students in the fall semester of the 2019-2020 academic year, so the data belongs to the 2019 year.

3. Findings and Results

3.1. Results

The logit scale can be seen on the left side of the figure under the Measure column. The negative logits denote easier items and persons of lower ability than the positive logits. The distribution of persons who took the assessment are displayed on the left side of the dashed vertical line and the items themselves on the right side of the line. The letter M denotes the mean person ability and mean item difficulty. The letter S denotes 1 standard deviation above and below the mean, and the letter T denotes two standard deviations.

Table 1. Item statistics

INPUT: 62 PERSON 20 ITEM REPORTED: 62 PERSON 20 ITEM 2 CATS MINISTEP 4.7.0.0

PERSON: REAL SEP.: 2.02 REL.: .80 ... ITEM: REAL SEP.: 2.21 REL.: .83

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	TOTAL MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM	
11	26	60	1.14	.34	1.28	1.62	1.97	2.59	A	.50	.64	74.1	77.2	I0011
13	23	58	1.48	.36	1.23	1.22	1.83	2.01	B	.55	.65	75.0	79.4	I0013
12	22	60	1.62	.36	.99	-.01	1.55	1.36	C	.63	.66	85.2	80.9	I0012
4	35	62	.20	.32	1.10	.71	1.50	1.72	D	.53	.59	69.6	74.0	I0004
14	35	60	.12	.33	1.25	1.65	1.39	1.34	E	.48	.59	68.5	74.5	I0014
7	37	62	-.01	.32	1.13	.92	1.36	1.25	F	.51	.57	69.6	74.1	I0007
10	30	62	.72	.33	1.24	1.56	1.31	1.17	G	.53	.62	73.2	74.3	I0010
2	38	60	-.23	.33	.98	-.09	1.30	.97	H	.56	.56	74.1	75.1	I0002
18	37	62	-.01	.32	.88	-.85	1.19	.73	I	.60	.57	80.4	74.1	I0018
15	42	61	-.62	.34	1.14	.94	1.03	.22	J	.48	.53	72.7	76.3	I0015
5	42	60	-.65	.34	1.04	.32	.85	-.28	j	.51	.52	72.2	76.4	I0005
20	34	62	.30	.32	.99	-.05	.99	.03	i	.60	.60	76.8	73.9	I0020
1	38	60	-.26	.33	.92	-.47	.74	-.80	h	.60	.56	75.9	75.1	I0001
3	42	62	-.54	.33	.89	-.70	.75	-.67	g	.58	.53	76.8	76.0	I0003
17	35	61	.11	.32	.86	-.99	.81	-.63	f	.64	.58	81.8	73.8	I0017
6	45	61	-.97	.35	.82	-1.13	.67	-.69	e	.56	.49	85.5	78.1	I0006
16	35	61	.19	.32	.82	-1.35	.67	-1.30	d	.66	.58	80.0	73.7	I0016
9	43	61	-.68	.34	.77	-1.56	.62	-1.03	c	.61	.51	87.3	76.6	I0009
8	54	61	-2.25	.44	.64	-1.49	.29	-.85	b	.50	.35	89.1	87.5	I0008
19	33	61	.35	.33	.60	-3.18	.46	-2.47	a	.76	.61	87.3	74.3	I0019
MEAN	36.3	60.9	.00	.34	.98	-.1	1.06	.2				77.8	76.3	
P.SD	7.4	1.0	.85	.03	.20	1.3	.45	1.3				6.3	3.2	

Rasch fit statistics means the fit of the items to the Rasch model. Lunz M., Wright B. and Linacre J. reported two kinds of fit statistics; infit and outfit. The infit statistic is the information on weighted mean-square residual difference between observed and expected, which focuses on the accumulation of central, inlying, deviations from expectation. The outfit statistic is the usual unweighted mean-square residual, which is particularly sensitive to outlying deviations from expectation. As a rule of thumb, Linacre suggested 0.50 as a lower-control limit and 1.50 as an upper-control limit for infit and outfit statistics. Also, some researchers suggested using a narrower range defined by a lower-control limit of 0.70 (or 0.75) and an upper-control limit of 1.30 (Eckes 2009).

Even though there is a minor difference between researchers, value limits mentioned in the literature for both the infit and the outfit statistics are rather similar (Guler, 2014). These characteristics are important for the test development process. Questions 4, 8, 11, 12, 13 and 19 display outfit statistics outside the acceptable values. The other outfit values and infit values are within acceptable limits. Hence, it can be said that there is no problem about items characteristics for test except this six questions.

For high test reliability, it must be person sample size with a large ability range and/or a test with many items. Since participation in the developed tests is not compulsory, person reliability range between .65 and .75 (low stakes tests) is adequate. It can be seen in Table 2 which shows that person reliability is .80 and item reliability is .83.

Table 2. Students' Measurement Report

Time for estimation: 0:0:0.161
Output to C:\Users\Sau\Desktop\ZOU016WS.TXT
MATH TEST

PERSON	62 INPUT	62 MEASURED	INFIT	OUTFIT
TOTAL	COUNT	MEASURE	ZSTD	OMNSQ
MEAN	11.7	19.6	.76	.75
P.SD	5.6	.8	1.92	.40
REAL RMSE	.85	TRUE SD	1.72	SEPARATION
			2.02	PERSON RELIABILITY
				.80
ITEM	20 INPUT	20 MEASURED	INFIT	OUTFIT
TOTAL	COUNT	MEASURE	IMNSQ	ZSTD
MEAN	36.3	60.9	.00	.35
P.SD	7.4	1.0	.85	.03
REAL RMSE	.35	TRUE SD	.78	SEPARATION
			2.21	ITEM RELIABILITY
				.83

As the Rasch reliability coefficient approaches to +1.00, the reliability increases as it is in the traditional interpretation of reliability results. Thus, we can say that item and person reliability level is enough degree for the test.

4. Conclusions

The effects of the Industrial 4.0 revolution bring about the transformation of educational systems as in other fields. There is a need for technology-intensive restructuring of education systems in this period when everything is digitalized. It is an important requirement to develop an education management system that will focus on knowledge and skill-intensive competent individuals. On the other hand, education management systems should implement content design based on technological opportunities and blended with innovation culture at the same time. In this study, how to use these technologies in a beneficial way for the individual needs of the learner is discussed. Apart from these; for today's education systems, monitoring the e-learning process with quality items has a significant role for structuring the individual learning path according to the curriculum created individually, designing the course content in accordance with the learner specific needs and abilities, presenting the sufficient information students' needs when they need.

In this study, the mathematic performance of Sakarya University distance education students and the test items of the course were analyzed with the Rasch method. Rasch Method analyzes items psychometric properties and can use to improve the assessment quality which takes an important issue for the e-learning performance of distance education students. This study can be an example of the application of the Rasch model within the quality assurance system to enhance the quality of the e-learning process because of make possible an increase in the degree of learning outcomes acquisition. As a result of this study, the Rasch Method can be actively used in the evaluation of teaching and test design in higher education, and additionally, it can be used as an analysis tool in the development of the individual abilities of distance education students. This individual analysis has a significant factor for today's education systems due to the necessity of personalized education.

When we look at other prominent studies using Rasch Method in higher education, it can be said that general common point is its powerfulness to evaluate and improve education. The Rasch Method could provide valuable information on test reliability, item difficulty and examinee ability to evaluate higher education students' performance and items' quality. These studies have revealed the usefulness of The Rasch Method with its applications in their studies in different areas such as nursing, engineering, and medical science. Some of these studies used Extended Logistic Model of Rasch, some of them were used for the improvement of teaching methods (Waugh 1999; Hagquist, Bruce, and Gustavsson 2009; Ghulman and Mas'odi 2009; Yang et al. 2011; Ibrahim et al. 2012). In conclusion, the application of the Rasch model in the evaluation of the assessment used to measure students' performance offers an improvement to the quality assurance of the overall distance learning system. Thereby the aim was to improve the evaluation system quality of the institution mentioned above.

References

- Baştürk R. (2008). "Applying the many-facet Rasch model to evaluate PowerPoint presentation performance in higher education", *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 33:4, 431-444, DOI: 10.1080/02602930701562775
- Battisti F.D., Nicolini G., Salini S. (2005), "The Rasch Model to measure service quality", Departmental Working Paper No. 27/2003 of Department of Economics, University of Milan, Italy. Retrieved from: http://wp.demm.unimi.it/files/wp/2003/DEMM-2003_027wp.pdf, Access date: 03.06.2020
- Chen CM., Lee HM., Chen YH. (2005). "Personalized e-learning system using Item Response Theory", *Computers & Education*, Volume 44, Issue 3, April 2005, Pages 237-255, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2004.01.006>
- Dülger E., (2012). "Yükseköğretimde uzaktan eğitim performansının ölçme ve değerlendirilmesi için bir model önerisi", Doktora tezi, Sakarya University, Turkey
- Dülger E., Sertvuran I. (2019). "Education 4.0: A system proposal based on lean learning", 10th International Symposium on Intelligent Manufacturing and Service Systems, Sakarya
- Eckes, T. (2009) "Many-facet Rasch measurement." Section H in relating language examinations to the common european framework of reference for languages: Learning, Teaching, Assessment. Language Policy Division, Strasbourg
- Finch H. (2008). "Estimation of item response theory parameters in the presence of missing data", *Journal of Educational Measurement* Fall 2008, Vol. 45, No. 3, pp. 225-245
- Ghulman H. A., Mas'odi M. S. (2009) "Modern measurement paradigm in Engineering Education: Easier to read and better analysis using Rasch-based approach" International Conference on Engineering Education (ICEED 2009). Kuala Lumpur, Malaysia. December 7-8.
- Güler, N. (2014) "Analysis of open-ended statistics questions with Many Facet Rasch Model." *Eurasian Journal of Educational Research* 55: 73-90
- Hagquist, C.t, Bruce M., Gustavsson J.P. (2009) "Using the Rasch model in nursing research: An introduction and illustrative example." *International Journal of Nursing Studies* 46: 380-393. doi: 10.1016/j.ijnurstu.2008.10.007
- Harkins, A.M. (2008). "Leapfrog Principles and Practices: Core Components of Education 3.0 and 4.0", *Futures Research Quarterly* draft VIII, 1-15, <https://pdfs.semanticscholar.org/247d/e073104a6d07537f60b372b711c71935cad6.pdf>, (Access date: 03.01.2018)
- Ibrahim, F. M., Zubairi Y. Z., Aziz A. A, Zaharim A. (2012) "Using The Rasch Model To Assess Examination Beyond Students' Scores" *Global Engineering Education Conference (EDUCON 2012)*. IEEE Conference Proceedings. doi: 10.1109/EDUCON.2012.6201058
- İlhan M. (2016). "Açık Uçlu Sorularla Yapılan Ölçmelerde Klasik Test Kuramı ve Çok Yüzeyle Rasch Modeline Göre Hesaplanan Yetenek Kestirimlerinin Karşılaştırılması", *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi (H. U. Journal of Education)* 31(2): 346-368, <http://www.efdergi.hacettepe.edu.tr/yonetim/icerik/makaleler/2099-published.pdf>, (Access date: 06.09.2020)

- Koparan, T., Guven B. (2014). "Determination of the statistical literacy levels towards sampling of 8th grade students." *Elementary Education Online* 13 (4): 1171-1184
- Linacre J.M. (1989), "Observations are always ordinal; measurements, however, must be interval", *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 70(12):857-60
- OECD Report. (2012) "Assessment Of Higher Education Learning Outcomes". AHELO Feasibility Study Report. Vol 1. Design and Implementation.
- Öztemel E. (2018). "Eğitimde Yeni Yönelimlerin Değerlendirilmesi ve Eğitim 4.0", *Journal of University Research*, April 2018, Volume 1, Issue 1, Page: 25-30, <https://dergipark.org.tr/download/article-file/451373>, (Access date: 06.12.2018)
- Özyurt H., Özyurt O., Baki A. (2012), "Architecture and design process of the individualized assesment system integrable to distance education softwares", *Turkish Online Journal of Distance Education-TOJDE* July 2012 ISSN 1302-6488 Volume: 13 Number: 3 Article 15
- Puncreobutr, V. (2016). "Education 4.0: New Challenge of Learning", *St. Theresa Journal of Humanities and Social Sciences*, 2(2), <http://www.stic.ac.th/ojs/index.php/sjhs/article/view/Position%20Paper3> (Access date: 03.04.2019)
- Waugh, R. F. (1999) "Approaches To Studying For Students In Higher Education: A Rasch Measurement Model Analysis." *British Journal of Educational Psychology* 69: 63-79. doi: 10.1348/000709999157572
- Wiliam D., (2011). "Embedded Formative Assessment", p.104. Solution Tree Press, USA
- Wiliam D., (2011). "What is assessment for learning?", *Studies in Educational Evaluation* 37 (2011) 3-14
- Wright B.D., (1977), "Solving Measurement Problems with the Rasch Model", *Journal of Educational Measurement* , Vol. 14, No. 2, Applications of Latent Trait Models, pp. 97-116
- Wright B.D., Stone M.H. (1979), "Best test design - Rasch Measurement", Mesa press, Chicago
- Yang, SC., Tsou MY., Chen ET., Chan KH., Chang KY. (2011) "Statistical Item Analysis Of The Examination In Anesthesiology For Medical Students Using The Rasch Model." *Journal of the Chinese Medical Association* 74: 125-129, doi: 10.1016/j.jcma.2011.01.027



Big Data Technology in Today's Education Systems: Learning Analytics

Elif Dülger

Sakarya University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey (ORCID: 0000-0002-8162-8726)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.824182)

ATIF/REFERENCE: Dülger, E. (2020). Big Data Technology in Today's Education Systems: Learning Analytics. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 353-361.

Abstract

The concept of learning analytics emerges as a reflection of big data technology in the field of education to improve the quality of learning. Students leave large amounts of data from digital traces, especially during e-learning activities. These data can be processed to facilitate e-learning processes or to use for other educational and administrative purposes. Techniques such as predictive modeling, social network analysis (SNA), user, usage tracking, content analysis, semantic analysis, suggestion systems are among learning analytics techniques and learning analytics are used to identify and improve current learning process performance. Due to today's learning environments are digitalized, students are more lonely, their motivation is lower during e-learning activities, so managing the learning process is more difficult. Therefore, learning analytics applications come to the fore in today's education systems, just like virtual mentors. It will be easier to improve and manage the e-learning process, which has become more individualized through virtual mentors, compared to traditional education. In this study, an application study done before will be discussed in terms of how learning analytics can be adapted to educational institutions, and the adaptation of learning analytics application design (Learning Analytics Application Design, LAID) principles will be discussed with research questions. LAID consists of conceptual and logistical coordination, as well as the principle of coordination, comparison, and customization. The application data consists of the answers given to the learning tests applied in the Mathematics course by Sakarya University Electronic Technology distance education students at the associate degree level in the fall semester of the 2010-2011 academic year. The developed learning tests were first applied to Computer Programming students with similar characteristics, and after the item analysis was completed, updated tests consisting of the best questions were applied to the Electronic Technology students. Since participation in the tests is not compulsory, students who want to learn about their own learning performance participated in the published tests, and the number of participants varies between 88 and 107. Respectively, 107 students participated in sets tests, 93 students participated in numbers test, 101 students in algebra tests, 89 students in inequalities and equations tests, 105 students in functions tests, and 88 students participated in logarithm and trigonometry tests. Findings obtained, evaluation of the application in terms of learning analytics perspective, suggestions for improvement are given in the results section.

Keywords: Learning Analytics, Big data, Learning Process, Process Quality, E-learning

Günümüz Eğitim Sistemlerinde Büyük Veri Teknolojisi: Öğrenme Analitiği

Öz

Öğrenme analitiği kavramı, öğrenmenin kalitesini artırmak için eğitim alanında büyük veri teknolojisinin bir yansıması olarak ortaya çıkmaktadır. Öğrenciler, özellikle e-öğrenme etkinlikleri sırasında dijital izlerden büyük miktarda veri bırakırlar. Bu veriler, e-öğrenme süreçlerini kolaylaştırmak veya diğer eğitimsel ve idari amaçlar için kullanmak için işlenebilir. Tahmine dayalı modelleme, sosyal ağ analizi (SNA), kullanıcı, kullanım takibi, içerik analizi, anlam analizi, öneri sistemleri gibi teknikler öğrenme analitiği teknikleri arasında yer alırken, mevcut öğrenme süreci performansını belirlemek ve iyileştirmek için öğrenme analitiği kullanılır. Günümüz öğrenme ortamlarının dijitalleşmesi nedeniyle öğrenciler daha yalnızdır, e-öğrenme etkinlikleri sırasında motivasyonları daha düşüktür, bu nedenle öğrenme sürecini yönetmek daha zordur. Bu nedenle öğrenme analitiği uygulamaları tıpkı sanal mentorlar gibi günümüz eğitim sistemlerinde ön plana çıkmaktadır. Sanal mentorlarla daha bireyselleşen e-öğrenme sürecini geleneksel eğitime göre iyileştirmek ve yönetmek daha kolay olacak. Bu çalışmada, öğrenme analitiğinin eğitim kurumlarına nasıl uyarlanabileceği

açısından daha önce yapılan bir uygulama çalışması tartışılacak ve öğrenme analitiği uygulama tasarımı (Learning Analytics Application Design, LAID) ilkelerinin uyarlanması araştırma soruları ile tartışılacaktır. LAID, kavramsal ve lojistik koordinasyonun yanı sıra koordinasyon, karşılaştırma ve özelleştirme ilkesinden oluşur. Uygulama verileri, Sakarya Üniversitesi Elektronik Teknolojisi uzaktan öğretim öğrencilerinin 2010-2011 eğitim öğretim yılı güz döneminde ön lisans düzeyinde Matematik dersinde uyguladıkları öğrenme testlerine verdikleri cevaplardan oluşmaktadır. Geliştirilen öğrenme testleri önce benzer özelliklere sahip Bilgisayar Programlama öğrencilerine uygulanmış ve madde analizi tamamlandıktan sonra Elektronik Teknolojisi öğrencilerine en iyi sorulardan oluşan güncelleştirilmiş testler uygulanmıştır. Testlere katılım zorunlu olmadığı için yayınlanan testlere kendi öğrenme performansları hakkında bilgi edinmek isteyen öğrenciler katılmıştır ve katılımcı sayısı 88 ile 107 arasında değişmektedir. Sırasıyla 107 öğrenci kümeler testine, 93 öğrenci sayılar testine, 101 öğrenci cebir testine, 89 öğrenci eşitsizlikler ve denklemler testine, 105 öğrenci fonksiyonlar testine ve 88 öğrenci logaritma ve trigonometri testine katılmıştır. Elde edilen bulgular, uygulamanın öğrenme analitiği perspektifi açısından değerlendirilmesi, geliştirme önerilerine sonuçlar bölümünde yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Öğrenme analitiği, Büyük veri, Öğrenme süreci, Süreç kalitesi, E-öğrenme

1. Introduction

The Social transformation based on Industry 4.0 necessitates technology intensive restructuring of education systems. Developing human focused, competent, knowledgeable and skillful individuals are the basic requirements. Traditional educational institutions fall behind increasing demand. As a result of this, education deficit has been gradually growing. The concept of distance education is a consequence of the search for a solution. Increasing the number of students, educational demands made by different student populations, former students and working bringing with it a lifelong learning is the main driving force behind these developments (Dursun, Oskaybas and Gokmen, 2013). Future education systems should be based on innovation culture and technological capabilities. Education 4.0 is a concept that emerges when the fourth industry revolution changes the content and functioning of the education system. Educational systems, such as digitalized e-learning, VLEs (virtual learning environments) have come to the fore with the effect of developing and changing technology. On the other hand, new professions have emerged with Industry 4.0, and at the same time, some existing professions have been updated or lost their meaning. The knowledge, qualification framework and staff training will be an essential part of Industry 4.0 (Benesova and Tupa, 2017). The necessity of a new education approach that fosters people who are able to use information and produce new knowledge is indisputable. Technological developments affect the operation of the education systems and the concept of "Education 4.0" is on the agenda of the educational institutions due to recent progress. As to digital capabilities for educational institutions, the term is described as the application of technology to the core functions of an enterprise. It is possible for a higher education institution to prepare faculty to thrive in a next-generation digital learning environment and gain a competitive edge thereby developing e-learning capabilities and investing in e-learning technologies. E-learning has the potential to improve teaching and learning and can also lower barriers to higher education by offering flexibility with respect to when, where, and how students learn and faculty teach (Grajek, 2016). This concept is mainly summarized as digitalization in education, training as well as research and development systems. It differs from the traditional understanding of education with some interesting components such as customized education, augmented reality, virtual mentors, and learning analytics. It is now certain that the new mission of educational institutions is evolving towards generating innovative individuals with high-level thinking skills. In order to facilitate this, the digitalization of institutional processes seems to be inevitable. Analytics is a generic term used to perform analysis and this term used for statistical analysis, explanatory and predictive models. One of the specific usage named learning analytics (LA) uses these methods to achieve higher achievement in learning (Brown, 2012). The trend in contemporary education implementation is the shift from instruction design to learning design (Bozkurt, 2016). In this study, an implementation will be examined from the viewpoint of the learning analytics concept that one of the main components of the Education 4.0 level education institutions.

2. Learning Analytics (LA)

2.1 Occurrence of LA

In 2nd International Conference on Learning Analytics & Knowledge, learning analytics has been defined as "the measurement, collection, analysis, and reporting of data about learners and their contexts, for purposes of understanding and optimizing learning and the environments in which it occurs" (Society for LA Research; Brown 2012). As from 2011, adaptive technology in higher education gained recognition more widely, and after its maturing personalized learning was a great deal of discussion (Educase Horizon Report, 2020). In fact, personalized learning term is not new and Carol Ann Tomlinson who is one of the pioneers of differentiated education defined it as the adaptation of learning content, process and product according to the different readiness, interest and learning profile of the students (Tomlinson, 2014). The new here is the able to buy or build of digital platforms, applications and using big data technology. The maturation of learning analytics in higher education is affected by several factors such as leadership, cross-collaboration, and the coordination of technologies (Educase Horizon Report, 2020).

Learning analytics (LA) has at the top of the agenda of today's education systems as mentioned above. LA uses the learner individual and their learning processes data to improving learning systems based on evidence (Shum, 2012). Predictive modeling, social network analysis (SNA), user, usage tracking, content analysis, semantic analysis, suggestion systems are one of the learning analytics techniques and these techniques is used to identify and improve current learning process performance (Clow, 2013).

The shifting of learning processes transfer to online platforms has been increased in an unexpected way. Learning has become effective in online environments as well as in offline environments. Today's educational systems can collect and analyze the students'

digital traces and use these massive data called big data for an efficient feedback system to improve the e-learning process. The other related/similar concept called customized education is defined that a single organization, reaches out to the tertiary students with specific needs for an educational program. Regarding higher education, understanding the goals of higher education students, their learning styles, and the characteristics of learners are important elements in designing, delivering, and assessing courses to meet specific requirements. In the case of customized education, it is also necessary to take into consideration the needs of the industry and society, which will often include a transformational agenda (Bernon and Mena, 2013). But investing in adaptive technology only is not enough for the acquisition of learning outcomes which is the key to a meaningful education and many institutions have been confirmed this result by lessons learned from previous experiments of educational technology. It can be summarized some prominent LA practises as follows: (OECD 2012, Educase Horizon Report 2020).

i. Adaptive Learning in Elementary Spanish Language Courses: The University of Central Florida restructured the elementary Spanish language and civilization courses with this approach. Using adaptive learning and Open Educational Resources content they examined many problems for these courses and they gained results that more positive student perceptions and higher abilities.

ii. The Alchemy System: Personalized, Flexible, and Scalable Active Learning: The University of British Columbia developed the Alchemy learning platform that works for providing students with instant and specific feedback. Some of the important properties of this platform, make it possible to adapt delivery to different courses and curricula support flexible learning.

iii. Adaptive Learning in Teacher Education: At a study at Wisconsin University, it has been accomplished higher personalization and greater depth of learning approximately 50 percent of the content of a blended course by using adaptive learning. Professional Literacy Suite at Deakin University, BioSpine at Arizona State University, An Active and Adaptive Redesign of College Algebra at Oregon State University, and Student Success Using Learning Analytics at Iowa University are some of the important application examples of Adaptive Learning. Learning analytics has strength due to ensures the way to deliver unique designs for each learner, rather than reaching all learners with the same design. This ability can solve one of the main traditional education systems' problem called "one size fits all".

One of the examples of Learning Analytics Implementation Design (LAID) has been used three principles which are coordination, comparison, and customization (Wiley et al., 2020). Coordination principle has two aspects; conceptual coordination, logistical coordination. Corresponding of LA to educational objectives of the learning design is a necessity for conceptual coordination. This type of coordination is also compelling researchers to think that how terminal behavior, targetted outcomes would occurrence. The other coordination principle called logistical coordination is about giving support to teachers regarding when and how they access and use the LA. Variations of applications generally proceed from context, constraints, and preferences. The comparison principle has two aspects. One of the comparison principles is an absolute comparison based on an external, fixed standard such as rubric. Learning analytics uses similar entities such as education periods for relative comparison. Both principles are regarding the measures used to create analytics. The comparison principle is generally used for analysing the differences between the target level of learning outcomes and the realized level. For the customization principle implementing, researchers should be close together with teachers and system developers, and each teacher uniquely motivated and supported. Authors assume that for teachers which have a better understanding of their student's needs and generating a better pedagogical perspective, coordination, comparison, and customization principles have a significant role. At that point, it will be addressed an application obtained from a phd thesis (Dulger, 2012) regarding distance education student learning process evaluation with LA and LAID perspective. In the application, the purpose was to improve their e-learning process from the viewpoint of formative assessment.

2.2. Methodology

In the study, the learning performance of students of the Mathematics course of Sakarya University distance education was examined. The mathematics course of 7 units (sets, numbers, algebra, equations, functions, logarithm, and trigonometry) was first further developed as a modular approach divided into 28 SCOs (Sharable Content Objects). Subsequently, a learning performance test was developed for each learning object (LO). After the test items that measured the intended target behavior were first applied to the Computer Programming students for item analysis. Then, the most reliable and valid items were selected and applied to the students of the Electronics Technology Programme. The aim was to measure the performance of students with a view to it being used more extensively. Data consists of responses from students of The Electronic Technology Programme which offer distance learning at associate degree level in the fall semester of the 2010-2011 academic year and who wanted to know more about their own learning for formative purposes. Respectively; 107 people participated in the Sets test, 93 people participated in the Numbers test, 101 people participated in the Algebra test, 89 people participated in the Equations test, 105 people participated in the Functions test, 88 people participated in the Logarithm and Trigonometry tests. The steps of application can be listed as in what follows: Analysing maths course according to the modular approach, development of learning performance tests for measuring the learning outcomes, deliver to the first group (Computer Programming Program) on Learning Management System (LMS), validity and reliability analysis, implementation in the other group (Electronic Technology Program) on LMS, evaluation of results.

2.2.1 An example of LA Implementation Design (LAID)

Many e-learning systems managers prefer object based infrastructure due to efficiency. In this study learning objects used for learning unit. Learning objects configures independent of one another one, reusable for different purposes and contexts, updatable, may be combinable for content creating, tagged with identifying information, pieces of information can be accessed over the network. In the study, the e-learning performance of students was examined. The mathematics course of 7 units (sets, numbers, algebra, equations, functions, logarithm, and trigonometry) was first further developed as a modular approach divided into 28 SCOs (Sharable Content Objects). The implementation stages of LAID principles can be seen below.

- Conceptual Coordination Principle

Qualification Of Mathematic based on Quality Assurance System

Interpret and evaluate data, define problems, do analysis, produce solutions based on proof with using basic level knowledge and practices gained within the field.

Restructuring Of Math

Mathematics course which consist of 7 units (sets, numbers, algebra, equations, functions, logarithm and trigonometry), can developed through a modular approach and divided into 28 learning objects.

Defining Learning Outcome Of Numbers Unit

He/She converts very small-very large numbers by processing with fractions. He/She operates with exponential-root numbers and equations. He/She solves absolute value problems; He/She converts number systems into each other.

Defining Learning Outcomes Of Each Learning Objects of Numbers Unit

For rational numbers, to be able to solve four operation and ranking problems in rational numbers. It has been defined for all LO - For rational, decimal, exponential, root numbers, absolute value, number systems.

Defining Learning Outcomes Of Each Information Objects

For rational numbers it has been four reusable information object (RIO). For ranking in rational numbers, the learning outcome of RIO is, he/she ranks rational numbers in different formats.

It has been structured the math course according to modular approach and delivered to LMS as following below.

Dosya Adı	Dosya Boyutu	Son Güncelleme
İndir adampyo_MAT115_H01.zip	26615.01 KB	18.09.2009 14:47:07
İndir MAT_FNK_P01.zip	15528.81 KB	05.07.2010 09:35:37
İndir MAT_FNK_P02.zip	12061.19 KB	01.11.2009 14:17:49
İndir MAT_FNK_P03.zip	19672.56 KB	08.11.2009 10:47:39
İndir MAT_LOG_P01.zip	8489.35 KB	13.11.2009 23:15:58
İndir MAT_LOG_P02.zip	12701.60 KB	13.11.2009 23:16:11
İndir MAT_LOG_P03.zip	7377.58 KB	13.11.2009 23:16:24
İndir MAT_M01_P04.zip	23063.38 KB	02.10.2009 02:17:42
İndir MAT_M01_P05.zip	11748.76 KB	02.10.2009 02:17:55
İndir MAT_M01_P06.zip	18118.02 KB	02.10.2009 02:18:10
İndir MAT_M02_P01.zip	28274.04 KB	21.06.2010 01:37:06
İndir MAT_M02_P02.zip	17223.10 KB	31.10.2009 09:25:14
İndir MAT_M02_P03.zip	16502.52 KB	18.10.2009 02:20:22
İndir MAT_M02_P04.zip	11545.54 KB	29.05.2010 13:41:10

Figure 1. The mathematic course SCORM packages

Sakarya Üniversitesi
Adapazarı Meslek Yüksekokulu
Bilgisayar Programcılığı Programı

Şu anda buradasınız: Anasayfa > Derslerim > MATEMATİK I

DERSLER TAKVİM FORUM MESAJLARIM DUYURULAR

Yardım Destek

MAT115 - MATEMATİK I - A

4. Hafta

Ders Aktiviteleri (Hafta 4)

Aktivite Adı	Durum	Tarih	İşlemler
4.Hafta e-ders (Çarpanlara Ayırma ve Özdeşlikler)			→ ✎ 🗑️
4.Hafta e-ders (Polinomlar)			→ ✎ 🗑️
Ders Forumu	2 Yeni konu var		→ ✎ 🗑️

Figure 2. The mathematic course SCORM packages

Subsequently, a learning performance test based on qualification framework was developed, applied to test group for each learning object.

Sakarya Üniversitesi
Adapazarı Meslek Yüksekokulu
Bilgisayar Programcılığı Programı

Şu anda buradasınız: Anasayfa > Derslerim > MATEMATİK I

DERSLER TAKVİM FORUM MESAJLARIM DUYURULAR

Yardım Destek

MAT115 - MATEMATİK I - A

4. Hafta

Ders Aktiviteleri (Hafta 4)

Aktivite Adı	Durum	Tarih	İşlemler
4.Hafta e-ders (Çarpanlara Ayırma ve Özdeşlikler)			→ ✎ 🗑️
4.Hafta e-ders (Polinomlar)			→ ✎ 🗑️
Ders Forumu	2 Yeni konu var		→ ✎ 🗑️
MAT115 ÇARPANLARA AYIRMA VE ÖZDEŞLİKLER TESTİ		15 Ekim 2010 13:00 - 22 Ekim 2010 23:45	→ ✎ 🗑️
MAT115 POLİNOMLAR TESTİ		15 Ekim 2010 13:00 - 22 Ekim 2010 23:45	→ ✎ 🗑️

Figure 3. The mathematic course e-learning tests

Informing about the purpose of this tests can be seen in Figure 4.

MAT115 öğrenme testi 1

Kalan Sınav Süresi: 30 saniye

Bu test "Kümeler" öğrenme nesnesinin "Küme kavramı ve özelliklerini açıklayarak küme işlemleri ile ilgili problemleri çözebilme" öğrenme çıktısını kazanımı konusundaki performansınızı ölçmek amacıyla hazırlanmıştır.

Test;

- Küme Kavramı ve Küme Gösterimi
- Küme Çeşitleri
- Alt Küme ve Özellikleri
- Birleşim-Kesişim Küme ve Fark İşlemi
- Evrensel ve Tümlen Küme
- Küme Problemleri

başlıkları altında hazırlanmış 14 sorudan oluşmaktadır ve sonuçlar e-posta adresinize gönderilecektir.

Başarılar dileriz.

Sınav Şartlarını Kabul Ediyorum

Sınavı Başlat

Figure 4. Information display of Sets Learning Object Learning Test

The questions have been formed appropriate to measure the breakdowns of learning outcomes. All breakdowns of learning outcomes have been defined respectively to monitoring throughout the process to intervene. It can be seen an example for numbers unit and its objects in Figure 5 (Dulger and Merrell, 2017).

UNIT	RLO	Learning Outcomes of RLO	RIO	Learning Outcomes of RIO	
2 NUMBERS	2.1 RATIONAL NUMBERS	To be able to solve four operation and ranking problems in rational numbers	2.1.1	Fraction, fraction types, simplification and expansion of fraction	He/she can make operations related to fraction concept and features
			2.1.2	Four Operations in Rational Numbers	He/she solves problems related to rational numbers
			2.1.3	Infinite Fractions	He/she solves problems when the numerator and the denominator of a fraction goes infinite
			2.1.4	Ranking in Rational Numbers	He/she ranks rational numbers in different formats
	2.2 DECIMAL NUMBERS	To be able to do decimal fraction operations given by decimal numbers, to be able to do conversion in repeating decimal numbers and in too big - too small numbers	2.2.1	Four Operations in Decimal Numbers	He/she solves problems related to decimal and repeating
			2.2.2	Too Big - Too Small Numbers	He/she converts numbers which positive and negative powers of "10" to decimal fractions
	2.3 EXPONENTIAL NUMBERS	To be able to be operation using exponential numbers and its features, to be able to solve related to exponential equations and inequalities	2.3.1	Exponential Numbers and Features	He/she recognizes the concept of exponential numbers and express its features
			2.3.2	Operations with Exponential Numbers	He/she solves problems related to exponential numbers
			2.3.3	Exponential Equations and Inequalities	He/she solves problems related to exponential equations and inequations
			2.4.1	Root Numbers and Features	He/she recognizes the concept of root numbers and
	2.4 ROOT NUMBERS	To be able to interpret the relationship between root and exponential numbers, to be able to use the root number properties and perform operations, to be able to solve problems related to root equations and inequalities	2.4.2	Operations with Root Numbers	He/she solves problems related to root numbers
			2.4.3	Root Equations and Inequalities	He/she solves problems related to root equations and inequations
			2.4.4	Operations with Exponential&Root Numbers	He/she can interpret relationship between exponential and root numbers
			2.5.1	Concept of Absolute Value and Operations	He/she solves problems belong to absolute value of a real number
	2.5 ABSOLUTE VALUE	To be able to be operation related to the concept of absolute value, to be able to solve problems of absolute value inequalities			
	2.6 NUMBER SYSTEMS	To be able to make transactions about binary, octal, hexadecimal numbers, to be able to solve the problem by number converting from ten base to wanted base	2.6.1	Decimal-Binary-Octal-Hexadecimal Number Systems	He/she can make operations related to binary, octal, hexadecimal numbers in number systems
			2.6.2	Convert from decimal base	He/she converts from decimal base to wanted base

Figure 5. Outcome definitions for numbers unit learning objects (RLO) and information objects (RIO)

- Logistical Coordination Principle

After the test items that measured the intended target behaviour were first applied to the Computer Programming students who were the subject group, item analysis (difficulty index, discrimination index and test reliability) was performed. The tests developed, written, administered and the materials were evaluated by a group of four specialists one of whom was a subject matter expert, one of whom was a measurement and assessment expert, one of whom was the system manager and the other of whom was the author of this paper.

Item and Test Analysis Program -- ITEMAN (tm) for Windows Version 3.50

Item analysis for data from file C:\ITEMANW\ESITSIZ.DAT

*****ANALYSIS SUMMARY INFORMATION*****

Type of Scale DICHOT

N of Items 8

N of Examinees 53

Item Statistics Alternative Statistics

Seq. No. Scale -Item Prop. Correct Disc. Index Point Biser. Alt. Prop. Endorsing Total Low High Point Biser. Key

1 1-1 .30 .68 .71 A .19 .19 .11 -.22

B .21 .38 .00 -.33

C .13 .31 .05 -.28

D .13 .13 .16 -.02

E .30 .00 .68 .71 *

Other .04 .00 .00 -.05

2 1-2 .49 .62 .47 A .15 .19 .26 .06

B .49 .06 .68 .47 *

C .04 .13 .00 -.25

D .23 .56 .05 -.41

Alpha 0.583

SEM 1.248

Mean P 0.370

Mean Item-Tot. 0.503

Mean Biserial 0.645

Max Score (Low) 1

358

Then, the best items selected and applied to the students of the Electronics Technology Programme.

Figure 6. Implementation of the verified performance test to the Electronic Technology Programme Students

- *Comparison Principle*

Data consists of responses from students of The Electronic Technology Programme which offer distance learning at associate degree level in the fall semester of the 2010-2011 academic year and who wanted to know more about their own learning for formative purposes. If the measured learning performance is above 50%, it is accepted as successful and below it as unsuccessful, and this acceptance has been a guide in the feedback given to the students. It is thought that the absolute comparison which is the principles of comparison principles is matched this approach.

- *Customization Principle*

In the study, firstly their learning performance was measured on the basis of learning outcome level, and it was stated that they had to re-work on the object they performed below 50%. As can be seen from the Figure 7, the performances of the students regarding the learning objects and their sub-breakdowns are included separately, and the student was informed about the learning outcome acquisition. The results were sent to the e-mail addresses of the students via a software as shown in Figure 7.

KATSAYI	KONU ISMI	PERFORMANS
0,5	Orantı Çeşitleri	%33,33
0,3	Ortalamalar	%33,33
0,2	Orantının özellikleri	%66,67

Figure 7. Customized report example about e-learning performance for learning object

As can be seen from the Figure 8, guidance was made for individual questions via mathematic course forum in LMS to improving their learning performance, if needed.

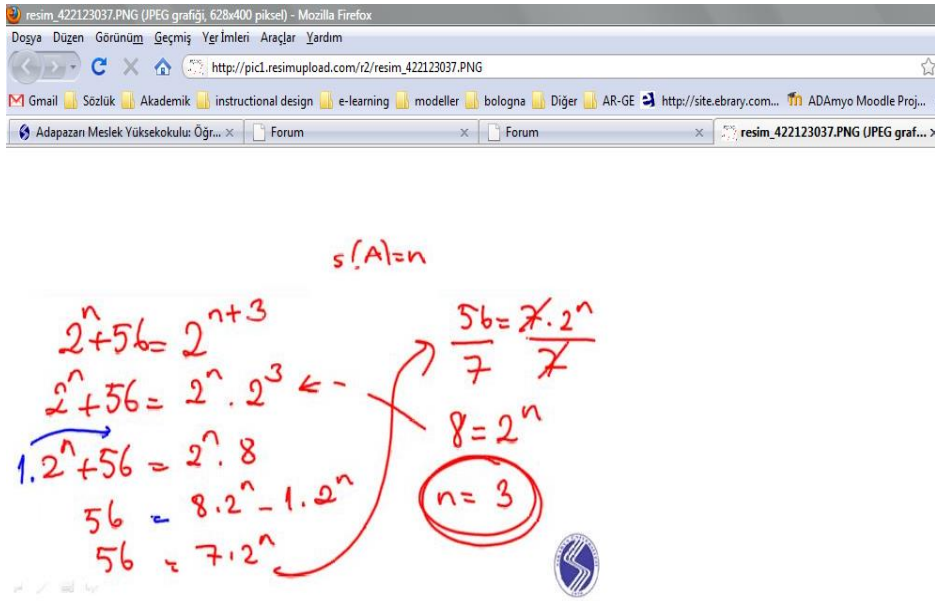


Figure 8. A guidance example for individual questions to improving their learning performance

3. Findings and Results

For Electronic Technology Program students; Sets 72.98% Numbers 68.10% Algebra 65.33% Equations and Inequalities 78.60% Functions 59.87% Logarithm 51.09% Trigonometry 40.32% results were obtained at the point of learning outcomes. One of the consequences is the trigonometry unit that is the most challenging for the Electronic Technology Programme students, with the lowest performance. The other consequence is the equations unit that is the easiest for the Electronic Technology Programme students, with the highest performance. It is thought that LAID principles are matchup to the previous studies and useful for understanding student learning that is the initial condition of Learning Analytics. Restructuring the mathematical course with a modular approach based on RLO and RIO is appropriate to coordination principle. For comparison principle, basic assumption was %50. Another thought is, it should be more detailed for personalization more especially for successful ones and provide additional sources and guidance. As to the informing pedagogical action, it is thought that the current implementation useful for the customization principle.

4. Conclusions

Learning Analytics has a significant role for today's education systems effectiveness because of can makes possible intervene on-time, manage and shape learning process, to prevent low performance, gaining good quality product (dissertation, student projects and other student studies). E-learning has become widespread due to such reasons as access flexibility, eliminating geographical barriers, and improving convenience and effectiveness for customized and collaborative learning. On the other hand, it could be said that it has some drawbacks such as lack of peer contact and social interaction, high initial costs for preparing multimedia content materials, substantial costs for system maintenance and updating, as well as the need for flexible tutorial support (Wu et al., 2009). With this study, a systematic approach restructuring the e-course with regard to quality assurance system was created and thus the acquisition of learning outcomes could be easier. While doing this, modularity- which was an important approach for distance education- was adopted, and the degree of acquisition of defined learning outcomes for each learning object was analyzed. In the implementation, it has been analyzed the components of learning math and learning performance tests generated for each learning object to monitor student's learning performance to be able to intervene in their learning process, if needed.

This implementation executed for electronic technology program students and it is thought that the created software for personalized suggestions were an useful example for customized education. Within the scope of the study, it has been evaluated their e-learning performance but after advices, no more action made for tracking their new learning situation. To complete the loop for continuous improvement, it is thought that we should perform a second measurement to ensure increasing learning process quality using LAID and this approach should extend to whole e-learning students.

References

Benesova A., Tupa J. (2017). "Requirements for Education and Qualification of People in Industry 4.0, 27th International Conference on Flexible Automation and Intelligent Manufacturing, Italy
 Bernon M, Mena C. (2013). "The evolution of customised executive education in supply chain management", Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 18 Issue: 4, pp.440-453, <https://doi.org/10.1108/SCM-07-2012-0262>

- Brown, M. (2012). "Learning Analytics: Moving from Concept to Practice", ELI Briefs, Educase Learning Initiative, <https://library.educause.edu/resources/2012/7/learning-analytics-moving-from-concept-to-practice>, Access date: 05.06.2020
- Bozkurt, A. (2016). "Öğrenme analitiği: e-öğrenme, büyük veri ve bireyselleştirilmiş öğrenme". *AUAd*, 2(4), 55-81.
- Clow, D. (2013). "An overview of learning analytics". *Teaching in Higher Education*, 18(6) pp. 683–695.
- Dursun T, Oskaybas K, Gokmen C. 2013. "The Quality Of Service Of The Distance Education." 13th International Educational Technology Conference. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 103: 1133 – 1151 doi: 10.1016/j.sbspro.2013.10.441
- Dülger E., (2012). "Yükseköğretimde uzaktan eğitim performansının ölçme ve değerlendirilmesi için bir model önerisi", Doktora tezi, Sakarya University, Turkey
- Dülger, E., Merrell C. (2017) "Evaluation of the Mathematics Performance of Distance Education Students with Rasch Model in Higher Education: Sakarya University Case Study.", 11th Annual Rasch User Group Meeting, University of Warwick, UK.
- Educase Horizon Report. (2020). Teaching and Learning Edition, <https://library.educause.edu/resources/2020/3/2020-educause-horizon-report-teaching-and-learning-edition>, Access date: 15.09.2020
- Grajek, S. (2016). "Digital Capabilities in Higher Education, 2015: E-Learning" Research report, Louisville, CO: ECAR. <https://library.educause.edu/~media/files/library/2016/8/ers1606.pdf>, Access date: 01.04.2017
- OECD Report. 2012. Assessment Of Higher Education Learning Outcomes. AHELO Feasibility Study Report. Vol 1. Design and Implementation.
- Shum, B. (2012). Learning Analytics. UNESCO Policy Brief. http://iite.unesco.org/files/policy_briefs/pdf/en/learning_analytics.pdf (Access date: 05.10.2016)
- Society for Learning Analytics Research (SOLAR), <https://www.solaresearch.org/core/>, Access date: 15.08.2019
- Tomlinson, C.A. (2014), "Öğrenci Gereksinimlerine Göre Farklılaştırılmış Eğitim", Sev Yayınları
- Wiley K.J., Bradford A., Dimitriadis Y., Linn M.C. (2020). "From Theory to Action: Developing and Evaluating Learning Analytics for Learning Design", LA and Knowledge (LAK '20), March 23–27, 2020, Frankfurt, Germany.
- Wu, Jen-Her, Robert D. Tennyson and Tzyh-Lih Hsia. 2009. "A study of student satisfaction in a blended e-learning system environment." *Computers & Education* 55: 155-164, doi: 10.1016/j.compedu.2009.12.012



Blockchain-Based Data Security in Military Autonomous Systems

Pelin Angin^{1*}

¹ Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-6419-2043)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.824196)

ATIF/REFERENCE: Angin, P. (2020). Blockchain-based Data Security in Military Autonomous Systems. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 362-368.

Abstract

Advances in technology have enabled the increased use of autonomous systems such as unmanned aerial vehicles (UAVs) in military operations and other critical military communications. While the use of autonomous systems has greatly facilitated military operations, provided a global view of the operational environment and eased sensitive data collection, making possible reduced casualties, it has also created a greater cyber attack surface due to its high level of automation. The existence of adversaries targeting this attack surface can seriously damage military operations by tampering with critical message content used in autonomous systems decision making. In order to ensure the successful operation of autonomous military systems, mechanisms must be developed to strictly protect the integrity of the collected / exchanged data and messages, and an immutable record of each message must be provided. These mechanisms should also be used to control autonomous systems under critical failures or attacks occurring during or after military operations. Blockchain has recently emerged as a technology that provides a decentralized architecture to achieve an unchangeable history of interactions between parties that are part of a distributed network. While blockchain is currently used in various fields such as cryptocurrencies, supply chain management and e-voting systems, it also has the potential to provide secure communication in autonomous systems. In this study, a blockchain-based communication architecture is proposed that guarantees integrity assurance and permanent recording of messages exchanged between all parties, including UAVs and ground control stations, in a military autonomous system network. The proposed secure communication architecture has been theoretically evaluated in terms of its resistance to the types of cyber attacks frequently encountered in distributed systems, and it has been shown to provide protection against attacks that compromise data integrity as well as spoofed authentication attempts. The proposed blockchain-based architecture is promising to increase the resilience of military autonomous systems against cyberattacks that aim to hurt the success of military operations through data content manipulation.

Keywords: Blockchain, unmanned aerial vehicles, military autonomous systems, security.

Askeri Otonom Sistemlerde Blokzincir Tabanlı Veri Güvenliği

Öz

Yakın dönemde teknolojiye yaşanan gelişmeler, askeri operasyonlarda ve diğer kritik askeri iletişimlerde insansız hava araçları (İHA'lar ve SİHA'lar) gibi otonom sistemlerin artan kullanımına olanak sağlamıştır. Otonom sistemlerin kullanımı askeri operasyonları büyük ölçüde kolaylaştırmış, hassas veri toplama ve operasyon ortamına küresel bir bakış sağlamış ve kayıpları azaltmış olsa da, içerdiği yüksek otomasyon seviyesi nedeniyle daha büyük bir siber saldırı yüzeyi yaratmıştır. Bu saldırı yüzeyinin düşmanlar tarafından kullanılması, otonom sistemlerin karar vermesinde kullanılan kritik mesaj içeriğinin manipüle edilmesi yoluyla askeri operasyonlara ciddi şekilde zarar verebilir. Otonom askeri sistemlerin başarılı bir şekilde çalışmasını sağlamak için, toplanan / değiş tokuş edilen veri ve mesajların bütünlüğünü sıkı bir şekilde koruyacak mekanizmaların geliştirilmesi ve her mesajın değişmez bir kaydının sağlanması gerekir. Bu mekanizmalar ayrıca askeri operasyon sırasında veya sonrasında meydana gelen kritik arızalar veya saldırılar altında otonom sistemleri denetlemek için de kullanılabilir olmalıdır. Blokzincir, dağıtık bir ağın parçası olan taraflar arasında değiştirilemez bir etkileşim geçmişi elde etmek için merkezi olmayan bir mimari sağlayan bir teknoloji olarak yakın zamanda ortaya çıkmıştır. Blokzincir şu anda kriptoparalar, tedarik zinciri yönetimi ve e-oylama sistemleri gibi çeşitli alanlarda kullanılırken, aynı zamanda otonom sistemlerde güvenli iletişim sağlama potansiyeline de sahiptir. Bu çalışmada, bir askeri otonom sistem ağındaki İHA'lar ve yer kontrol istasyonları dahil tüm taraflar arasında değiş tokuş edilen mesajların bütünlük güvencesini ve kalıcı bir kaydını garanti eden blokzincir

* Corresponding author: Middle East Technical University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-6419-2043), pangin@ceng.metu.edu.tr

tabanlı bir iletişim mimarisi önerilmiştir. Önerilen güvenli iletişim mimarisi dağıtık sistemlerde sıklıkla rastlanılan siber saldırı türlerine dayanıklılığı açısından incelenmiş, veri bütünlüğünü bozma ve kimlik denetimini yanıltma saldırılarına karşı koruma sağladığı gösterilmiştir. Blokzincir tabanlı bu mimari, askeri ortamlarda son derece güvenilir iletişimi sağlama ve bu sistemleri veri içeriği manipülasyonu yoluyla yanıltmayı amaçlayan siber saldırılara karşı direnç artırmayı vaat etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Blokzincir, insansız hava araçları, askeri otonom sistemler, güvenlik.

1. Introduction

The use of autonomous systems such as unmanned aerial vehicles (UAVs) in military settings has become exceedingly commonplace in the past decade due to the advantages they provide, including reduced casualties, an enhanced and comprehensive mapping of the field of operation and fast decision-making capabilities they provide. Common scenarios include swarms of unmanned combat aerial vehicles sent out for missions to dangerous territories, where human life should not be risked, UAVs for reconnaissance missions and military aid delivery among many others. In such settings, the nodes in the autonomous system network almost always need to communicate with the other nodes to take collective actions based on the data they gather using their various sensors. Such decisions can include coordinating routes to be taken to prevent collisions or actions to be taken by drones based on environment conditions, analysis of captured video etc. It is important to rely on data validated by multiple autonomous systems in such critical missions, as making mistakes due to malfunctioning or misguided decisions of some of the nodes in the network could have grave consequences.

While military autonomous systems provide the abovementioned advantages, they suffer from an enlarged cyberattack surface that could be exploited by adversaries to alter the decisions made by these systems, which could seriously damage mission-critical operations. The integrity and accuracy of the data collected by military autonomous systems is of utmost importance due to their effects on the success of the decisions taken by networks of these systems. It is also important to record an immutable history of these decisions and the actions taken by the nodes in autonomous system networks in order to effectively trace back faults that occur in these systems and attribute them to particular nodes, which helps solve the issues swiftly to provide high fault tolerance and protect these systems against attacks by adversaries.

The blockchain technology became an increasingly popular solution in the past few years (Bahtiyar et al., 2020) for providing decentralized trust and security in many digital systems after its success with Bitcoin (Nakamoto, 2008). As blockchain removes the requirement for a trusted third party in a transaction system, it has been applied in domains such as access management (Di Pietro et al., 2018), digital content distribution (Kishigami et al., 2015), supply chain management (Hofmann & Johnson, 2016), smart contracts in the Internet of Things (IoT) domain (Christidis & Devetsikiotis, 2016), distribution and verification of sensitive business documents (Aitzhan & Svetinovic, 2016), enhancing privacy in healthcare (Yue et al., 2016; Aydar & Çetin, 2020), firmware update of embedded devices (Lee & Jong-Hyouk, 2016) and many more.

Although blockchain has been used in many fields ranging from supply chain management to cryptocurrencies and electronic voting, its use in the military communications domain has been quite limited so far. Sudhan & Nene (2017) proposed using blockchain for providing integrity and provenance of data shared in military operations. Tosh et al. (2018) proposed a blockchain-based platform for Internet-of-Battlefield Things (IoBT) to handle trust, security, and privacy challenges that arise in battlefield data exchanges. Wrona & Jarosz (2019) proposed an architecture for secure metadata binding in military IoT using blockchain technologies compliant with STANAG 4774 and 4778. Jensen et al. (2019) proposed the application of blockchain technologies to provide security against threats for the UAV swarm environment, however details regarding group communication in the autonomous system network were not provided.

In this work, we propose a blockchain-based approach for ensuring the integrity of messages exchanged between the nodes in a military autonomous system network by creating a permissioned blockchain. The design of the blockchain considers the aspects of device authentication, privacy-preserving communication and verification of messages before they are used for making decisions by the nodes in the network and are committed to the blockchain. We study common attacks in military autonomous system communications and evaluate the security of the proposed solution against the identified threats. As opposed to previous work, the approach we propose in this paper is a more generalized secure communications architecture for military autonomous systems, applicable to different scenarios and types of nodes in the network.

2. Material and Method

2.1. Blockchain Overview

A blockchain is a distributed ledger that a group of networked independent parties maintain. It provides an immutable record of data in a peer-to-peer (P2P) network, where nodes validate all transactions against the ledger, using the cryptographic hash of each data block in the chain, which provides a link to the previous block (Angin et al., 2018). For each new transaction, the transaction message is broadcast to the whole network and a distributed consensus algorithm is run by special participants of the network, the validators, to include the message in the ledger (Laurence, 2017). Eventually a consistent copy of the ledger is attained by the whole network, enabling transaction transparency. One of most important features of blockchain for providing security at scale is that it does not rely on trust in network nodes, and no central trusted authority is involved. The security of blockchain relies purely on cryptography and distributed consensus in the network (Angin et al., 2018).

Among important properties of blockchain, which make it an important tool for security and trust in complex and unknown operation environments are the following:

- The distributed ledger in blockchain is a list of records that continuously grows and provides a history of all interactions/transactions that were ever committed to the ledger in its lifetime. This provides the chance to track the history of transactions, and because the ledger is maintained by a large number of nodes, protection against data loss is provided. In the event of failure of one node, which is common in environments like military settings, the data in the ledger can be easily recovered from the other participant nodes. Through this property, the ledger can serve like the black box in an airplane, recording everything that happened during the operation of the network, which will be available for investigation later as well.
- A high-level structure of *chaining* of blocks using cryptographic hashes in blockchain is shown in Figure 1. Here each block contains a block identifier, a timestamp declaring when the block was formed, a cryptographic hash value calculated based on the contents of the block, the cryptographic hash value of the block whose index immediately precedes this block and the data items in the block. The chaining of transaction blocks using cryptographic hashes of previous blocks makes it computationally very hard to change anything in the history the ledger. This property protects the ledger from malicious tampering, which is significant in safety-critical environments such as military operations by autonomous systems.
- The security of the network does not strongly rely on trustworthiness of individual nodes. Transactions are committed to the ledger based on consensus, going through the validation by multiple nodes in the network. Depending upon the consensus algorithm used, as discussed in the subsection below, the network is able to tolerate failures or adversarial actions of some of the nodes and still function correctly. This provides a high degree of integrity assurance for all data recorded in the ledger.

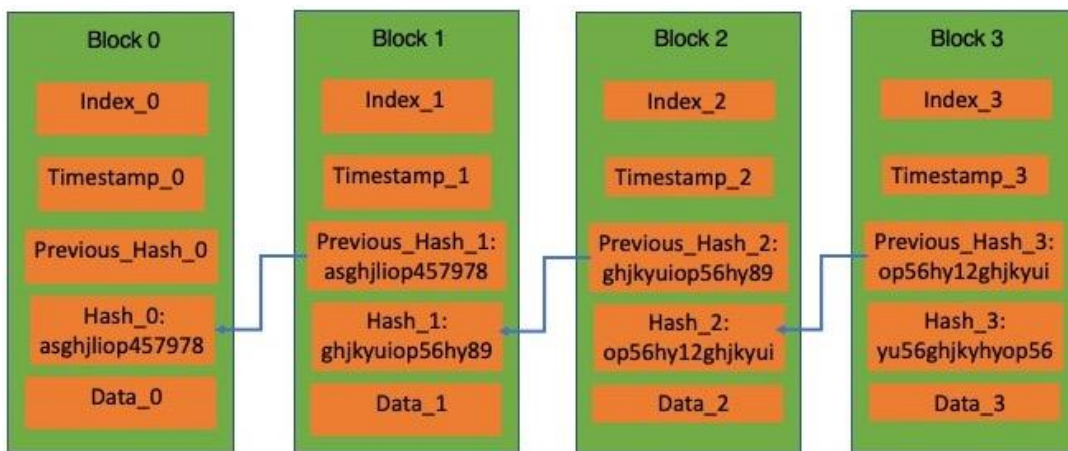


Figure 1. Blockchain structure

2.1.1. Distributed Consensus in Blockchain

Central to the security provided by blockchain are distributed consensus algorithms, especially in highly complex and unknown environments, where it is difficult to trust all nodes participating in a network. As decisions regarding the transactions to include in the distributed ledger are made collectively by the participant nodes, how the decision is taken, especially in safety-critical systems with possibly malfunctioning or adversarial nodes, is vital for the correctness of the operation of the system.

The blockchain literature includes many consensus algorithms that have been designed for different purposes, taking into consideration various parameters like membership methods, network size, real time requirements, fairness etc. The computation-heavy proof of work (PoW) was the preferred consensus method in the early days of blockchain, due to networks consisting of completely unknown, public participants, who could not be trusted. With the evolution of blockchain structures allowing for permissioned and private networks with finer-grain access control, more lightweight consensus mechanisms were designed. In the context of a military setting, where collective actions need to be taken and some of the nodes might be unreliable due to operational failures or being captured by adversaries, utilization of a fault-tolerant consensus mechanism is of utmost importance. One such algorithm that was originally designed to solve the famous Byzantine Generals Problem in the distributed systems literature is Practical Byzantine Fault Tolerance (PBFT) (Castro & Liskov, 1999). PBFT provides the ability to reach correct distributed consensus in an environment where there are $3F+1$ nodes and at most F nodes among those are unreliable.

Istanbul Byzantine Fault Tolerance (Moniz, 2017) on the other hand, is an adaptation of PBFT for blockchain. Figure 2 below demonstrates how IBFT works using a state diagram.

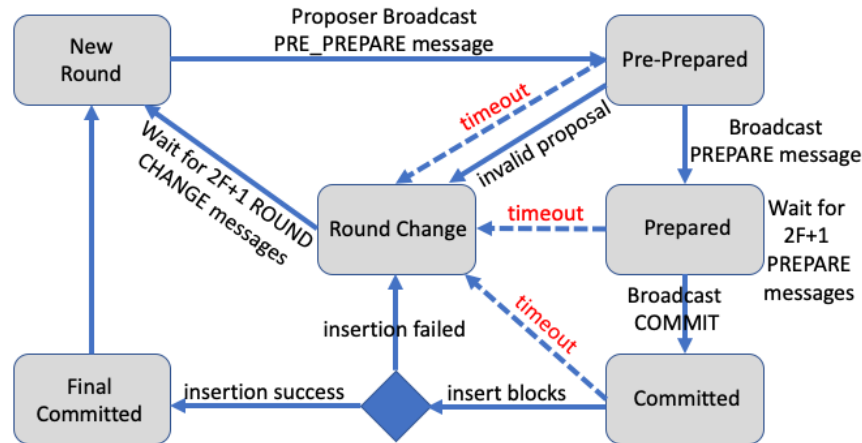


Figure 2. State diagram of Istanbul Byzantine Fault Tolerance (re-created from (Moniz, 2017))

The algorithm basically executes the following processes through its runtime:

- **Validator selection:** A validator called “the proposer” is chosen in a round-robin fashion from among all possible validator nodes in the network.
- **New block proposal:** The selected validator proposes a new block to the other nodes with a PRE-PREPARE message.
- **Validator checks:** Each validator receiving the message and validating the block broadcasts a PREPARE message, which has the purpose of making sure all validators are processing the same block and are on the same round. In this state, each validator waits until they receive $2F+1$ PREPARE messages, at which point they are ready to commit the block.
- **Commit phase:** In the COMMIT phase, each validator informs others that it is ready to integrate the block into its copy of the ledger. After receiving $2F+1$ COMMIT messages, each validator commits the transaction into the ledger.

2.2. Proposed Approach

Our proposed approach provides secure, integrity-preserving communication between the nodes in an autonomous military network by integrating the messages sent by each node into the distributed ledger maintained by the nodes collectively. Note that as opposed to a public blockchain, where nodes are allowed to become part of the network without meeting any special conditions, the blockchain network proposed in this work is a permissioned network, where nodes need special approval before they can be included in the network and each may have different roles. Due to the closely controlled membership in the permissioned network, a computationally expensive consensus mechanism such as proof-of-work (PoW) as in Bitcoin (Nakamoto, 2008) is not needed. The particular consensus mechanism we propose to use in this work is Istanbul Byzantine Fault Tolerance (IBFT) as described above, which ensures that as long as less than one-third of the nodes in the network are faulty or malicious, correct consensus will be reached. For achieving the privacy of message communication, a group key is established using any secure group key management protocol such as in the work of Fernandes & Duarte (2011), which handles processes like group membership changes and key revocations.

Let

G : Group key established between the nodes in the military autonomous system network

$a(X)$: Public key of UAV_X

$p(X)$: Private key of UAV_X

$E_G(M)$: Symmetric encryption of data item M using secret key G

$D_G(C)$: Symmetric decryption of ciphertext C using secret key G

$f(p, t)$: Digital signature on transaction t , signed using private key p

$v(t, s, a)$: Validation of signature s on transaction t using signer’s public key a

ID_X : Identifying information for UAV_X

The communication of a single data item M in the system (e.g. a thermal reading, LIDAR data, hyperspectral image data etc.) works as follows:

1. The sender node UAV_X prepares the ciphertext and appends identifying information in the established transaction format:

$$C = E_G(M)$$

$$t = C \parallel ID_x \text{ (where } \parallel \text{ is the concatenation symbol)}$$

2. UAV_X signs the transaction:

$$Sig = f(p(X), t)$$

$$Msg = (t, Sig)$$

Msg is disseminated in the network by each receiving node using a gossip protocol as seen in Figure 3.

Upon receipt of Msg, the following operations are performed by each node in the network:

1. Check = v(t, Sig, a(X))
2. if Check = invalid signature, discard Msg and perform no action
else go onto Step 3
3. Extract C from t
4. M' = D_G(C)
5. If Step 4 fails, stop
else go onto Step 6
6. Check the content of M' and prepare verification vote to broadcast to the network
7. Run consensus

An overview of the signature verification process for the received data items is demonstrated in Figure 4. During the consensus phase, upon receiving the same vote from at least two-thirds of the network, each node integrates the data item into their copy of the ledger and takes an action based on its content if the item requires them to take any action. To illustrate, let us assume that the data broadcast in the network is the estimated location of a specific target and the action to be taken based on consensus in the network is to fly to that location if the current position of a UAV is within a certain threshold of the target. The location estimate will be broadcast by one of the nodes in a transaction message and verified by others in the blockchain network. If it is not approved by a sufficient number of nodes in the network based on the consensus algorithm, the target location will not become part of the distributed ledger and no action will be taken by the nodes in the network based on this piece of information. This verification process protects the network from being misguided by adversaries trying to attract other nodes with decoys or malfunctioning nodes creating incorrect data. The formation of transaction blocks and block chaining with the cryptographic hash of each block is handled by the specific blockchain platform of choice.

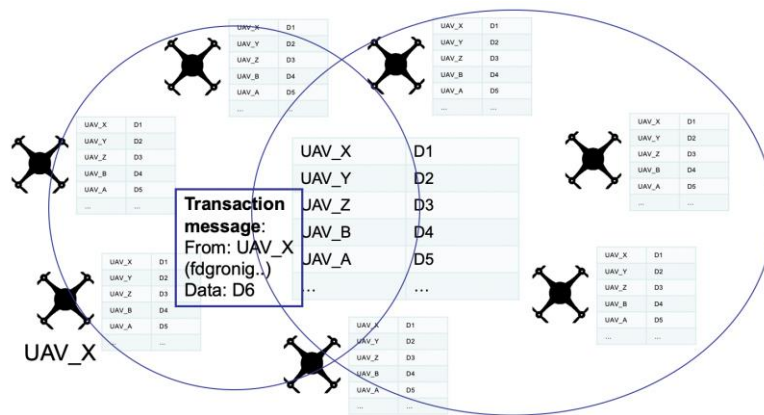


Figure 3. Transaction broadcast in military autonomous system blockchain

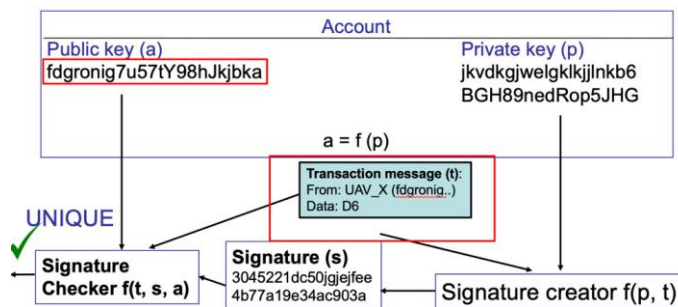


Figure 4. Military autonomous system node signature verification

3. Results and Discussion

In this section, we provide a security evaluation of the proposed approach against common possible attacks on and failures in military autonomous systems. Table 1 summarizes the security properties provided by the blockchain-based military autonomous system communications approach and the mechanisms within the solution, which provide each security property.

3.1. Attacks against Data Integrity

Messages in military autonomous networks could face many attacks on their integrity to disrupt operations, and message integrity could also be breached due to bit errors in communication.

Let an adversary replace the content of message $Msg=(t, Sig)$ broadcast by UAV_X with $Msg2=(t2, Sig)$, where $t \neq t2$. When node UAV_Y receives $Msg2$, $v(t2, Sig, a(X))$ will fail, as $Sig = f(p(X), t)$. Hence, messages in the network are protected from tampering due to the use of digital signatures on the messages, which would not pass verification by the peer nodes in case of alteration.

Let us further consider the case where the adversary sends $Msg3 = (t3, Sig3)$, where $t3 = C' \parallel ID_X$. When UAV_Y receives $Msg3$, it will first run $v(t3, Sig3, a(X))$. This will fail, as the adversary cannot create $Sig3$ verifiable using $a(X)$, due to not being in possession of $p(X)$. Hence, tampering with either the signature or the message itself will result in the message being discarded by all honest nodes in the network.

Attacks against data integrity can also target historical data on the ledger. Let adversary E try to modify data in block B_X of the ledger. This will require updating the hash value of B_X in at least two-thirds of all copies of the ledger in the network. Furthermore, the hash value of B_{X+1} also depends on the hash value of B_X , the hash value of B_{X+2} depends on the hash value of B_{X+1} and so on, until the last block in the ledger. Trying to change any data in B_X will therefore require recalculation of all cryptographic hash values in all blocks starting with B_X . In essence, once the messages become part of the ledger, writing an alternative history would require taking control of more than one-third of the network and performing all cryptographic hash calculations again. Note that it also requires knowledge of the group key due to the encryption of the data during all communication.

3.2. Man-in-the-middle (MITM) Attacks

MITM attacks have the purpose of establishing communication with nodes A and B at the two ends of a channel, trying to trick them into thinking they are communicating with each other, while in actual fact they are each communicating with an adversary E . MITM attacks are common threats against communication scenarios involving sensitive data exchanges, where adversaries try to figure out the contents of private messages exchanged between parties by actively establishing communication channels with them. Such attacks have significant potential to hurt missions by communicating misleading messages to both ends of the communication channel, as well as discovering the actual secret content shared.

Let UAV_E intercept the communication channel between UAV_A and UAV_B and send message $Msg=(t, Sig')$ to UAV_B, where $t = C \parallel ID_A$. When UAV_B receives this message, it will run $v(t, Sig', a(A))$, and signature verification will fail, as E cannot sign t using A 's private key, which it is not in possession of. Therefore, the MITM attack will fail.

3.3. Attacks against Message Privacy

Privacy is an important concern especially in military settings, due to the sensitivity of the data exchanged in the network. While adversaries could try to intercept and make sense of messages in the proposed military autonomous systems network, the privacy of the messages is protected from eavesdropping due to their encryption with the group key, which is only available to the permissioned members of the blockchain network. To ensure high privacy, the group key management algorithm needs to be secure and keys should be updated frequently.

3.4. Faulty Sensors

In some cases, sensors of particular nodes may produce incorrect readings due to malfunctioning even if they are not under the control of adversaries. The proposed approach mitigates such situations as well through verification of the message content by all peers in the network. The nodes in the network would be capable of detecting abnormalities in the message communicated and reject using the data/taking action in such cases.

3.5. Non-repudiation

Non-repudiation is an important property in systems where the agent responsible for certain actions needs to be established with certainty. The system provides non-repudiation of the messages shared by each node through digital signatures on each message, as no other node than the node itself can possibly know the private key of that node.

Table 1. Security Properties Provided by the Blockchain-based Military Autonomous System Communications

Security Property	Mechanism
Authentication	Public key cryptography- digital signatures
Integrity	Digital signatures and cryptographic hash
Availability	Broadcasting messages to the P2P network
Confidentiality	Encryption with group key
Fault tolerance	Message content verification by nodes

4. Conclusions

In this paper, we proposed a secure military autonomous systems communications architecture based on blockchain. The proposed permissioned blockchain-based approach focuses on the aspects of data integrity, privacy-preserving message communication and immutability of the data communicated in an autonomous military network. The security evaluation of the proposed system architecture demonstrates the effectiveness of the approach for mitigating common attacks on autonomous military systems and shows that it is promising for large-scale adoption in mission-critical military autonomous systems. In future work, we will perform an implementation of the proposed system and perform experiments to evaluate its performance in terms of consensus speed, security capabilities and scalability.

References

- Aitzhan, N. Z. & Svetinovic, D. (2016). Security and privacy in decentralized energy trading through multi-signatures, blockchain and anonymous messaging streams. *IEEE Transactions on Dependable and Secure Computing*, 15 (5), 840-852.
- Angin, P., Mert, M. B., Mete, O., Ramazanli, A., Sarica, K. & Gungoren, B. (2018). A blockchain-based decentralized security architecture for IoT. *International Conference on Internet of Things (ICIOT)*, June 25-30, Seattle, WA, USA, 3-18.
- Aydar, M. & Çetin, S. C. (2020). Blokzincir Teknolojisinin Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 533-538.
- Bahtiyar, Ş., Paksoy, O., Güldöşüren, E. & Pekel, M. E. (2020). Öğrenciler Arasında Blokzincir Farkındalığı Üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 424-434.
- Castro, M. & Liskov, B. (1999). Practical Byzantine Fault Tolerance. *USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation (OSDI)*, 22-25 February, New Orleans, LA, USA, 173-186.
- Christidis, K. & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and smart contracts for the Internet of Things, *IEEE Access*, 4, 2292–2303.
- Di Pietro, R., Salleras, X., Signorini, M. & Waisbard, E. (2018). A Blockchain-based Trust System for the Internet of Things. *23rd ACM on Symposium on Access Control Models and Technologies*, 13-15 June, Indianapolis, IN, USA, 77-83.
- Fernandes, N. C. & Duarte, O. C. M. B. (2011). A lightweight group-key management protocol for secure ad-hoc-network routing. *Computer Networks*, 55 (3), 759-778.
- Hofmann, E. & Johnson, M. (2016). Supply chain finance—some conceptual thoughts reloaded. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 46 (4), 1–8.
- Jensen, I. J., Selvaraj, D. F. & Ranganathan, P. (2019). Blockchain technology for networked swarms of unmanned aerial vehicles (UAVs). *IEEE International Symposium on A World of Wireless, Mobile and Multimedia Networks" (WoWMoM)*, 10-12 June, Washington, DC, USA, 1-7.
- Kishigami, J., Fujimura, S., Watanabe, H., Nakadaira, A. & Akutsu, A. (2015). The blockchain-based digital content distribution system. *5th IEEE International Conference on Big Data and Cloud Computing*, 26-28 August, Dalian, China, 187–190.
- Laurence, T. (2017). *Blockchain for Dummies*. Hoboken, NJ, USA: For Dummies.
- Lee, B. & Jong-Hyouk, L. (2016). Blockchain-based secure firmware update for embedded devices in an Internet of Things environment. *The Journal of Supercomputing*, 73 (3), 1152–1167.
- Moniz, H. (2017). Istanbul Byzantine Fault Tolerance. Available: <https://github.com/ethereum/EIPs/issues/650> [Accessed: 10 October 2020].
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. Available: <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>. [Accessed: 10 October 2020].
- Sudhan, A. & Nene, M. J. (2017). Employability of blockchain technology in defence applications. *International Conference on Intelligent Sustainable Systems (ICISS)*, 7-8 December, Palladam, India, 630-637.
- Tosh, D. K., Shetty, S., Foytik, P., Njilla, L. & Kamhoua, C.A. (2018). Blockchain-empowered secure Internet-of-Battlefield Things (IoBT) architecture. *IEEE Military Communications Conference (MILCOM)*, 29-31 October, Los Angeles, CA, USA, 593-598.
- Wrona, K. & Jarosz, M. (2019). Use of blockchains for secure binding of metadata in military applications of IoT. *IEEE World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*, 15-18 April, Limerick, Ireland, 213-218.
- Yue, X., Wang, H., Jin, D., Li, M. & Jiang, W. (2016). Healthcare data gateways: Found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control. *Journal of Medical Systems*, 40 (10), 218.



Bir yönde perdeli 15 katlı yapının dinamik davranışının incelenmesi

Muhammet Zeki Özyurt^{1*}, Abdullah Zübeyr Hayvalı²

¹ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1593-4581)

² İTÜ, Deprem Mühendisliği ve Afet Yönetimi Enstitüsü, Deprem Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3670-4216)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 October 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.824708)

ATIF/REFERENCE: Özyurt, M. Z. & Hayvalı, A. Z. (2020). Bir yönde perdeli 15 katlı yapının dinamik davranışının incelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 369-380.

Öz

Yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi, deprem mühendisliği alanında günümüzde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yapı sisteminin bütünü ve/veya yapısal elemanların deprem sırasında nasıl davranacağı uygun deneysel yöntemler ile önceden belirlenebilir. Bu amaçla kullanılan pek çok deneysel yöntem mevcuttur. Bunlardan biri sarsma tablası deneyleridir. Sarsma tablası deneyleri; gerçek dinamik yüklemelerdir. Bu çalışmada, 15 katlı olan ve köşelerinde sadece bir yönde perde bulunan bir yapı modeli incelenmiştir. Kullanım amacı işyeri olarak planlanan yapının geriye kalan taşıyıcı elemanları kolonlardan ve çerçeve kirişlerinden oluşmaktadır. Maket yapıda; kolon ve kiriş elemanlarının malzemesi kavak ağacından, perde elemanlarının malzemesi ise huş ağacından oluşmaktadır. Elemanlar bu malzemelerden üretilmiş olan çitalar ve levhalar kullanılarak inşa edilmiştir. Yapının 1/100 ölçekli bir maketi yapılarak sarsma tablasına yerleştirilmiştir. Sarsma tablasına yerleştirilen yapı maketi, harmonik harekete maruz bırakılmıştır. Harmonik hareketin frekansı kademeli olarak artırılarak üç farklı yer hareketi verilmiş, çok katlı yapı maketinde saniyelik ivme kaydı alınmıştır. Üç farklı depreme ait mevcut kayıtlı ivme değerleri uygulanarak, ağırlıklı ve ağırlıksız olarak yapının dinamik karakteristikleri elde edilmeye çalışılmıştır. Maket yapının doğal frekansını elde etmek için serbest titreşim uygulanmış olup, SiesmoSignal programı kullanılmak suretiyle belirlenen ivme zaman kayıtları filtrelenmiştir. Deneysel çalışmanın yanı sıra, yapı Sap2000 programında modellenmiş ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılarak dinamik analizleri yapılmıştır. Sarsma tablası deney sonuçları, Sap2000 programı ile yapılan dinamik analiz sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak ağırlıksız yapının sonuç kıyaslamasında sarsma tablası deneylerinden elde edilen sonuçlar ile Sap2000 programında yapılan dinamik analiz sonuçları arasında yaklaşık %25'lik fark olduğu belirlenmiştir. Ağırlıklı yapıda ise bu farkın yaklaşık %50 olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, her iki durumda da, deneysel çalışma ve Sap2000 analiz sonuçlarına bakılınca, periyot değerlerinin çok yakın çıktığı anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sarsma tablası, Dinamik analiz, Harmonik hareket, Periyot, Çok katlı yapı, Perdeli yapı.

Dynamic behavior of a walled 15-storey building in one direction

Abstract

Determination of the earthquake behavior of buildings has an important place in the field of earthquake engineering today. The behavior of the whole structural system and/or structural elements during an earthquake can be determined in advance by appropriate experimental methods. There are many experimental methods used for this purpose. One of them is shake table experiments. Shake table experiments; are real dynamic loads. In this study, a 15-storey building model with curtains in only one direction at the corners was examined. The rest of the carrier elements of the building, which is planned as a workplace for the purpose of use, consist of columns and frame beams. In model structure; The material of column and beam elements is poplar wood, and the material of curtain elements is birch. Elements are constructed using laths and plates made of these materials. A 1/100 scale model of the building was made and placed on the shaking table. The building model placed on the shaking table was subjected to harmonic motion. By gradually increasing the frequency of the harmonic motion, three different ground motions were given, and the acceleration per second was recorded in the multi-storey building model. By applying the current recorded acceleration values for three different earthquakes, the dynamic characteristics of the structure were tried to be obtained, weighted and unweighted. In order to obtain the natural frequency of the model structure, free vibration was applied, and the acceleration time records determined by using the SiesmoSignal program were filtered. In addition to the experimental study, the structure was modeled in the Sap2000 program and dynamic analysis was performed

using the Time Domain Calculation Method. Shake table test results were compared with dynamic analysis results made with Sap2000 program. As a result, it was determined that there is approximately 25% difference between the results obtained from the shaking table tests and the results of the dynamic analysis made in the Sap2000 program in the result comparison of the unweighted structure. In the weighted structure, this difference was found to be approximately 50%. On the other hand, when we look at the experimental study and Sap2000 analysis results in both cases, it is understood that the period values are very close.

Keywords: Shake table, Dynamic analysis, Harmonic motion, Period, Multi-storey structure, Shear-walled structure.

1. Giriş

Deprem, dünyada ve ülkemizde yapıların hasar görmesine veya çok sayıda can kaybına neden olan doğal bir afettir. Diğer taraftan ülkemizde yapılarının %95'i deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır. Bu nedenle, mevcut yapı stokunun önemli bir bölümü yıkılma veya hasar görme tehdidi altındadır. Son yıllarda meydana gelen depremler neticesinde mevcut yapı stokunun deprem performansı hakkında büyük oranda önemli bilgiler elde edilmiştir. Örneğin; 1999 Marmara Depremi Bolu, Bursa, Düzce, Eskişehir, İstanbul, Kocaeli, Sakarya, Yalova, Zonguldak illerini etkilemiş, 2010 yılında yayınlanan Meclis Araştırması Raporu'na göre 18.373 vatandaşımız ölmüş, 96 bin 796 konut ve 15 bin 939 işyeri kullanılamaz hale gelmiştir. Bu depremin merkez üssüne yaklaşık 120 km uzaklıkta olmasına rağmen, İstanbul'da 981 kişi hayatını kaybetmiş, Avcılar İlçesinde 1823 konut ve 326 işyeri kullanılamaz hale gelmiştir. İstanbul'da toplanmada yaklaşık 4000 bina ağır hasar görmüştür (Özmen, B., 2000).

Yapıların deprem davranışlarının belirlenmesi, deprem mühendisliği alanında günümüzde oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Yapıların doğrusal olmayan statik ve dinamik analizleri için birçok yöntem geliştirilmiştir ve halen bu alandaki çalışmalar hızla sürdürülmektedir (Atımtay, 2000). Doğrusal olmayan analiz yöntemlerinin genel amacı belirli bir deprem yükü seviyesi için yapıdan istenen deprem davranışının gerçekleşip gerçekleşmeyeceğinin kontrolüdür.

Yapı sisteminin bütününe ve/veya yapısal elemanların deprem sırasında nasıl davranacağı uygun deneysel yöntemler ile önceden belirlenebilir. Bu amaçla kullanılan pek çok deneysel yöntem mevcuttur. Bunlardan biri sarsma tablası deneyleridir. Sarsma tablası deneyleri; gerçek dinamik yüklemelerdir. Sarsma tablası deneylerinde yapı veya yapı elemanı istenilen yer hareketi etkisinde incelenmek üzere rijit döşeme üzerine bağlanır. Yapının atalet kuvvetleri ve bunlara karşı gelen tepkiler, dikkate alınabilmektedir. Sarsma tablası kapasitelerindeki sınırlar dolayısı ile genelde küçük ölçekli model numuneler kullanılmaktadır.

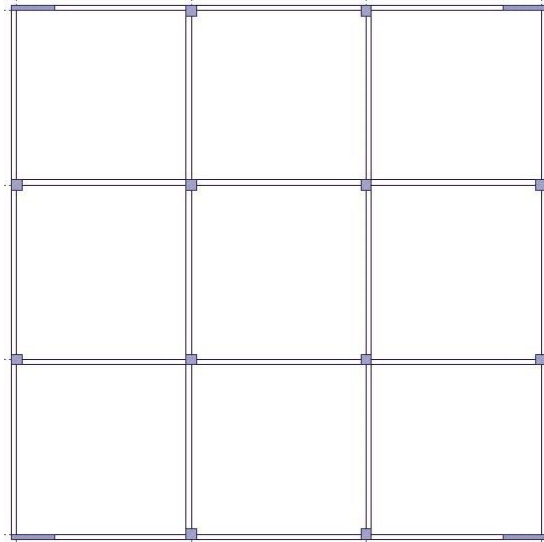
Sarsma tablası deneylerinde, yapıların deprem sırasındaki davranışları hakkında çok değerli bilgiler üretilmekle birlikte, deney maliyetleri oldukça yüksektir. Benzerlik/ölçek yasaları kullanılarak oluşturulan ölçekli yapı modelleri daha kısıtlı imkâna sahip sarsma tablaları üzerinde test edilebilmektedir. Bu çalışmada, 15 katlı bir binanın maketi oluşturularak sarsma tablası deneyi ve bilgisayar program analizi ile deprem davranışı incelenmiştir.

2. Çalışmanın Tanıtımı

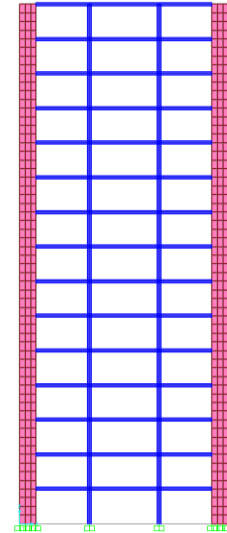
Çalışma kapsamında 15 katlı olan ve köşelerinde sadece bir yönde perde bulunan bir yapı modeli ele alınmıştır. Yapının 1/100 ölçekli bir maketi yapılarak sarsma tablasına yerleştirilmiştir. Üç farklı depreme ait mevcut kayıtlı ivme değerleri uygulanarak, ağırlıklı ve ağırlıksız olarak yapının dinamik karakteristikleri elde edilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan maketin en üst katına ivme-ölçer yerleştirmek suretiyle çatı ivme değeri ile yerdeğiştirme değeri hesaplanmıştır. Deneysel çalışmanın yanı sıra, yapı Sap2000 programında modellenerek Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılarak, yapının dinamik analizleri yapılmıştır. Çalışmanın sonuç kısmında, Sap2000 programı ile gerçekleştirilen sayısal analiz sonuçları ile deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar; ivme, hız ve yer değiştirme değeri bakımından birbirleri ile mukayese edilmiştir.

2.1 Yapı Sistemi

İncelenen yapı 15 katlı olup, kat yükseklikleri 5 m'dir. Yapı, planda X-X yönünde ve Y-Y yönünde dörder adet akstan oluşmaktadır. Yapının planda oturma alanı 30 m x 30 m = 900 m² olup, akslar arasındaki mesafe 10 m olarak belirlenmiştir. Yapının planı Şekil 1'de, kesiti ise Şekil 2'de verilmiştir. Kullanım amacı işyeri olarak planlanan yapının köşelerinde ve sadece tek yönde yerleştirilmiş perdeler bulunmaktadır. Yapının geriye kalan taşıyıcı elemanları kolonlardan ve çerçeve kirişlerinden oluşmaktadır. Kolon, kiriş ve perde elemanlarının boyutları aşağıdaki tabloda (Tablo 1) verilmiştir.



Şekil 1. Yapı Planı



Şekil 2. Kesit

Tablo 1. Taşıyıcı Elemanlar ve Boyutları

Yapı Elemanı	Kısa Kenarı (mm)	Uzun Kenarı (mm)	Kesit Alanı (mm ²)
Perde	300	2400	720000
Kolon	600	600	360000
Kiriş	300	500	150000

2.2 Yapı Maketi ve Kullanılan Malzemeler

İncelenen yapının 1/100 ölçeğinde maketi yapılmıştır. Maket yapıda; kolon ve kiriş elemanlarının malzemesi kavak ağacından, perde elemanlarının malzemesi ise huş ağacından oluşmaktadır. Elemanlar bu malzemelerden üretilmiş olan çıtalar ve levhalar kullanılarak inşa edilmiştir.

Kavak ağacı, Türkiye'nin her yerinde yetişen ve uygun koşullarda çabuk büyüyen bir ağaçtır. Kavak ağacının gövdesinin tümü dış odun özelliği gösterir. Bütün kavak türleri dağınık gözeneklidir. Gözenekleri ve öz ışınları çıplak gözle görünmez. Kavak ağacı çok yumuşak, kaba ve gevşek yapılıdır. Uygun koşullarda az çalışır, az çatlar, kolay kesilir. Tutkalla iyi bağlantı kurar. Fizik etkilerine dayanımı zayıftır. Hava kuru kavağın özgül ağırlığı 0.45 gr/cm³'tür.

Huş ağacı ise; ülkemizde Doğu Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgelerinde yetişir ve kayın veya süpürge ağacı olarak isimlendirilir. Olgun ağaçlar grubuna girer. Dağınık gözeneklidir. Uzun iplikli ve düzgün yapılıdır. Sıkı ve ince yapılıdır. Orta sert bir ağaçtır. Bükülgendir. Fizik etkilerine dayanımı iyidir. Zor yarılar. Tutkalla iyi yapışır. Çok iyi boya ve vernik tutar. Hava kuru huş ağacının özgül ağırlığı 0.62 gr/cm³ tür.

Maket yapının taşıyıcı elemanlarının teşkilinde kullanılan kavak ağacı malzemesinin ve huş ağacı malzemesinin mekanik özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Maket Yapıda Taşıyıcı Elemanların Mekanik Özellikleri

Yapı Elemanı	Malzeme	Ağırlık Birimi (kN/m ³)	Birim Kütle (kN.s2/m ⁴)	Elastisite Modülü (kN/m ²)
Perde	Huş	9,2477	0,943	7050000
Kolon - Kiriş	Kavak	6,5214	0,665	6800000

Maketi oluşturan elemanların birbirine rijit olarak bağlanmasını sağlamak amacıyla Pattex marka, 2k profesyonel hızlı yapıştırıcı ve aktivatör kullanılmıştır. Elemanların yüzeyleri temizlenip, yağdan ve tozdan arındırıldıktan sonra yapıştırıcı uygulanmıştır. Uygulamada kullanılan yapıştırıcı sayesinde elemanların birleştiği yüzeyler arasında tam penetrasyon sağlanmıştır. Deneylerde yapıştırıcının birleştirdiği bağlantı noktalarında kopma meydana gelmemiş olup, yapıştırıcıdan beklenen performansın sağlandığı sonucuna varılmıştır.

Maket yapıda kullanılan malzemelerin miktarı ve ağırlıkları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Maket Yapıda Kullanılan Elemanların Miktarları ve Ağırlıkları

Yapı Elemanı	Nesne	Adedi	Toplam Uzunluk (m)	Toplam Ağırlık (kg)
Perde	Levha	360	34,56	3,3810
Kolon	Çıta	180	9,00	2,1130
Kiriş	Çıta	4	3,00	1,9970
Tavan Plakası	Levha	1		0,5217

Model yapı, 300 mm x 300 mm taban alanına sahip olup, 750 mm yüksekliğinde ve 15 katlı bir işyeri olarak planlanmıştır. Planda simetrik olarak tasarlanan yapının planı yapının yüksekliği boyunca değişmemektedir. Yapının taşıyıcı elemanlarının boyutları da, yapı yüksekliği boyunca değiştirilmemiştir. Toplam model yapı ağırlığı 8,013 kg olarak ölçülmüştür.

2.3 Deney Düzenegi

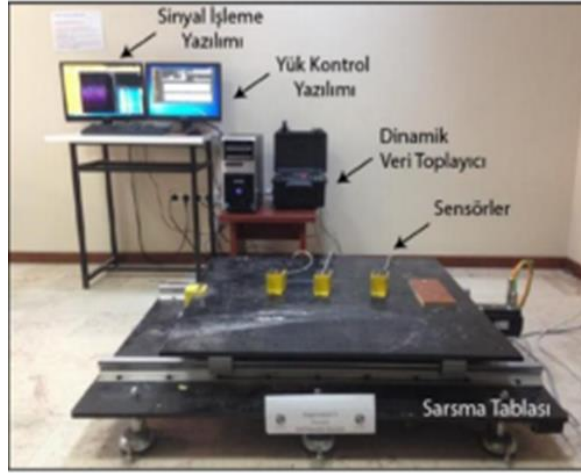
Çalışma kapsamında üretilen yapı maketi, küçük ölçekli sarsma masasında ağırlıklı ve ağırlıksız test edilmiştir. Sarsma tablasına yerleştirilen yapı modeli, harmonik harekete maruz bırakılmıştır. Harmonik hareketinin frekansı kademeli olarak artırılarak üç farklı yer hareketi verilmiş, çok katlı yapı maketinde saniyelik ivme kaydı alınmıştır. Deney aşamasında resim ve video kayıtları alınmıştır. Yapıya ait test sonuçları, gerçekleştirilen sayısal model sonuçları (Sap2000 analizi) ile karşılaştırılmıştır. 1/100 ölçekli yapısal model dinamik deneyleri için sarsma tablası ve çevre birimleri deney düzenegi olarak kullanılmıştır.

Maket yapı ahşap rijit bir taban plakası üzerine ankastre olacak şekilde sarsma tablasına sabitlenmiştir. Maket yapının sınır şartlarını sağlanması için ahşap elemanlar ve bulonlar kullanılmıştır. Taban plakasının etrafı ahşap rijit bloklar yardımıyla çevrilmiş ve ahşap bloklar sarsma tablasına civatalar kullanılarak ankastre mesnetli olarak bağlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Maket Yapının Sarsma Tablasına Yerleştirilmesi

Sarsma tablası 1 m x1 m boyutundadır. Kapasitesi 125 kg'dır. Maksimum yatay kuvvet kapasitesi 2500 N, toplam hareket boyu ± 100 mm, maksimum ivme kapasitesi $\pm 2g$ ve maksimum doğrusal hızı 500 mm/s olarak belirlenmiştir. Söz konusu sarsma tablası ile 1 Hz ile 10 Hz arasında sinüzoidal yük uygulanabilmektedir. Ayrıca, Sakarya ve El-Centro gibi deprem kayıtlarının uygulanması da mümkündür. Sarsma tablası, sensörler ile dinamik veri toplayıcı cihazı yardımıyla veri işlemek için masaüstü computer deney düzeneginde kullanılan çevre birimleridir. Ayrıca, 0-1200 Hz frekans aralığında ivme-ölçerlerden yararlanılmıştır. Dinamik veri toplayıcısı, sensörlerden aldığı kayıtları sayısal değerlere dönüştürerek sinyal işleme yazılımına aktarmaktadır. Sensebox 7021/7022/7023+ ve 7031/7032/7033 ivme-ölçerler kullanılarak titreşimler ölçülmektedir. Oldukça düşük gürültülü sensörler olan bu ivmeölçerler, kuvvet/elektro-dinamik geri beslemelidir. Mikro elektromekanik sistem (MEMS) şahit olarak kullanılan ivme-ölçerlerdir. Bu ivme-ölçerlerin sensörü, mikroçip tabanlıdır ve teknolojisi mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri beslemelidir. ± 3 g ölçüm kapasiteli olan ivme-ölçerlerin gürültü performansı 5 mikro-g/Hz'dir. İvme-ölçerlerin frekans aralığı 0-400 Hz olarak belirlenmiştir. Bu ivme-ölçerler yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülüdür. Bu nedenle; modal analiz, yapı sağlığı takibi ve sismik araştırmalar gibi konularda faydalıdır. Dinamik veri toplama cihazı kullanmak suretiyle, ivme-ölçerlerin okumaları kaydedilebilmektedir. Deneyde kullanılan dinamik sayısallaştırıcının çözünürlüğü 24 Bit'tir. Dinamik aralığı 140 dB olup eş zamanlı örnekleme yapabilmektedir.



Şekil 4. Deney Düzeneği

3. Deneysel Çalışma ve Sayısal Analizler

Çalışma kapsamında üretilen 15 katlı yapı maketi, sarsma tablasında ağırlıklı ve ağırlıksız olarak deneye tabi tutulmuştur. Sarsma tablasına yerleştirilen yapı maketi, harmonik harekete maruz bırakılmıştır. Maket yapının doğal frekansını elde etmek için serbest titreşim uygulanmış olup, SiesmoSignal programı kullanılmak suretiyle belirlenen ivme zaman kayıtları filtrelenmiştir. Diğer taraftan, sarsma tablası yardımıyla maket yapıya uygulanan üç farklı deprem ivme kaydı, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (Time History) kullanılarak yapının dinamik analizleri yapılmıştır. Analizler, SAP2000 programı ile yapının sonlu eleman modeli oluşturulmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

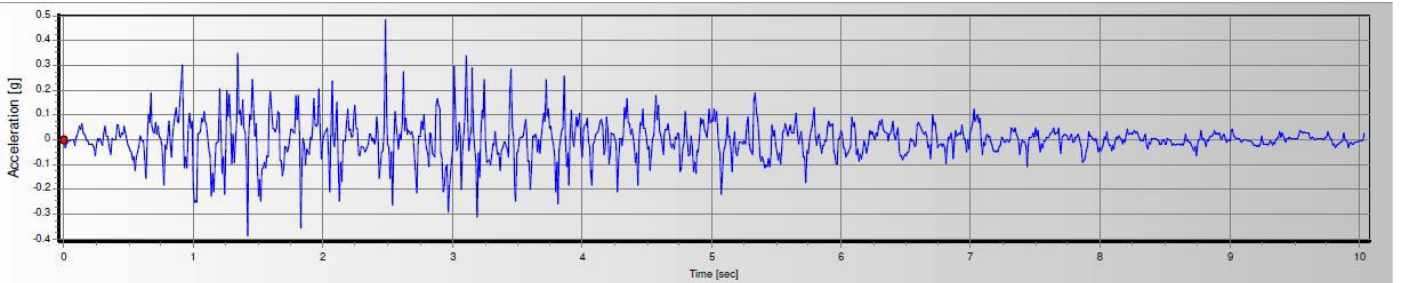
3.1 Deneysel Çalışma

İncelenen 15 katlı ve köşelerinde sadece bir yönde perde bulunan yapının 1/100 ölçekli olarak üretilen maketi, sarsma tablasına yerleştirilmiştir. Harmonik hareketinin frekansı kademeli olarak artırılarak üç farklı yer hareketi verilmiş, çok katlı yapı maketinde saniyelik ivme kayıtları alınmıştır. Ayrıca, maketin en üst katına ivme-ölçer yerleştirmek suretiyle çatı ivme değeri ile yerdeğiştirme değeri hesaplanmıştır.

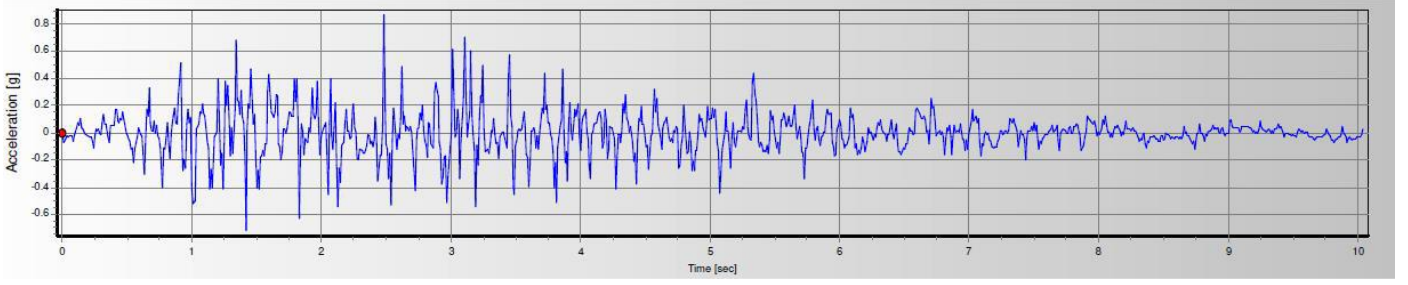
Maket yapıda sabit ve hareketli yükü temsil etmesi için, her üç katta bir, yapıya 1,5 kg'lık ağırlıklar eklenerek toplu kütleli sistem davranışı elde edilmeye çalışılmıştır. 1,5 kg'lık ağırlık belirlenirken, yapının kullanım amacı ve geometrisi dikkate alınmıştır. Ayrıca çalışmada kat ağırlıklarının sonuca etkisini en aza indirmek için farklı deprem yüklerinin uygulandığı üç farklı deneysel çalışmada 1,5 kg'lık ağırlık, yapıda aynı kata ve aynı noktaya uygulanmıştır.

YH1, YH2 ve YH3 olarak adlandırılan üç farklı depreme ait mevcut kayıtlı ivme değerleri uygulanarak, yer hareketleri yapı maketine perdelerin uzun doğrultusunda verilmiştir. Bina ağırlıkları üç katta bir olmak üzere depreme dik doğrultuda kirişlerin üzerine sabitlenmiştir. Böylelikle her bir yer hareketine karşılık üç ağırlıklı (dolu), üç ağırlıksız (boş) toplam altı deney yapılmıştır. Bina toplam ağırlığı 801,27gr olup bağlanan ağırlıkların her biri 1,5 kg'dır.

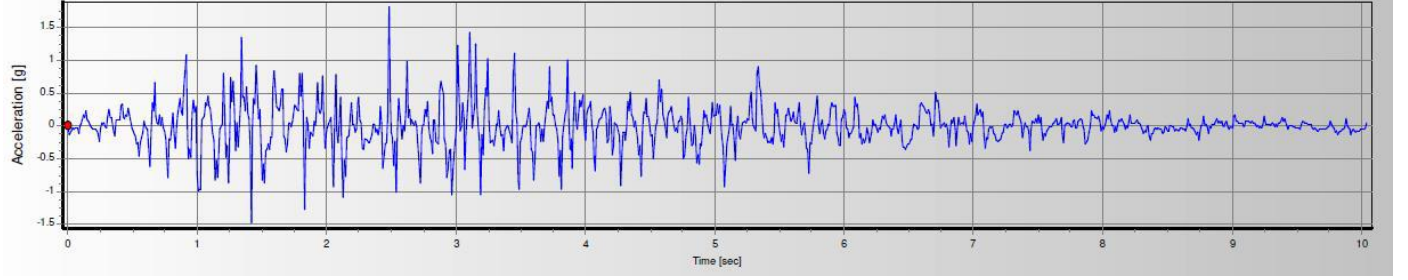
Maket yapının dinamik davranışının belirlenmesi için uygulanan üç farklı depreme ait ivme-zaman kayıtları Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Deprem 1'e (YH1) Ait ivme-zaman kayıtları



Şekil 6. Deprem 2'ye (YH2) Ait ivme-zaman kayıtları

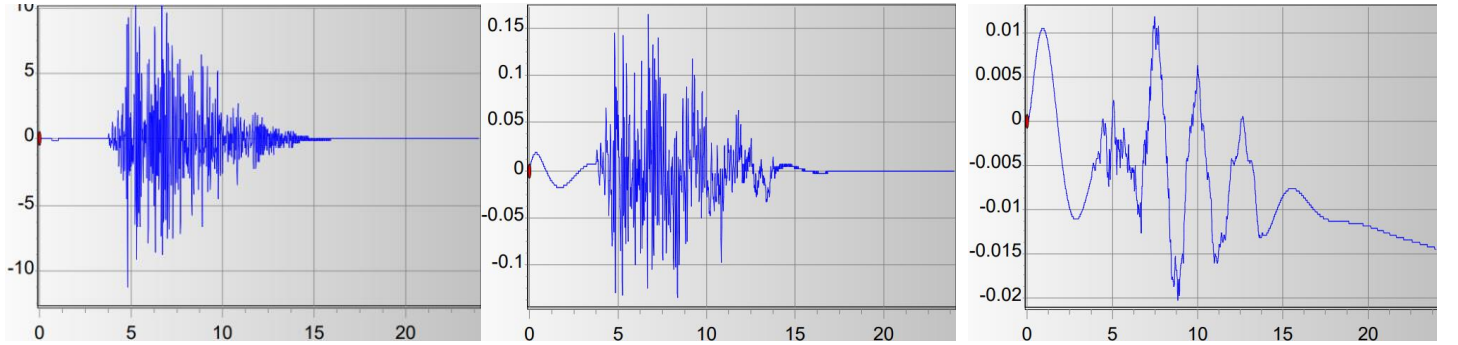


Şekil 7. Deprem 3'e (YH3) Ait ivme-zaman kayıtları

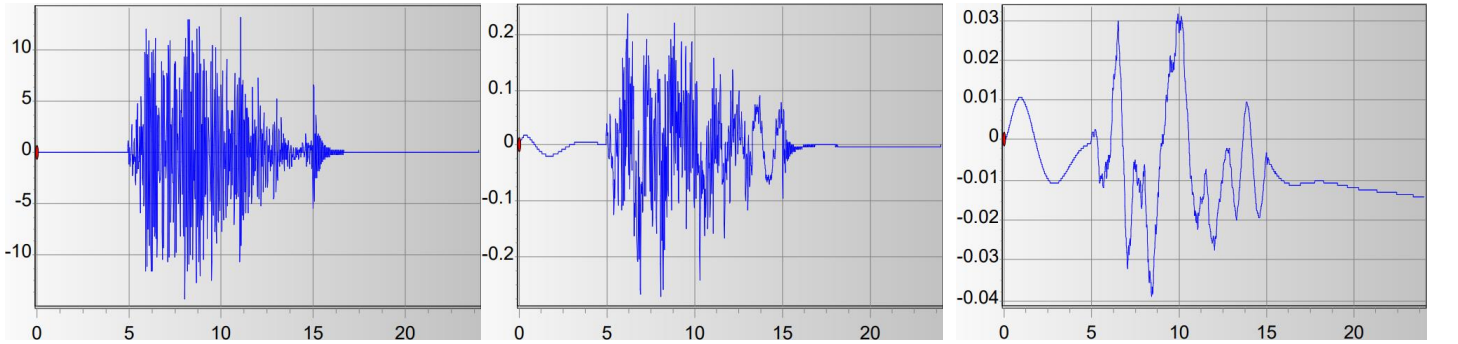
Sarsma tablasına bağlı bulunan veri toplama sisteminde yer alan veri filtreleme algoritması ile deney esnasında ortamda bulunan gürültü filtrelenmektedir. Butterworth filtreleme işlemi 1,5-15 Hz arasındaki verileri filtrelemekte olup, deneylerde veri toplama sisteminde kullanılmıştır.

Fourier dönüşümü kullanmak suretiyle ivme-ölçerlerden alınan ivme-zaman değerleri, frekansın bir fonksiyonuna dönüştürülmüştür. Grafiklerdeki maksimum değerler doğal titreşim frekansını vermektedir. SiesmoSignal programı marifetiyle, Fourier dönüşümünden yararlanılarak yapının doğal titreşim frekansı belirlenmiştir. Deneylerden elde edilen ivme kayıtları SiesmoSignal 2018 programı kullanılarak filtre edilmiştir.

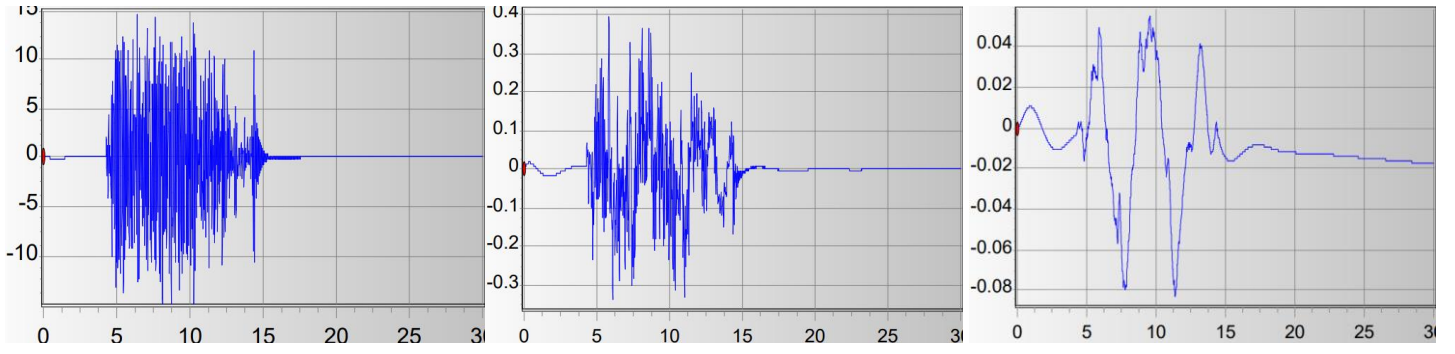
Hazırlanan yapı maketine ağırlıksız (boş) olarak uygulanan üç farklı yer hareketi ile (YH1, YH2 ve YH3) yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen tepe noktası ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri; sırasıyla Şekil 8, Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmiştir.



Şekil 8. Ağırlıksız Olarak Deprem 1'e (YH1) Ait Grafikler

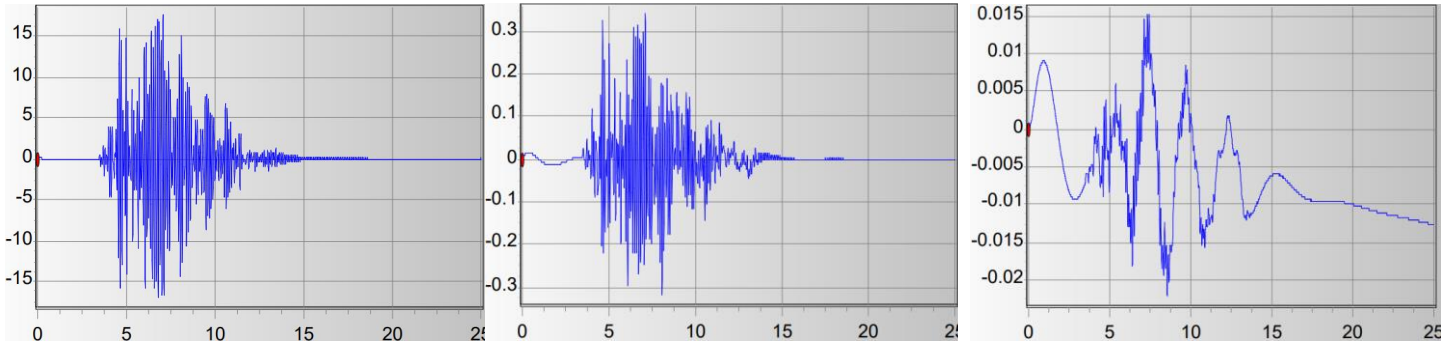


Şekil 9. Ağırlıksız Olarak Deprem 2'ye (YH2) Ait Grafikler

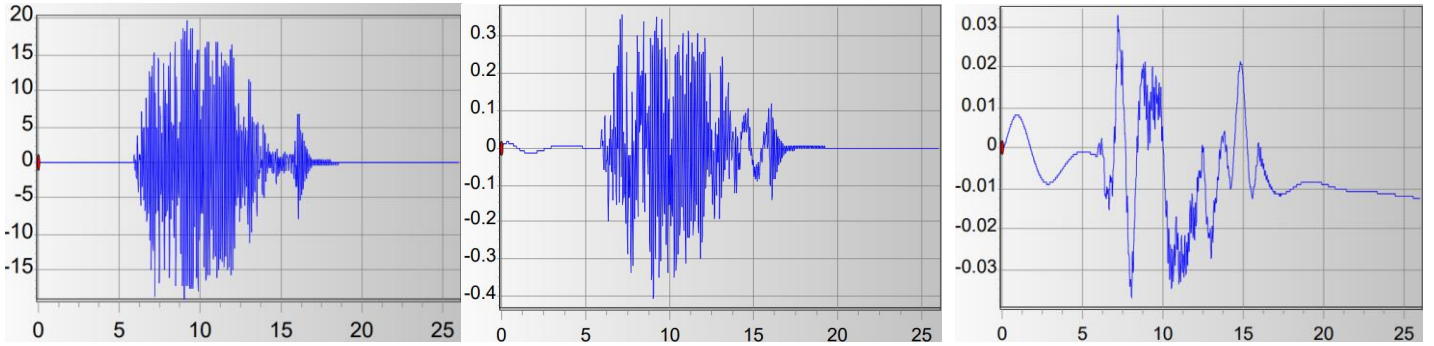


Şekil 10. Ağırlıksız Olarak Deprem 3'e (YH3) Ait Grafikler

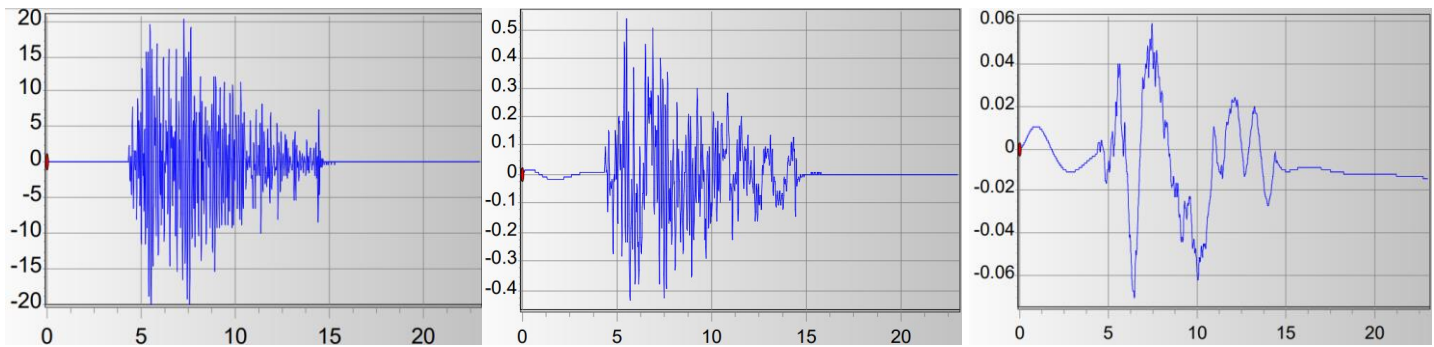
Daha sonra, aynı makete ağırlıklı (dolü) olarak ve yine aynı üç farklı yer hareketi (YH1, YH2 ve YH3) uygulamak suretiyle yapılan deneysel çalışma sonucunda elde edilen tepe noktası ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri ise; sırasıyla Şekil 11, Şekil 12 ve Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 11. Ağırlıklı Olarak Deprem 1'e (YH1) Ait Grafikler



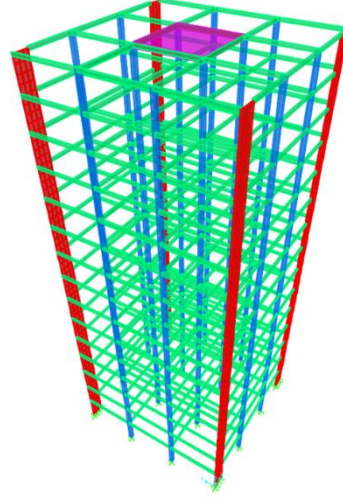
Şekil 12. Ağırlıklı Olarak Deprem 2'ye (YH2) Ait Grafikler



Şekil 13. Ağırlıklı Olarak Deprem 3'e (YH3) Ait Grafikler

3.2 Sayısal Analiz

İncelenen 15 katlı ve köşelerinde sadece bir yönde perde bulunan yapı Sap2000 programında modellenmiş ve Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi kullanılarak, yapının dinamik analizleri yapılmıştır (Şekil 14).

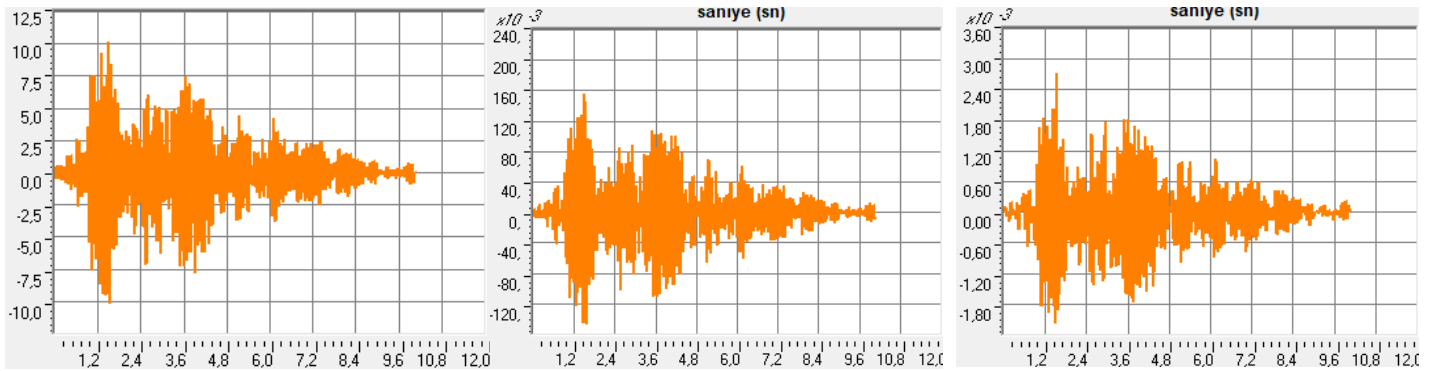


Şekil 14. İncelenen Yapının Sap2000 Programında Üç Boyutlu Modeli

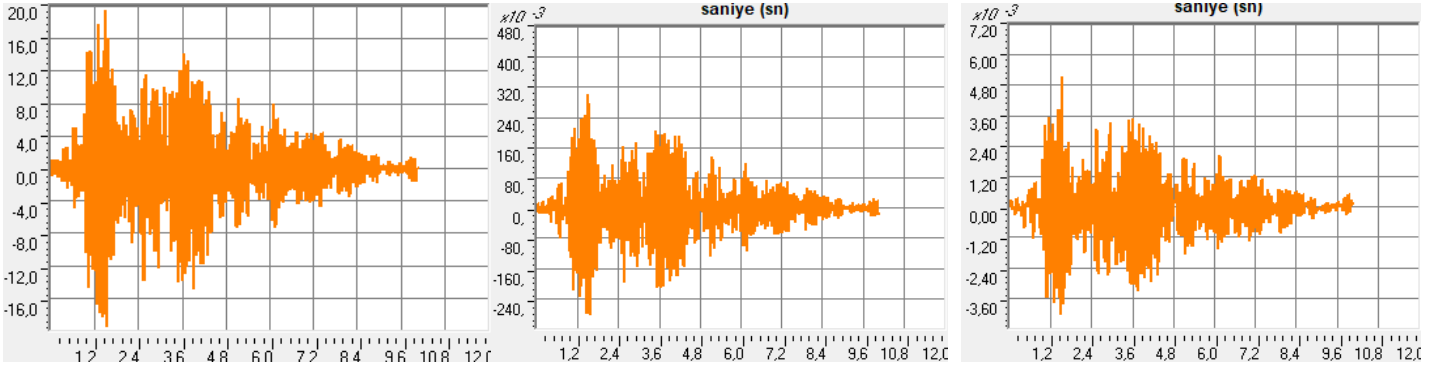
Sap2000 programı ile yapının kolon ve kiriş elemanları çubuk eleman (frame eleman) olarak modellenmiş, döşeme için ise rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Rijit diyafram kabulünün gerekçesi, döşeme rijitliğinin düşey taşıyıcı sistem elemanlarının rijitliğine göre çok daha büyük olmasıdır. Deneysel çalışmada her üç katta bir yerleştirilen 1,5 kg ağırlık ile tanımlanan ve rijit diyafram tanımında gerekli olan kütle değeri, sonlu eleman modeline de yansıtılmıştır. Perdeler kabuk (Shell) elemanı olarak modellenmiştir. Maket yapı, rijit ahşap bloklar ve bulonlar yardımıyla sarsma tablasına monte edilmiş, bu sayede Sap2000 programında yapılan sonlu eleman modelde ankastre sınır şartı olarak tanımlanmıştır. Sarsma tablası deneyinde ağırlıklı ve ağırlıksız olarak model yapıya uygulanan üç farklı deprem ivme kaydı kullanarak SAP2000 programı ile Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (Time History) ile ayrı ayrı analizler yapılmıştır.

Zaman Tanım Alanında Doğrusal Olmayan Hesap Yönteminin kullanılmasının amacı, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranışını göz önünde bulundurarak sistemin hareket denklemini adım adım entegre etmektir. Analiz sırasında her bir zaman artımında sistemde meydana gelen yer değiştirme, plastik şekil değiştirme ve iç kuvvetler ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri hesaplanmıştır. Zaman tanım alanında yapılacak analizde kullanılacak yapay, kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketleri belirlenerek, analizde göz önüne alınmıştır.

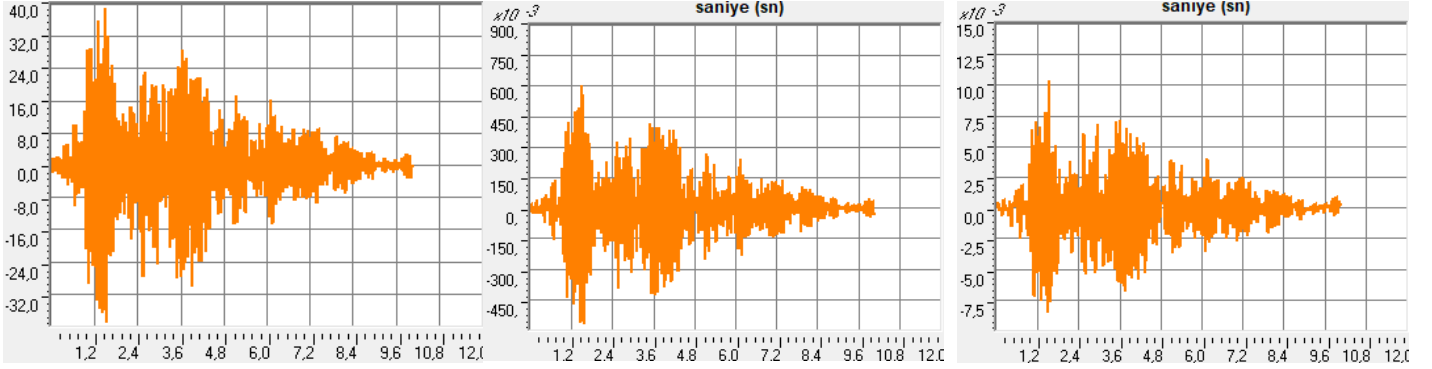
Sap2000 programında yapının ağırlıksız (boş) durumu için uygulanan üç farklı yer hareketi ile (YH1, YH2 ve YH3) yapılan analizleri sonucunda elde edilen tepe noktası ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri; sırasıyla Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17'de verilmiştir.



Şekil 15. Ağırlıksız Olarak Deprem 1'e (YH1) Ait Grafikler

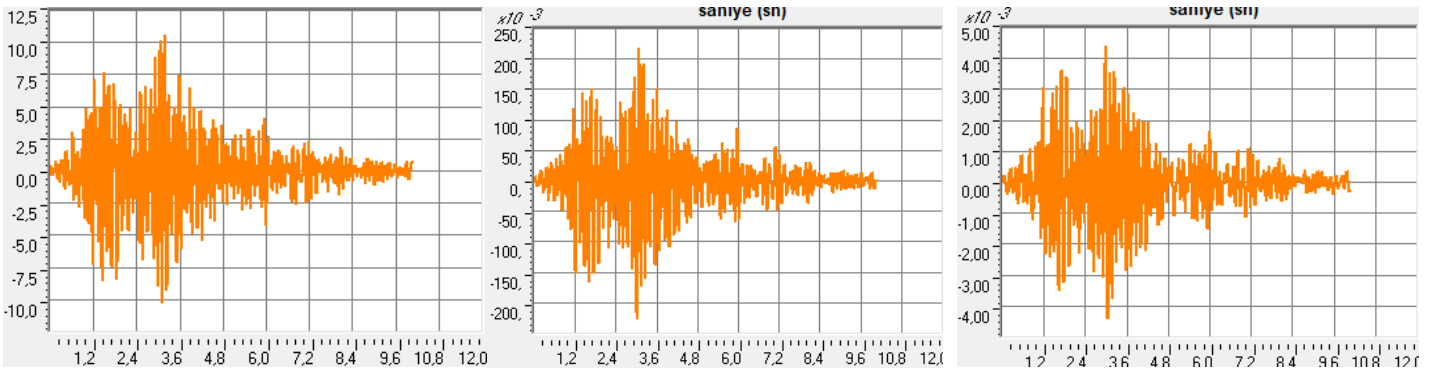


Şekil 16. Ağırlıklı Olarak Deprem 2'ye (YH2) Ait Grafikler

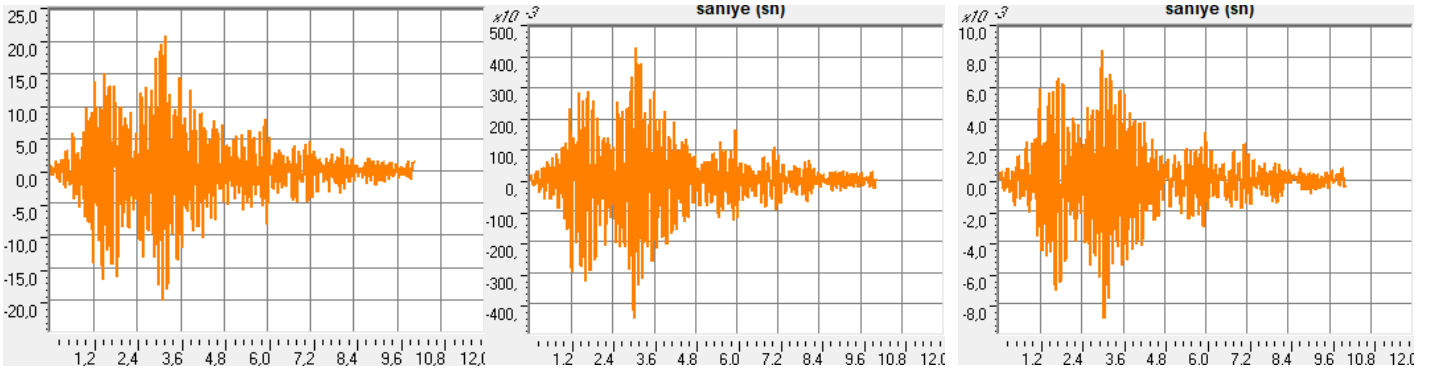


Şekil 17. Ağırlıklı Olarak Deprem 3'e (YH3) Ait Grafikler

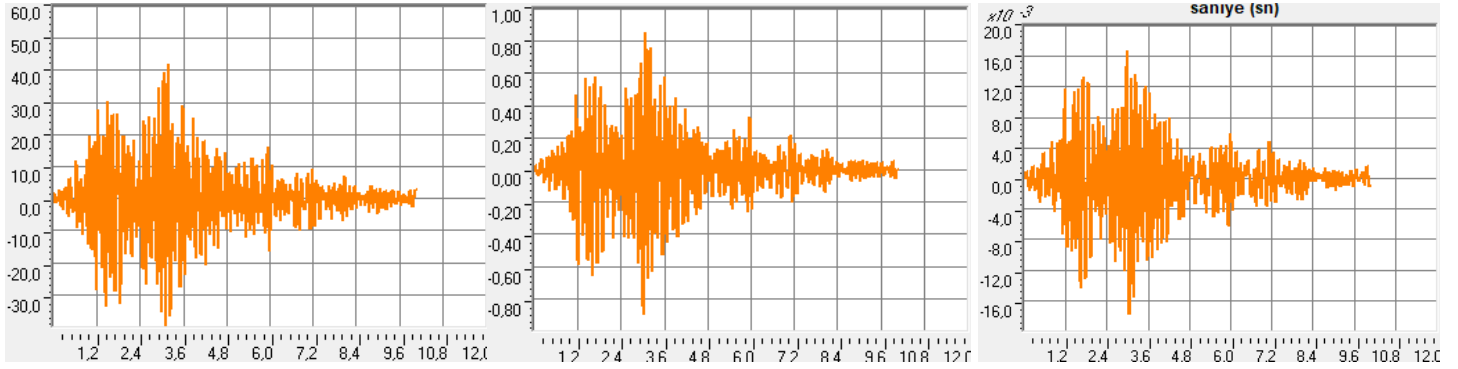
Sap2000 programında yapının ağırlıklı (dolü) durumu için uygulanan yine aynı üç farklı yer hareketi ile (YH1, YH2 ve YH3) yapılan analizleri sonucunda elde edilen tepe noktası ivme-zaman, hız-zaman ve yerdeğiştirme-zaman grafikleri ise; sırasıyla Şekil 18, Şekil 19 ve Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 18. Ağırlıklı Olarak Deprem 1'e (YH1) Ait Grafikler



Şekil 19. Ağırlıklı Olarak Deprem 2'ye (YH2) Ait Grafikler



Şekil 20. Ağırlıklı Olarak Deprem 3'e (YH3) Ait Grafikler

4. Sonuçlar

Çalışma kapsamında üretilen 15 katlı yapı maketi, sarsma tablasında ağırlıklı ve ağırlıksız olarak teste tabi tutulmuştur. Sarsma tablasına yerleştirilen yapı maketi, harmonik harekete maruz bırakılmıştır. Maket yapının doğal frekansını elde etmek için serbest titreşim uygulanmış olup, SiesmoSignal programı kullanılmak suretiyle belirlenen ivme zaman kayıtları filtrelenmiştir. Diğer taraftan, sarsma tablası yardımıyla maket yapıya uygulanan üç farklı deprem ivme kaydı, Zaman Tanım Alanında Hesap Yöntemi (Time History) kullanılarak yapının dinamik analizleri yapılmıştır. Analizler, SAP2000 programı ile yapının sonlu eleman modeli oluşturulmak suretiyle gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada 15 katlı olan ve köşelerinde bir yönde perdeli olan bir yapının deneysel ve analitik olarak elde edilen dinamik karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Sarsma tablası ile deprem yüklerine maruz bırakılan model yapıdan ivme-ölçerler yardımı ile alınan okumalar Sismosignal programı ile işlenmiştir. Yapı maketine kayıtlı deprem ivme kayıtları uygulanarak tepe noktası ivme değerleri elde edilmiştir. Diğer taraftan Sap2000 programı vasıtasıyla, deneysel çalışmadaki sınır koşullara uygun olarak yapı üç boyutlu olarak modellenmiştir. Sap2000 analizlerinde ve sarsma tablası deneylerinde aynı üç farklı deprem yüklemesi yapılarak, Zaman Tanım Alanında Hesap yöntemi ile sayısal analizlerde tepe noktası ivme-zaman, hız-zaman ve yer değiştirme-zaman grafikleri çizilmiştir.

Yapının ağırlıksız (boş) ve ağırlıklı (dolu) durumları için; Sap2000 programı ile gerçekleştirilen sayısal analiz sonuçları ile deneysel çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıdaki tablolarda (Tablo 4 ve Tablo 5) karşılaştırılmıştır:

Tablo 4. Ağırlıksız Olarak Yapının Deneysel ve Sayısal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yer Hareketi	Deneysel Sonuçlar		SAP2000 Analizi Sonuçları
	Periyot	0.08 s	0.109541 s
Maksimum İvme	11.475m/s ² , t=5.260 s	10.11 m/s ² , t=1.493 s	
Maksimum Hız	0.165m/s, t=6.710 s	0.1562 m/s, t=1.513 s	
Maksimum Yer Değiştirme	0.020 m, t=8.840 s	0.027 m, t=1.537 s	
Yer Hareketi 2	Periyot	0.08 s	0.109541 s
Maksimum İvme	14.293 m/s ² , t=8.030 s	19.48 m/s ² , t=1.535 s	
Maksimum Hız	0.270 m/s, t=8.050 s	0.3 m/s, t=1.512 s	
Maksimum Yer Değiştirme	0.039 m, t=8.420 s	0.0513 m, t=1.537 s	
Yer Hareketi 3	Periyot	0.08 s	0.109541 s
Maksimum İvme	15.268 m/s ² , t=8.730 s	39.05 m/s ² , t=1.493 s	
Maksimum Hız	0.396 m/s, t=5.820 s	0.602 m/s, t=1.512 s	
Maksimum Yer Değiştirme	0.083 m, t=11.350 s	0.103 m, t=1.537 s	

Tablo 5. Ağırlıklı Olarak Yapının Deneysel ve Sayısal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

		Deneysel Sonuçlar	SAP2000 Analizi Sonuçları
Yer Hareketi 1	Periyot	0.1 s	0.157154 s
	Maksimum İvme	17.647 m/s ² , t=7.070 s	10.58 m/s ² , t=3.179 s
	Maksimum Hız	0.341m/s, t=7.090 s	0.227 m/s, t=3.025 s
	Maksimum Yer Değiştirme	0.022 m, t=8.550 s	0.0439 m, t=3.058 s
Yer Hareketi 2	Periyot	0.1 s	0.157154 s
	Maksimum İvme	19.667 m/sn ² , t=9.190 s	20.92 m/s ² , t=3.180 s
	Maksimum Hız	0.405 m/s, t=9.040 s	0.449 m/s, t=3.025 s
	Maksimum Yer Değiştirme	0.037 m, t=8.040 s	0.0894 m, t=3.057 s
Yer Hareketi 3	Periyot	0.12 s	0.157154 s
	Maksimum İvme	21.251 m/s ² , t=5.530 s	41.72 m/s ² , t=3.180 s
	Maksimum Hız	0.537 m/s, t=5.500 s	0.894 m/s, t=3.025 s
	Maksimum Yer Değiştirme	0.071 m, t=6.460 s	0.178 m, t=3.058 s

Sonuçlar incelendiğinde, sayısal çalışmadan elde edilen sonuçların deneysel çalışma sonuçlarını genel olarak desteklediği görülmektedir. Süre farkları, deneysel çalışmada kayıt alındıktan bir süre sonra depremin verilmesinden kaynaklanmaktadır. Yapının ağırlıksız olması durumunda yapılan deneysel çalışma ile sayısal çalışma sonuçları arasında yaklaşık %25 gibi bir fark görünmekle beraber, periyot değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu da tespit edilmiştir.

Yapının ağırlıklı haliyle yapılan sarsma tablası deneyi sonuçları ile sayısal çalışma sonuçları arasında ise yaklaşık %50 gibi bir fark bulunduğu tespit edilmiştir. Ağırlıklı durumda da, deneysel ve sayısal çalışmada periyot değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir.

Deneysel ve sayısal çalışmalardan elde edilen sonuçlardaki farkın sebebinin, deneylerdeki sınır şartlarının, Sap2000 programında tam olarak modellenememesi ve rijit diyafram kabulü olarak değerlendirilmektedir. Diğer taraftan; ivme, hız ve yerdeğiştirme grafiklerinin benzer karakterde olması, çalışmada yapılan kabullerin isabetli olduğunu göstermektedir.

Kaynakça

- Özmen, B., 17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depreminin hasar durumu (rakamsal verilerle), TDV/DR 010-53, 2000, Türkiye Deprem Vakfı, 132 sayfa.
- Ağcakoca, E., Yüksek katlı yapının sarsma tablası üzerinde deprem performansının incelenmesi, ALKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2019, 1(3): 132-143 sayfa.
- Türker, H.T., Mertayak, C., Çolak, H., Periyot hesaplamasında P- Δ etkisi: sarsma tablası deneyi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – ANKARA.
- Torun, A., Çunkaş, M., İki eksenli salınım yapan sarsma tablası tasarımı ve gerçekleştirilmesi, AKÜ Fen Bilimleri Dergisi 2009-02, 85-96 sayfa.
- Çelik, S.B., Kumsar, H., Aydan, Ö., Motion parameters of a mechanical shaking table and an application, Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 19, Sayı 5, 2013, Sayfalar 224-230.
- Akansel, V.H., Kazaz, İ., Yakut A., Gülkan, P., Perde duvarlı binaların deprem etkileri altındaki davranışlarının modellenmesi ve simülasyonu, Cilt: Sayı: 1, 1, 3-9 Aralık 2010 Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi 1, 31-40.
- Değer, Z.T., Betonarme bir deney binasının hasar düzeyinin Türk Deprem Yönetmeliği'ne (DBYBHY, 2007) göre belirlenmesi, Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University 32:2 (2017) 481-488.
- Alemdar, Z.F., Betonarme köprü kolonlarında plastik mafsal bölgelerinin modellenmesi, İMO Teknik Dergi, 2015 7279-7286.
- Kamanlı, M., Balık, F.S., Deprem yükü etkisi altında kalan çatı kalkan duvarlarının davranışı, Yıl 2004, Cilt 19, Sayı 1, Sayfa 49 – 64.
- Şahin, Ö., Çağlar, N., Çelebi, E., Küçük ölçekli sarsma tablası test modelleri için uygun ölçeklendirme katsayısının araştırılması, 2017 Published in 5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science 29-30 September 2017.
- Özkaynak, H., Özsoy, A.E., Yapı dinamiği deneylerinin inşaat mühendisliği eğitimindeki rolü: Küçük ölçekli yapı modellerinin sarsma masası ile test edilmesi, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, İnşaat Mühendisliği Eğitimi Sempozyumu, 56-64.
- Karaahmetli, S., Dündar, C., Yapı sönüm oranının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi, 4. Uluslararası Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-13 Ekim 2017 – ANADOLU ÜNİVERSİTESİ – ESKİŞEHİR.
- Bairrao, R., Vaz, C.T., Shaking table testing of civil engineering structures – the Inec 3d simulator experience, 12WCEE 2000 : 12th World Conference on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand, Sunday 30 January - Friday 4 February 2000.
- Bahçecioğlu, A. Ş., Planda düzensiz yapıların deprem etkileri altındaki davranışı, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015).
- Polat, G., Betonarme yüksek yapılarda kullanılabilir taşıyıcı sistemler ve perde-çerçevesel bir yapının statik ve dinamik hesabı, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015), İstanbul.
- Demir, A. ve Dönmez, D. (2008). Çok katlı yapılarda burulma düzensizliğine etki eden faktörler, Celal Bayar Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 2008, 4(1).
- Şahin H, Alyamaç KE, Erdoğan A.S., Perdeli çerçevesel yapılarda zemin sınıfı ve kat adedi dikkate alınarak gerekli perde oranının tespiti, SDU International Technologic Science, 2013, Cilt:5, sayı:1 s:74-86, 2013.
- Sayın E, Yön B, Calayır Y., Perde konumunun ve zemin sınıfının betonarme yapılardaki hasar oranına etkisi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, (2010), Cilt:26, Sayı:1, s:1-6.

- Özsoy AE, Özgen K., Perdelerdeki boşlukların yatay ötelenmeye etkisi, (2005, Deprem Sempozyumu, Kocaeli.
- Işık, M., Çok katlı betonarme yapılarda taşıyıcı sistem etkisi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, (2015).
- Qiu, C., Zhu, S., Shake table test and numerical study of self-centering steel frame with SMA braces, (2017), *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 46(1), 117-137.
- Goggins, J., Broderick, B. M., Elghazouli, A. Y., Salawdeh, S., Hunt, A., Mongabure, P., English, J., Shake table testing of concentrically braced steel structures with realistic connection details subjected to earthquakes, (2018), In *Structures* (Vol. 13, pp. 102-118). Elsevier.
- Fiorino, L., Macillo, V., Landolfo, R., Shake table tests of a full-scale two-story sheathing-braced cold-formed steel building, (2017), *Engineering Structures*, 151, 633-647.
- Fiorino, L., Bucciero, B., Landolfo, R., Shake table tests of three storey cold-formed steel structures with strap-braced walls, (2019), *Bulletin of Earthquake Engineering*, 17(7), 4217-4245.
- Nasery, M. M., Hüsem, M., Okur, F. Y., Altunişik, A. C., Damage effect on experimental modal parameters of haunch strengthened concrete-encased composite column-beam connections, (2019), *International Journal of Damage Mechanics*, 1056789519843330.



Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Birincil Enerji Arzı Yönünden Değerlendirilmesi

Melis Alpaslan Takan^{1*}, Süheyla Yerel Kandemir²

^{1*} Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1458-8162)

² Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bilecik, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4056-5383)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.824954)

ATIF/REFERENCE: Alpaslan Takan, M. & Yerel Kandemir, S. (2020). Türkiye'deki Jeotermal Enerjinin Birincil Enerji Arzı Yönünden Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 381-385.

Öz

Dünyada enerji kaynaklarının ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından jeotermal enerjinin yeri oldukça önemlidir. Jeotermal enerji, işletme maliyetinin ucuz olması, devreye girmesinin hızlı olması ve çevresel şartlardan etkilenmemesi gibi nedenlerden dolayı günümüzde elektrik enerjisi üretimi, ısıtma soğutma sistemleri, kimyasal madde ve mineral üretimi gibi birçok alanda oldukça tercih edilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Jeotermal enerjinin kullanılabilmesi için gerekli başlıca koşullar; ulaşılabilirlik, buharı ve sıcak suyu pazarlayabilmek amacıyla bir ürün haline getirmede dönüşüm teknolojisine sahip olmak ve ticari kullanımda ekonomik anlamda diğerleriyle rekabet edebilmek amacıyla etkin bir sürecin olmasıdır. Ülkemiz jeolojik ve coğrafik lokasyonu itibarıyla aktif bir tektonik kuşak üzerinde yer almaktadır. Bu yüzden jeotermal enerji açısından önemli bir potansiyele ve dünya ülkeleri arasında iyi bir konuma sahiptir. Günümüzde dünyada ve Türkiye'de nüfus artışı ve teknolojik gelişmelerin gittikçe artmasıyla birlikte, enerji tüketimi de buna bağlı olarak gün geçtikçe artmaktadır. Bu artışın ya da varsa trendin yıllara göre değişiminin belirlenmesi ve analiz edilmesi ilerisi için yapılacak planlamalarda büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin 2009-2018 yılları arasındaki jeotermal enerji birincil enerji arzı istatistiksel analiz yöntemleri kullanılarak değerlendirilmiştir. Bunun için yıllara göre birincil enerji arzı verileri, istatistiksel analiz yöntemlerinden Mann-Kendall trend analizi ve Şen'in eğim testi ile analiz edilmiştir. Analiz sonuçları ve elde edilen grafikler incelendiğinde birincil enerji arzında pozitif yönlü bir trend olduğu ve özellikle 2013 yılı ve sonrasında bu trendde ciddi bir artış olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar grafiklerle ve sonuç tablolarıyla detaylı olarak gösterilmiştir. Sonuç olarak nüfus artışı ve teknolojik ilerlemelere bağlı olarak jeotermal enerji birincil enerji arzının gittikçe artacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Jeotermal enerji, Mann-Kendall trend analizi, Şen'in eğim testi.

Evaluation of Geothermal Energy in Turkey in Terms of Primary Energy Supply

Abstract

The place of energy resources and especially geothermal energy, which is one of the renewable energy sources, is very important in the world. Geothermal energy is a highly preferred renewable energy source in many areas such as electrical energy production, heating cooling systems, chemical material and mineral production due to reasons such as low operating costs, fast activation and not being affected by environmental conditions. The main conditions for the use of geothermal energy are accessibility, having the transformation technology into a product in order to market steam and hot water, and having an effective process in order to compete with others economically in commercial use. Our country is located on an active tectonic belt in terms of its geological and geographical location. Therefore, it has an important potential in terms of geothermal energy and a good position among the world countries. Today, with the growing of population growth and technological development in the world and in Turkey, energy consumption is increasing day by day depending on this. Determining and analyzing this increase or trend over the years has a great importance in future planning. In this study, the primary energy supply of geothermal energy in Turkey between 2009-2018 were evaluated using statistical analysis methods. For this, primary energy supply data by years have been analyzed with statistical analysis methods Mann-Kendall trend analysis and Sen's slope test. When the analysis results and the graphs obtained are analyzed, it is observed that there is a positive trend in primary energy supply and a significant increase in this trend especially in 2013 and afterwards. All the obtained results are shown in detail with graphics and result tables. As a result, it is thought that the primary energy supply of geothermal energy will increase gradually due to population growth and technological advances.

Keywords: Geothermal energy, Mann-Kendall trend analysis, Sen's slope test.

1. Giriş

Enerji kaynakları, bir ülkenin sosyal refahı ve ekonomik kalkınması için vazgeçilmez faktörlerden biridir (Kandemir, 2016). Günümüzde enerji kaynakları, fosil ve yenilenebilir enerji kaynakları olmak üzere iki kısımda açıklanmaktadır. Petrol, kömür ve doğal gaz gibi enerji kaynakları fosil enerji kaynakları olarak adlandırılmaktadır (Küleççi, 2009). Güneş, rüzgâr, biyokütle, hidrojen ve jeotermal enerji gibi enerji kaynakları ise yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde incelenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları çevre dostu, güvenilir ve sınırsız rezerve sahip olmaları nedeniyle fosil yakıtlara göre daha tercih edilebilir durumdadır (Çukurçayır ve Sağır, 2008; Zaim ve Çavşi, 2008).

Nüfus artışı ve teknolojik gelişmeler gün geçtikçe enerji tüketimini artırmaktadır (Açıkkalp ve Yerel Kandemir, 2018). Fosil enerji kaynaklarının yakın zamanda tükenecek olması, çevre problemlerine ve dışa bağımlılığa neden olmasından dolayı yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı gün geçtikçe artmaktadır (Emeç vd. 2019). Jeotermal enerji kaynağı, yerkürenin ısısından kaynaklı sıcak bir akışkandan veya sıcak kuru kaya sistemlerinden elde edilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Mert ve Aydın, 2017). Jeotermal enerji yenilenebilir bir enerji kaynağı olması sebebiyle, işletme maliyeti diğer enerji türlerine göre daha ucuzdur ve devreye girmesi daha hızlıdır. Ayrıca çevresel şartlardan bağımsız olması onu tüm zamanlarda bakım hariç kullanılabilir kılmaktadır (Kayabaşı, 2018).

Ülkemiz çok önemli bir jeotermal kuşak üzerinde bulunmakta ve 1300'ün üzerinde jeotermal kaynak barındırmaktadır (Küleççi, 2009). Bundan dolayı, Türkiye jeotermal enerji kaynağı olarak Avrupa'da birinci dünyada ise yedinci sırada bulunmaktadır (Kayabaşı, 2018). Jeotermal kaynaklar su ve buhar sıcaklıklarına göre sınıflandırılmaktadır. Su ve buharları 20-70°C arasında olan jeotermal kaynaklara düşük sıcaklıklı jeotermal kaynaklar, 70-150°C olanlarına orta sıcaklıklı jeotermal kaynaklar ve 150°C'den fazla olanlarına ise yüksek sıcaklıklı (entalpili) jeotermal kaynaklar denilmektedir. Jeotermal kaynaklar günümüzde başta ısıtma olmak üzere kimyasal madde üretiminden elektrik üretimine kadar birçok alanda kullanılmaktadır (Yozgat İl Özel İdare Müdürlüğü 2016; Kumbur vd. 2005; Kılıç ve Kılıç, 2013; Akın, 2016).

Bu çalışmada, Türkiye'nin 2009- 2018 yılları arasındaki jeotermal enerjideki birincil enerji arzı istatistiksel analiz tekniklerinden trend analizi kullanılarak incelenmiştir. Çalışmanın 2. bölümünde materyal ve metottan bahsedilecektir. 3. bölümde araştırma sonuçları ve tartışma kısmı yer almaktadır. 4. bölümde yer alan sonuç kısmında ise elde edilen tüm sonuçlar ve ileriye yönelik yapılabilecek çalışmalar detaylı olarak analiz edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada, Türkiye'nin 2009-2018 yılları arasındaki birincil enerji arzı bakımından trend analizi yapılmış ve kullanılan verilerin anlamlılığı incelenmiştir.

2.2. Metot

Son yıllarda enerji arzına etki eden parametrelerin analizinde parametrik olmayan testler yaygın olarak kullanılmaktadır. Parametrik olmayan testlerde verilerin normal dağılmış olmasına gerek duyulmadan, verilerin sınıflama ya da sıralama ölçme düzeyinde toplanmış olması gerekmektedir. Örnekteki birim sayısı ne kadar artarsa parametrik olmayan testin gücü de o kadar artar. Bu nedenle çalışmamızda, Türkiye'nin 2009-2018 yılları arasındaki birincil enerji arzındaki herhangi bir trend varlığı ve yönünün olup olmadığının belirlenmesi için parametrik testler yerine parametrik olmayan testlerden: Mann Kendall test ve Şen'in eğim testi kullanılmıştır.

2.2.1. Mann Kendall Test

Mann Kendall testi, bir zaman serisinin monoton yukarı trendinin mi yoksa monoton aşağı trendinin mi olduğunu belirler. Verilerin normal dağılmış olmasını veya doğrusal olmasını gerektirmez. Otokorelasyon olmamasını gerektirir. Mann-Kendall testinin istatistiği S, aşağıdaki (1) eşitlik kullanılarak hesaplanır. (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004)

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (1)$$

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2)$$

Verilerin varyans ise (3) numaralı eşitlik kullanılarak hesaplanır.

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_t t(t-1)(2t+5)}{18} \quad (3)$$

Varyansı belirlenen verilerin, Mann Kendall testine göre önemli olup olmadığı ise standart normal değişken olan z 'nin eşitlik 4 ile hesaplanıp kritik z değeriyle karşılaştırılmasıyla belirlenmektedir. (Büyükyıldız ve Berktaş, 2004)

$$z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S > 0 \\ 0 & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}} & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Eğer seçilen α anlamlılık seviyesinde $|Z| \leq Z_\alpha$ ise H_0 hipotezi kabul edilir, aksi halde reddedilir. Hesaplanan S değeri pozitif ise artan, negatif ise azalan bir trendin olduğu belirlenir.

2.2.2. Şen'in eğim testi

Eğer verilere ait zaman serisinde lineer bir trend mevcut ise gerçek eğim (birim zamandaki değişim) parametrik olmayan bir yöntem ile değerlendirilebilir. Bir dizi (x, y) veri elemanına uyan bir regresyon çizgisinin eğimini tahmin etmenin en doğal yöntemi, en küçük kareler tahminine dayanır. Şen'in eğim testi veriler doğrusal bir çizgiye uymadığında geçerli değildir; aykırı değerlere karşı da hassastır. Şen'in eğimi şu şekilde tanımlanır (Gocic ve Trajkovic, 2013):

x_i : i zamanındaki veriler ve x_j : j zamanındaki veriler olmak üzere;

$$\text{Şen'in eğimi: } Q_k = \left\{ \frac{x_j - x_i}{j - i} : i < j \right\} \quad (5)$$

Q_k : $k = (1, \dots, N)$

n zaman periyotlarının sayısı olmak üzere:

$$N = n(n - 1)/2 \quad (6)$$

Hesaplanan Q_k değerleri küçükten büyüğe doğru sıralanır. N adet Q_k değerinin medyanı alınarak ilgili gözlemin birim zamandaki değişimi aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$Q = Q_{(N+1)/2} \quad N \text{ tek ise.} \quad (7)$$

$$Q = \frac{1}{2} [Q_{N/2} + Q_{(N+2)/2}] \quad N \text{ çift ise.} \quad (8)$$

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

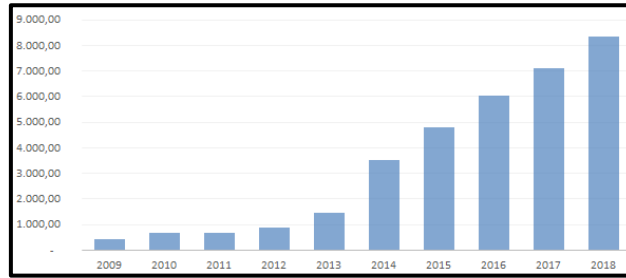
Türkiye'nin enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Jeotermal enerji, işletme maliyetinin ucuz olması, devreye girmesinin hızlı olması ve çevresel şartlardan etkilenmemesi gibi birçok nedenden dolayı günümüzde tercih edilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu çalışmada, Türkiye'nin 2009-2018 yılları arasındaki jeotermal enerji birincil enerji arzı trend analizi kullanılarak incelenmiştir. Analizde kullanılan veriler Enerji Genel Müdürlüğü web sitesinden alınmıştır (<https://www.eigm.gov.tr/tr-TR/>). Alınan veriler analiz için derlenmiş ve betimleyici istatistik sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1 incelendiğinde gözlem sayısının 10 olduğu, ortalamanın 3400 ve varyansın 8982772 olduğu görülmektedir. Kullanılan verilere ait histogram grafiği ise Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 2 'de jeotermal birincil enerji arzına ait saçılım grafiği, Şekil 3'de ise çizgi grafiği gösterilmektedir. Şekil 2 ve Şekil 3 incelendiğinde, verilerde artan bir trend olduğu görülmektedir. 2009 ile 2012 yılları arasında birincil enerji arzı değerlerinde çok az bir pozitif trend olmasına rağmen değerlerin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ancak özellikle 2013 yılı ve sonrasında jeotermal enerji birincil enerji arzında da ciddi bir artış ve pozitif yönde bir trend görülmektedir.

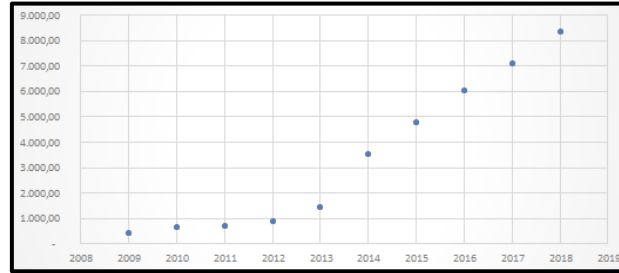
Tablo 1. 2009-2018 yılları arasındaki jeotermal enerji birincil enerji arzına ait betimleyici istatistik

İstatistik	Birincil Enerji Arzı (JEOTERMAL)-GWh
Gözlem sayısı	10
Minimum	436
Maksimum	8343
Medyan	2493
Ortalama	3400
Varyans	8982772
Standart sapma	2997

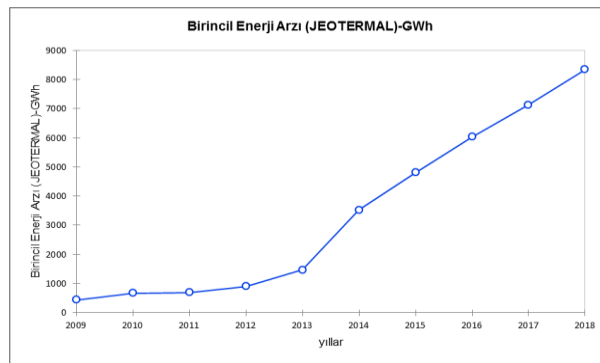
Şekil 1. Jeotermal enerji birincil enerji arzına ait histogram



Şekil 2. Jeotermal enerji birincil enerji arzına ait saçılım grafiği



Şekil 3. Jeotermal enerji birincil enerji arzı verilerine ait çizgi grafiği



Türkiye'nin 2009-2018 yılları arasındaki jeotermal enerji birincil enerji arzı verilerine ait hipotez testleri aşağıda verilmiştir:

H_0 : Jeotermal enerji birincil enerji arzı verilerinde trend bulunmamaktadır.

H_a : Jeotermal enerji birincil enerji arzı verilerinde trend bulunmaktadır.

Yukarıda verilen hipotez testleri Mann Kendall trend testi ile analiz edilmiş ve sonuçları Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2 incelendiğinde alfa 0,05 anlamlılık düzeyinde Kendall's tau değerinin 1, S değerinin 45, Var(S) değerinin 125 olduğu görülmektedir. Hesaplanan p değeri anlamlılık düzeyi olan alfadan ($\alpha=0,05$) küçük olduğundan, H_0 hipotezi reddedilir. H_a kabul edilir. Yani jeotermal enerji birincil enerji arzı verilerinde trend bulunmaktadır. Elde edilen grafikler ile test sonucu uyumludur.

Tablo 2. Mann-Kendall trend analizi sonuçları

Kendall's tau	1
S	45
Var (S)	125
p-değeri (Çift yönlü)	< 0,0001
alfa	0,05

Tablo 3. Şen'in eğim testi

	Değer	Alt sınıır (95%)	Üst sınıır (95%)
Eğim	1068,000	714,000	1229,000
Kesişim	-2147054,000	-2309368,000	-1790763,000

Şen'in eğim testine göre (Tablo 3), alt sınıır (%95) iken eğim değeri 714; üst sınıır (%95) iken eğim değeri 1229 olarak bulunmaktadır. Kesişim noktası ise -2147054'dir.

4. Sonuç

Jeotermal enerji, ülkemizde özellikle son zamanlarda hızla yayılan enerji türleri arasında yer almaktadır. Gerek doğaya ve insana olan zararsızlığı, gerekse düşük maliyetli olması sebebi ile en çok tercih edilen yenilenebilir enerji kaynakları arasında yer almaktadır. Jeotermal enerji günümüzde elektrik üretimi ve termal uygulamaların gerektirdiği endüstriyel süreçlerde oldukça fazla kullanılmaktadır. Yıllar içerisinde hem dünyada hem de ülkemizde birincil enerji arzına yönelik trendler görülmektedir. Ülkemiz çok önemli bir jeotermal kuşak üzerinde bulunduğundan ve jeotermal kaynak bakımından zengin olduğundan bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin 2009- 2018 yılları arasındaki jeotermal enerjideki birincil enerji arzı istatistiksel analiz tekniklerinden trend analizi teknikleri kullanılarak incelenmiştir. Bu teknikler, Mann Kendall testi ve Şen'in eğim testidir. Kullanılan yöntemlerde ve elde edilen grafiklerde analiz edilen verilerde pozitif yönlü bir trend olduğu gözlemlenmiştir.

İleriki çalışmalarda farklı ülkelerdeki jeotermal enerji birincil enerji arzı incelenebilir ve bu arzın nasıl değiştiği ya da benzeştiği irdelenebilir. Jeotermal enerjinin farklı ülkelerdeki durumu göz önüne alınarak çeşitli trend analizleri kullanılarak elde edilen sonuçlar kıyaslanabilir.

Kaynakça

- Açıkkalp, E., Yerel Kandemir, S. (2018). Optimum insulation thickness of the piping system with combined economic and environmental method. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 40(23), 2876-2885.
- Akın, G. (2016). Yozgat İlinin Jeotermal Kaynakları ve Özellikleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 37, 100-112.
- Büyükyıldız, M., Berktaş, A. (2004). Parametrik olmayan testler kullanılarak sakarya havzası yağışlarının trend analizi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 23-38.
- Çukurçayır, M. A., Sağır, H. (2008). Enerji Sorunu, Çevre ve Alternatif Enerji Kaynakları. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20, 257-278.
- Emeç, Ş., Adar, T., Akkaya, G., Delice, E. K. (2019). Efficiency Assessment of Hydroelectric Power Plant in Turkey by Data Envelopment Analysis (DEA). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 34-45.
- Gocic, M., Trajkovic, S. (2013). Analysis of changes in meteorological variables using Mann-Kendall and Sen's slope estimator statistical test in Serbia. *Global and Planetary Change*, 100, 172-182.
- Kandemir, S. Y. (2016). Assessment of coal deposit using multivariate statistical analysis techniques. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 38(7), 1002-1006.
- Kayabaşı, R. (2018). Jeotermal Enerji Kaynaklı Atık Isının Seralarda Kullanılması ve Sera Yetiştiriciliğine Etkisi. *Soma Meslek Yüksekokulu Teknik Bilimler Dergisi*, 3(27), 24-38.
- Kılıç, Ç., Kılıç, F., Keskin, M. (2013). Jeotermal enerji ve Türkiye. *Mühendis ve Makine*, 54 (639), 45-56.
- Kumbur, H., Özer, Z., Özsoy, D. H., Avcı, D. E. (2005). Türkiye'de geleneksel ve yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çevresel etkilerinin karşılaştırılması, III. Ulusal Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Mersin.
- Külekcı, Ö. C. (2009). Yenilenebilir enerji kaynakları arasında jeotermal enerjinin yeri ve Türkiye açısından önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 83-91.
- Mert, B. A., Aydın, A. (2017). Çaldıran/VAN Jeotermal Enerji Kaynakları ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 12-20.
- Yozgat İl Özel İdare Müdürlüğü (2016), Yozgat Jeotermal Kaynakları ve Jeotermal Kuyu Bilgileri, 1-40, Yozgat.
- Zaim, A., Çavşı, H. (2018). Türkiye'deki jeotermal enerji santrallerinin durumu. *Mühendis ve Makine*, 59 (691), 45-58.



Futbol Müsabakaları ile İlgili Tweetlerin Anlık Duygu Analizi

Rıza Korkusuz^{1*}, Aydın Carus²

¹ Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2742-886X)

² Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Edirne, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3370-5974)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.821200)

ATIF/REFERENCE: Korkusuz, R. & Carus, A. (2020). Futbol Müsabakaları ile İlgili Tweetlerin Anlık Duygu Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 386-396.

Özet

Sosyal medya, insanların kendilerini ifade edebildikleri ortamlar olarak çok kullanılmaktadır. Bu sebeple Facebook, Instagram ve Twitter gibi sosyal medya ortamlarının kullanıcı sayıları giderek artmaktadır. Sosyal medya kullanıcılarının paylaşımları analiz edilerek ilgili konu hakkındaki duyguları ortaya çıkarılabilmektedir. Sosyal medya platformu olan Twitter da politikacılar, spor kulüpleri, şirketler, aktivistler kısaca neredeyse tüm bireyler ve kurumlar için kendilerini ifade etme ortamı haline gelmiştir. Hemen hemen tüm futbol takımlarının taraftarları için haberlerini paylaştıkları Twitter hesapları vardır. Kullanıcılar Twitter'da futbol müsabakası esnasında ve sonrasında da mesaj paylaşabilmektedir. Bu çalışmanın konusu, Twitter ortamında futbol takımları ve futbol müsabakaları hakkında Twitter kullanıcılarının paylaşımlarının duygu analizi ile ilgilidir. Bu çalışmada Twitter'da futbol müsabakaları hakkında paylaşılan 30.000 Türkçe tweet ile anlık duygu analizi yapılmıştır. Eğitim setlerindeki sınıflandırma hatalarını en aza indirmek için toplanmış olan tweetler el ile etiketlendikten sonra yine aynı kişi tarafından farklı zamanlarda beşer defa kontrol edilmiştir. Bu etiketlemede olumlu, olumsuz, tarafsız ve alakasız olarak 4 duygu sınıfı kullanılmıştır. Bu etiketlenmiş tweetlerden farklı özniteliklere sahip 12 farklı eğitim seti oluşturulmuştur. Oluşturulan bu eğitim setleri kullanılarak farklı sınıflama algoritmaları ile modeller çıkarılmış ve bu modellerin çapraz doğrulama ile sınıflama başarımları bulunmuştur. Farklı özniteliklere sahip olarak oluşturduğumuz eğitim setleri, belirlenen sınıflandırma algoritmaları ile test edilmiş ve algoritmalarının sınıflandırma doğrulukları; Naive Bayes algoritması için %84.30, K-En Yakın Komşu (KNN- K-Nearest Neighborhood) algoritması için %87.73, C4.5 algoritması için %89.60, Destek Vektör Makinesi (SVM- Support Vector Machine) algoritması için %92.30 olarak bulunmuştur. Çalışmada zemberek kütüphanesi kullanılarak Türkçe tweetlerde yaklaşık 48.000 kelimenin düzeltilmesi, sınıflandırma başarımına olumlu katkı sağlamıştır. Ayrıca futbol müsabakaları hakkında paylaşılan tweetleri anlık olarak toplayıp, oluşturulan modeller ile bu tweetlerin sınıfını tespit ederek sınıflara ait sonuçları gerçek zamanlı görselleştiren bir uygulama geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anlık Duygu Analizi, Makine Öğrenmesi, Twitter, Veri Madenciliği.

Real Time Sentiment Analysis of Tweets about Football Matches

Abstract

Social media is frequently used as a platform where people can express themselves. For this reason, the number of users of social media platforms such as Facebook, Instagram and Twitter has been gradually increasing. By analyzing the shares of social media users, their feelings about the relevant subject can be revealed. Twitter, as a social media platform, has become a medium for politicians, sports clubs, companies, activists, briefly for almost all individuals and institutions, to express themselves. Almost all football teams have Twitter accounts where they share their news with their fans. Users can share messages on Twitter during and after the football matches. This study is about the sentiment analysis of Twitter users' posts about football teams and football matches on Twitter. Within the scope of this study, a real-time sentiment analysis was made by using 30,000 Turkish tweets shared about football matches on Twitter. In order to minimize the classification errors in the training sets, the collected tweets were manually tagged and then checked five times by the same annotator at different times. In the labeling process, 4 sentiment classes were used as positive, negative, neutral, and irrelevant. 12 different training sets with different attributes were created from these tagged tweets. Using these training sets, models were created with different classification algorithms and classification performance of these models

* Sorumlu Yazar: Trakya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2742-886X,
rizakorkusuz@gmail.com

with cross-validation was evaluated. The training sets that we have created with different attributes have been tested with the specified classification algorithms and the classification accuracies of the algorithms are 84.30% for Naive Bayes, 87.73% for K-Nearest Neighborhood (KNN- K-Nearest Neighborhood), 89.60% for C4.5, and 92.30% Support Vector Machine (SVM- Support Vector Machine). In this study, the correction of approximately 48,000 words in Turkish tweets by using the Zemberek library contributed positively to the classification performance. In addition, an application was developed that collects the tweets shared about football matches in real-time and it determines the class of these tweets with the models created and visualizes the class results.

Keywords: Real Time Sentiment Analysis, Machine Learning, Twitter, Data Mining.

1. Giriş

Duygu, insanların kişiliğini ve davranışsal özelliklerini yansıtan karmaşık ve çok boyutlu bir özelliktir. İnsanlar farklı konular, olaylar, kişiler hakkında günlük yaşamlarında duygularını ifade ederler. Diğer insanlara duygularını konuşarak ve yüz ifadeleriyle gösterirler. Ancak, teknolojinin ve sosyal medyanın yaygınlaşması ile insanlar duygularını, sosyal medya gönderileri kullanarak ifade etmektedir. Sosyal medya platformları, ürünler hakkında yorum, herhangi bir konu hakkında kullanıcı görüşleri gibi bilgiye dönüştürülebilecek birçok ham veriye sahiptir. Kullanıcılar, çok sık olarak sosyal medya ortamlarında, metin, resim, ses gibi farklı biçimlerde paylaşım yapmaktadırlar. Bir dakikada sosyal medya ortamlarından Twitter'da 481.000 tweet paylaşmakta, YouTube'da 4,5 milyon video izlenmekte, Facebook'a 1 milyon kullanıcı giriş yapmakta ve Instagram'da 347.222 fotoğrafa bakılmaktadır [1]. Bu ortamlarda kullanıcılar birbirleriyle etkileşime girmektedir. Kullanıcıların birbirleriyle en çok etkileşime girdiği sosyal medya ortamı olan Twitter'da ortalama olarak her saniye yaklaşık 6.000 tweet atılıyor, bu da dakikada 350.000'den fazla tweet'e, günde 500 milyon tweet'e ve yılda yaklaşık 200 milyar tweet'e karşılık geliyor [2]. Twitter 330 milyon aylık aktif kullanıcıya, 152 milyon günlük aktif kullanıcıya sahiptir [3]. Twitter'da kullanıcılar düşüncelerini ve duygularını daha az sözcükle paylaşmaktadır. Kullanıcılar tek bir tweette en fazla 280 karakter ile düşüncelerini ve duygularını ifade edebilmektedir. Bu da tweetlerin okunmasını ve yayılmasını kolaylaştırmaktadır.

Sosyal medya ortamlarından Twitter, kullanıcıların takipçileri ile paylaşım yapma ve iletişim kurma konusunda en önemli ortamlardan biri haline gelmiştir. Twitter, kullanıcılarına sportif, kültürel, ekonomik, politik ve diğer birçok alandaki olaya ilişkin görüşlerini, fikirlerini, yargılarını, kaygılarını ve tutumlarını ifade etme fırsatı sunmaktadır [4]. İnsanlar filmler, ürünler, markalar ve diğer çeşitli konularda tweetler atmaktadır. Bu tweetlerdeki en önemli ve değerli veriler kullanıcıların bir konu hakkındaki duyarlılığıdır. İnsanlar bir tweet paylaştıklarında konuştukları konuya, memnuniyetini ya da memnuniyetsizliğini, olumlu duygusunu ya da olumsuz duygusunu katmaktadır. Twitter verilerinin kullanıldığı bazı alanlar “Duygu Analizi”, “Dilbilimsel Analiz”, “Verilerin Karşılaştırılması”, “Etkileyenlerin Belirlenmesi”, “Afet Yönetiminde Öngörü Yapma”, “Bilgi Sistemi”, “İnsan Üzerine Etki”, “İlgili Konunun Belirlenmesi”, “Bilgisayar İletişimi”, “Siber Suç Tespiti”, “Kamuoyu Sağlık Hizmeti”, “Hastalık Yönetimi”, “Gelecekteki Etkinlik Tahmini” ve “Tıbbi Şikayetler” gibi alanlardır [5]. Twitter'da, Hastalık salgınları, borsadaki hareketlilik ve seçim sonuçları tahminleri araştırılmıştır [6]. Otomobillerle ilgili tüketici şikayetlerini tespit etmek için twitter verisi kullanılmıştır [7]. Londra 2012 Olimpiyat Oyunları sırasında turizm ürün ve hizmetlerinin algılanan kalitesini değerlendirmek için Twitter takip edilmiştir [8]. Paylaşılan tweetlerden, filmlerin gişe gelirlerini tahmin etmek için yapılmış çalışma mevcuttur [9]. Yine benzer şekilde H1N1 gibi salgın hastalıkların yayılımını takip etmek için yapılmış çalışmalar da vardır [10]. Benzer şekilde paylaşılan tweetler üzerinden meydana gelen bir depremin etkilerini izlemek için bir çalışma yapılmıştır [11]. Herkese açık olan gerçek zamanlı paylaşımlar ile kullanıcıların duygu analizi yapılabilmektedir. Duygu analizi yazılı metinde ifade edilmiş duyguların, düşüncelerin tespiti ve analizi ile de ilgilenir. Duygu analizleri sayesinde kişiler, olaylar, ürünler, markalar, müsabakalar vb. gibi daha birçok konuda paylaşım yapanların görüşleri hakkında bilgi sahibi olunabilir. Bazı firmalar ilgili oldukları sektör ile ilgili Twitter paylaşımlarını takip ederek piyasa analizi yapar ve firmalarına buradan ele ettikleri bilgilere göre yön verirler [12]. Firmalar, tüketicilerinin, ürünleri hakkındaki görüşlerini bilmek istemekte ve ürünleri hakkında görüşleri öğrenmek için duygu analizleri yapmaktadır [13]. Birçok firma müşterilerine ürünlerini tanıtmak ve kampanyalarını duyurmak için Twitter ortamını kullanmaktadır [14]. Bazı duygu analizi çalışmalarında, hisse senedi fiyatları, sinema gişesi gelirleri ve siyasi seçimler gibi sosyal olayların, sosyal medyadan etkilendiği iddia edilmektedir [15]. Twitter üzerinden yapılan anketler ile ifade edilen görüşlere dayanarak kamuoyunun fikrini dolaylı olarak anlamak için yapılmış çalışmalar mevcuttur [16]. Tweet paylaşımları üzerinden duygu analizi için tek tek kelimeler veya kısa metinlere dayalı etiketleme yapılır. Bu duygu etiketlemesi dil, etki alanı ve çoğu zaman konuya özeldir [17]. Duygu analizi, insanların fikirlerini, görüşlerini, değerlendirmelerini, tutumlarını ve duygularını yazılı dilden analiz edilen çalışma alanıdır [18]. Amacı, konulara yönelik olarak görüş, duygu veya tutumları ortaya çıkarmaktır [19].

Duygu analizinin farklı birçok alan yanında birçok toplumun hayatında önemli bir yere sahip olan futbol hakkında da çalışmalar mevcuttur. Ancak anlık olarak Türkçe futbol tweetleri üzerine duygu analizi çalışmasına rastlanmamıştır. Futbol müsabakalarında da ile ilgili tweetlerde heyecan, hayal kırıklığı, üzüntü, neşe, kızgınlık, kardeşlik vb. duygular ifade edilir. Twitter'da Dünya Kupası 2014 ile ilgili [20], #FIFA, #Fotball, #Worldcup ve #Soccer gibi etiketleri içeren tweetler toplanmış ve öfke, sevinç, hüzn, nefret ve sürpriz gibi 8 duygu durumu ölçülmüştür. Futbol müsabakaları ile ilgili yorumlar, serbest vuruşlar, penaltılar, goller, fauller ve hakem kararları gibi birçok faktör oyun sırasında taraftarların duygusal tepkilerini değiştirebilir. Bu çalışma ile Twitter'da futbol müsabakaları hakkında paylaşılan Türkçe tweetler üzerinden, taraftarların duyguları anlık olarak tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca anlık olarak tahmin edilen duyguların görselleştirilmesi için bir uygulama geliştirilmiştir.

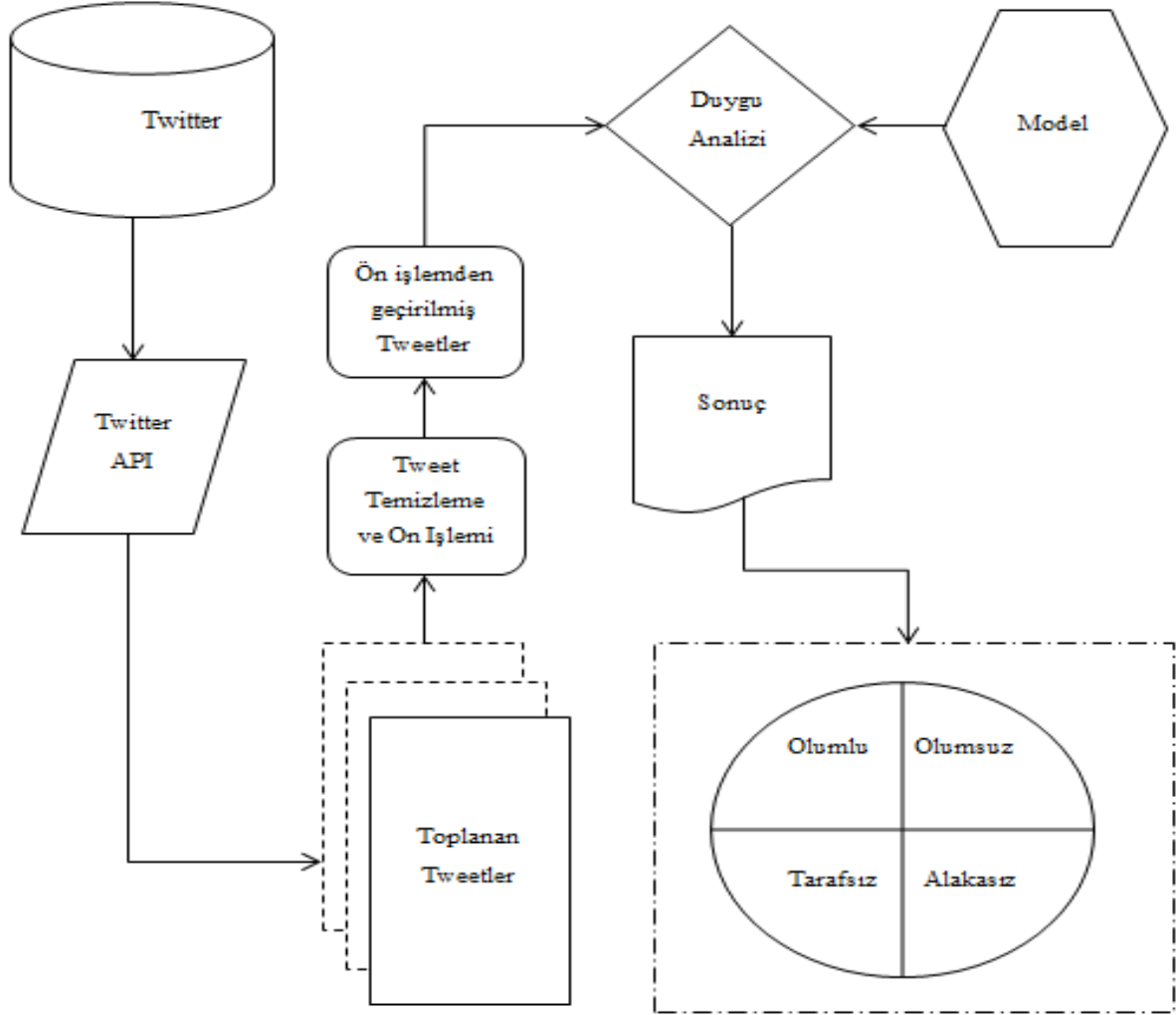
Bu makalenin giriş bölümünde, sosyal medya platformlarından olan twitter paylaşımlarından makine öğrenmesi algoritmaları kullanılarak yapılan duygu analizi çalışmasının amacı anlatılmıştır. İkinci bölümde, Twitter platformundan anlık veri toplayan ve bu verileri kaydetmek, temizlemek, etiketlemek gibi çeşitli ön işlem ve sonrası işlemleri yerine getirmek için geliştirilen uygulama anlatılmıştır. Üçüncü bölümde, toplanan tweetlerin etiketlendikten sonra öznitelik çıkarımı, oluşturulan veri setlerinin yapıları ve birbirlerinden farklarından bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde, makine öğrenmesi için geliştirilmiş olan Weka yazılım aracı

kullanılarak oluşturulan eğitim setlerinin makine öğrenmesi algoritmalarına bağlı sınıflama başarımları analiz edilmiş ve elde edilen sonuçlar birbiriyle kıyaslanmıştır. Çalışmanın son bölümünde sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Twitter’da paylaşılan tweetler anlık toplanarak tweetlerin gerçek zamanlı duygu analizi için model bir uygulama geliştirilmiştir. Farklı özneliklere sahip eğitim setlerine ait modellerin oluşturulması için; tweetlerin toplanması ve ön işlemden geçirilmesi, tweetlerin el ile etiketlenmesi, belirlenmiş algoritmalar kullanılarak sınıflayıcı modellerin oluşturulup, modellerin çapraz doğrulama ile testlerinin yapılması işlemleri yapılmıştır. Tweetinvi² kütüphanesinin yardımıyla Twitter Streaming API kullanılarak C#.NET programlama dili ile geliştirilen uygulama üzerinden; Twitter’den belirlenen “Fenerbahçe, Galatasaray, Beşiktaş, Trabzonspor, maç, gol, galibiyet, mağlubiyet, futbol, hakem, penaltı” vb. gibi spora ait belirlenmiş anahtar kelimelerine göre tweetler filtrelenerek toplanmıştır. Toplanan tweetler 2.2. veri ön işleme bölümünde anlatıldığı gibi ön işlemden geçirilmiştir. Ön işlemden sonra, etiketleme için geliştirilmiş olan uygulama yardımıyla bu tweetler olumlu, olumsuz, tarafsız ve alakasız olarak el ile etiketlenmiştir. Etiketlenen tweetler üzerinden öznelik belirleme işlemleri yapılmıştır ve 12 farklı eğitim seti oluşturulmuştur. Bu eğitim setleri Weka aracı kullanılarak makine öğrenmesi algoritmaları ile test edilmiştir ve modeller oluşturulmuştur.

Oluşturulan bu modelleri kullanarak anlık olarak toplanan tweetleri sınıflandıran uygulama geliştirilmiş ve bu uygulama ile tweetler olumlu, olumsuz, tarafsız ve alakasız olarak sınıflandırılarak tüm sınıflara ait tweet sayıları anlık değişen grafik olarak gösterilmiştir. Anlık duygu analizi için sistem mimarisi Şekil 1’de yer almaktadır.



Şekil 1. Anlık duygu analizi sistem mimarisi

² <https://www.nuget.org/packages/TweetinviAPI/>

2.1. Veri Seti

Eğitim veri setlerini oluşturmak için, futbol sporuna ait belirlenen kelimeler ile filtreleme yaparak tweetler toplanmış ve bu tweetlerden farklı özneliklere sahip eğitim veri setleri oluşturulmuştur. Eğitim veri setlerini oluşturmak için farklı zamanlarda farklı futbol müsabakaları oynanırken atılan tweetleri depolamak için yerel sunucu bilgisayar kullanılmıştır. Bu amaçla toplanan 30.000 tweetten el ile etiketleme yapılarak farklı özneliklere sahip eğitim setleri oluşturulmuştur. Bir sınıf lehine yanlılığın engellenmesi için her bir sınıftan eşit sayıda (olumlu, olumsuz, tarafsız, alakasız) etiketli 7.500'er tweet ile dengeli eğitim veri setleri oluşturulmuştur. Anlık olarak paylaşılan tweetlere erişmek için geliştirilen model uygulama arayüzü Şekil 2'de gösterilmektedir.

Eğitim veri setlerini oluşturmak için filtrelenmiş olarak tweetler toplanırken futbol müsabakası ile ilgili olmayan reklam içeren veya farklı konuları içinde barındıran birçok tweet de toplanmıştır. Anlık olarak sınıflandırma yapılırken de bu alakasız tweetlerin olabileceği düşüncesiyle bu tür tweetler de alakasız olarak etiketlenmiş ve değerlendirilmeye alınmıştır.

- X

Anlık Duygu Analizi İşlem Ekranı

Twitter Arama Veri Etiketleme

Anlık Tweet Toplama

Filtre Kelimeler

Toplanan Tweet

Twitter API

Kredi Limiti Kalan Arama Kredisini Arama Kredisini Tekrar Yenilenecek

Temizlenmiş Tweetler

kadroda yok, Fenerbahçe maçının iyilerindendi.
Fenerbahçe Beko'nun konuğu Beşiktaş Sompö Sigorta
Yalnız bütün bu olan bitenlere rağmen an itibarıyla ligde en çok galibiyeti olan tkm yine de Fenerbahçe
Büyük Fenerbahçe Taraftarı! OmuzOmuzŞampiyonluğa
Eee haksiz değiller yani
İyi geceler Büyük Fenerbahçe Taraftarı!
Çünkü Fenerbahçe ve Galatasaraya gol atıyor
Fenerbahçe sol bek, kanat ve maddi imkana göre forvet alacak. Zajc ve Jailson için gelecek teklifler değerlendirilecek.
Bunlara bundan sonra böyle her yerde böyle olmalı ZTK maçlarında stada gelecekleler o zaman iyi birşeyler yapmak lazım
Bakın ben su içiyorum, Fenerbahçe de böyle bir bardak su içsin
Günün teklisi Fenerbahçe u19 Kasımpaşa u19 2.5 Üst 1.60 Üyelik için ;
Şimdi Fenerbahçe de oynamak istiyorum diyor. İnsan gelme de diyemiyor
Fenerbahçe Beko'nun konuğu Beşiktaş Sompö Sigorta
Fenerbahçe penaltı kazanıyor Sizlerden bu paylaşımı beni seneler önce engelleyen Fenerbahçe maşasına iletmenizdir. Neden stadyumda tiyatro olmaz maç oynandı Fenerbahçe kötü oynadı kazandı tarafsız bakarsanız yüzde 100 penaltılar doğru hakem iyi maç yönetti geçen hafta iyi oynadı 2 penaltısı verilmedi tarafı olan hiç ses çıkarmadı kaleci çok iyiydi lütfen artık başkanlar hocalar seyirci Hafta içi Cuma akşamı Kadıköy'de 38 bin Ataşehir de 9 bin taraftar işinize gelmeye bilir AMA SİZ Not edin BUNU Bu Fenerbahçe bu Fenerbahçe alsin bunu vutrlisında kouslarda derece netirir

Şekil 2. Tweet toplamak için geliştirilen uygulama arayüzü

2.2. Veri Ön İşleme

Parlar yaptığı çalışmada [21] Türkçe yorumların analizinde, belirli noktalama işaretlerinin ve etkisiz kelimelerin olumlu yönde katkıda bulunduğu sonucuna varmıştır. Noktalama işaretlerinin duygu ifade ederken katkı sağladığı düşüncesiyle eğitim seti için el ile etiketleme işlemi yapıldıktan sonra noktalama işaretleri ve etkisiz kelimeler kaldırılmıştır. Çalışmada retweet yapan kullanıcıların tweeti paylaşan kullanıcı ile aynı fikirde fakat eğitim setindeki diğer öznelikleri farklı olduğu düşünülerek retweetler göz ardı edilmemiştir. Tweetlerde, gereksiz veriler temizlenip, temizlenmiş tweetlerden eğitim setleri oluşturulmuştur. Eğitim seti oluşturmak için yapılan veri ön işlemleri, etiketleme işleminden önce ve sonra olarak 2 aşamada yapılmıştır. Tablo 1'de eğitim veri setlerinin oluşturulması için el ile etiketleme işleminden önce ve etiketleme işleminden sonra yapılmış veri ön işleme işlemleri gösterilmiştir.

Tablo 1. Etiketleme işleminden önce ve sonra yapılan veri ön işleme işlemleri

El İle Etiketleme İşleminden Önce		El İle Etiketleme İşleminden Sonra	
İçerik	Ön İşleme	İçerik	Ön İşleme
#kelime (#Fenerbahçe, #TSvFB gibi)	Temizlendi.	Noktalama işaretleri (! ? , . " ' ;)	Temizlendi.
@kullanıcıadı kullanıcıların tweetlerine verilen yanıtlar ('@' ile başlayanlar)	Temizlendi	Büyük harfler	Tüm içerik küçük harfe çevrildi.
URL'ler, küçük URL'ler ve Link'ler	Temizlendi.	Sayılar	Temizlendi.
Alfabede olmayan karakterler	Temizlendi.	Kelime	Kelimelerin kökleri çıkartıldı.
Emojiler	Temizlendi.	Tekrar eden kelimeler	Tekillendi.
Birden fazla boşluklar	Temizlendi.	Etkisiz Kelimeler	Temizlendi.

Bu şekilde 2 aşama olarak yapılan veri ön işleme işlemlerinden önce tweetin ham hali ve tweetin temizlenmiş haline örnek Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 2. Etiketleme işlemi öncesi ham tweet ve temizlenmiş tweet örneği

Ham Tweet	Temizlenmiş Tweet
RT @futbolarena: Trabzonspor, Fenerbahçe kaleisne gonderdğı 26. şutta 2. golu buldu. Fenerbahçe çok kötü oynyor... #TSLive #TSvFB 😊 😊 😊 https://t.co/t7fOLB1LYd	Trabzonspor, Fenerbahçe kaleisne gonderdğı 26.şutta 2.golu buldu. Fenerbahçe çok kötü oynyor...

2.3. Türkçe Doğal Dil İşleme Kütüphanesi

Zemberek [22] Kütüphanesi, Türkçe için açık kaynaklı bir doğal dil işleme kütüphanesidir. Kaplan yaptığı çalışmasında [23], tweetlerdeki tüm yazım hatalarını gidererek doğru bir şekilde sınıflandırmak için Zemberek kütüphanesini kullanmıştır. Bu çalışmada da bazı eğitim setlerinin oluşturulmasında Zemberek Kütüphanesi kullanılarak yazım denetimi, kelime köklerini bulma, yanlış yazılmış kelimeleri düzeltme ve kelime önerme gibi işlemler yapılmıştır. Zemberek kütüphanesi kullanılarak yapılan yazım denetimi örnek Tablo 3'de görüldüğü gibi hem imlaya göre kelime düzeltmesi yapılmış hem de anlama göre kelime düzeltmesi yapılmıştır.

Tablo 3. Zemberek kütüphanesi kullanılarak yazım denetimi

Ham Tweet	Zemberek İmlaya Göre Kelime Düzeltmesi Yapılmış ve Temizlenmiş Tweet
RT @futbolarena: Trabzonspor, Fenerbahçe kaleisne gonderdğı 26. şutta 2. golu buldu. Fenerbahçe..... çok kötü oynyor... #TSLive #TSvFB 😊 😊 😊 https://t.co/t7fOLB1LYd	trabzonspor fenerbahçe kalesine gönderdiği şutta golü buldu fenerbahçe çok kötü oynuyor
Ham Tweet	Zemberek Anlama Göre Kelime Önerisi Yapılmış ve Temizlenmiş Tweet
RT @futbolarena: Trabzonspor, Fenerbahçe kaleisne gonderdğı 26. şutta 2. golu buldu. Fenerbahçe.....çok kötü oynyor... #TSLive #TSvFB 😊 😊 😊 https://t.co/t7fOLB1LYd	trabzonspor fenerbahçe kalesine gönderdiği şutta golü buldu fenerbahçe çok kötü oynuyor
Ham Tweet	Zemberek Yazım Denetimi Yapılmış Tweet
RT @futbolarena: Trabzonspor, Fenerbahçe kaleisne gonderdğı 26. şutta 2. golu buldu. Fenerbahçe çok kötü oynyor... #TSLive #TSvFB 😊 😊 😊 https://t.co/t7fOLB1LYd	trabzonspor fenerbahçe kalesine gönderdiği şutta golü buldu fenerbahçe çok kötü oynuyor

2.4. Eğitim Veri Setlerini El ile Etiketleme

Eğitim setleri için el ile etiketleme aşamasında Şekil 3'te verilen uygulama arayüzü üzerinden tweetler 4 sınıf olarak etiketlenmiştir. Eğer tweet içinde birden fazla duygu ifade ediliyorsa, tweette ifade edilen güçlü olan duygu etiketlenmiştir. Yapılan etiketleme işlemi sırasında farklı özniteliklere sahip eğitim dosyaları arff dosya formatında oluşturulmuştur.

Anlık Duygu Analizi İşlem Ekranı

Twitter Arama Veri Etiketleme

Veri Etiketleme Ekranı

Arff Dosya Formatı

Arff Dosyalarını Oluştur

Etiketli Verileri Aktar

Ve tam bir bomba mac!!! kırmızı kartlık ve penaltı pozisyonu veriyo izleyenlere, güzel gol attı güzel gol hediye etti...

Android,Uzunluk3,False,Hashtags0,False,Perşembe,Dilim12,22,58,2017,2,4,3,5,13,False,False,False,'KonumYok'

Geri İleri Başla Olumlu Olumsuz Tarafsız Alakasız

Veri Ön İşlemleri

Zemberek Kelime Düzeltici ve Önerici

Türkçe Kelime Denetimi 1

Temizlenmiş Durak Kelime Sayısı 5

Temizlenmiş Tekrar Eden Kelime Sayısı 1

Tweetdeki Kelimelerin Kökleri 11

Şekil 3. Veri etiketleme arayüzü

2.5. Oluşturulan Veri Setleri

Eğitim veri setlerinde yer alan veriler veri ön işleme aşamasından geçerek oluşturulmuştur. Tablo 4'te el ile etiketleme işleminden önce ham tweet ve tweetin veri ön işleme yapılmış şekli verilmiştir.

Tablo 4. Ham tweet ve etiketleme işleminden önce veri ön işleme yapılan tweet

Ham Tweet	Maç özetleri ve Maç yayınları ligin 20.haftasını Tüm Maçları birazdan izlyin bc.vc/THuohfi #maçyayını #yayın #link #Galatasaray #Beşiktaş
Etiketlemeden önce işlenmiş Tweet	Maç özetleri ve Maç yayınları ligin 20.haftasını Tüm Maçları birazdan izlyin

Eğitim setleri; özniteliklerine ve tweet metninde yapılan işlemlere göre 12 farklı eğitim seti oluşturulmuştur. Eğitim setlerinin temel öznitelikleri olarak paylaşım yapılan cihazın işletim sistemi, tweet uzunluğu, tweetin uzunluğunu kategorize ettik, tweetin devam edip etmeme durumu, tweetdeki hashtag sayısı, tweetin hassas içerik içermeme durumu, tweetin atıldığı gün, tweet haftanın hangi günü atıldı, tweetin atıldığı zaman aralığı, haftanın hangi günü atıldı, tweet atılma saati, tweet atılma dakikası, tweet atanın hesap açılış yılı, tweet atanın hesap açılış ayı, tweet atanın toplam attığı tweet sayısı, tweet atanın takipçilerinin sayısı, tweet atanın takip ettiklerinin sayısı, tweet atanın beğendiği tweet sayısı, tweet atan hesabın onaylı rozetli olup olmama durumu, tweet atılan hesabın korumalı olup olmama durumu, tweet atılan hesabın konumunun açık kapalı olma durumu, tweetin atıldığı konum bilgisi olarak belirlenmiştir. Tablo 5’de eğitim setlerinin nasıl oluşturulduğu ile ilgili açıklamalara yer verilmiştir.

Tablo 5. Eğitim setleri içerik ve öznitelikleri

EğitimSeti-1	Sadece belirlenen temel öznitelikleri içermektedir.
EğitimSeti-2	Türkçe kelime denetimi yapılmıştır ve belirlenen özniteliklere ayrıca Türkçe kelime denetimi sonunda düzeltilen kelime sayıları da eklenmiştir.
EğitimSeti-3	Türkçe kelime denetimi yapılmış ve belirlenen öznitelikler eklenmiştir.
EğitimSeti-4	Etkisiz kelimeler temizlenmiş ve belirlenen özniteliklere temizlenen etkisiz kelime sayısı eklenmiştir.
EğitimSeti-5	Etkisiz kelimeler temizlenmiş ve belirlenen öznitelikler eklenmiştir.
EğitimSeti-6	Kelimelerinin kelime kökleri elde edilip belirlenen özniteliklere, kelimelerinin kökleri ayrıca kaç tane kelime kökü olduğunun sayısı eklenmiştir.
EğitimSeti-7	Kelimelerin kelime kökleri elde edilmiş ve belirlenen özniteliklere kelime kökleri eklenmiştir.
EğitimSeti-8	Tekrar eden kelimeler varsa tekrar eden kelimeler çıkartılmış ve belirlenen öznitelikler eklenmiştir.
EğitimSeti-9	Tekrar eden kelimeler varsa tekrar eden kelimeler çıkartılmış ve belirlenen özniteliklere ayrıca tekrar eden kelime sayısı eklenmiştir.
EğitimSeti-10	Zemberek kütüphanesi kullanılarak Türkçe kelime denetimi yapılmış ve kelimeler hem imlaya hemde anlama göre düzeltilmiş ve belirlenen öznitelikler eklenmiştir.
EğitimSeti-11	Tweet ve sadece duygu durumu eklenmiştir.
EğitimSeti-12	Tweette sadece url, hashtag temizliği yapılmıştır. Sayılar, sayısal değerler temizlenmemiş ve belirlenen öznitelikler eklenmiştir.

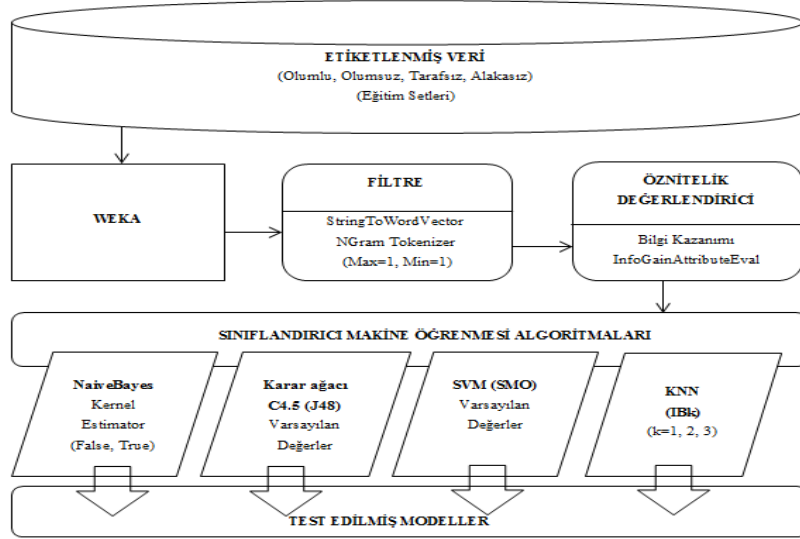
Etiketleme işleminden sonra oluşturulan dosya formatındaki 12 farklı eğitim seti içerikleri aşağıdaki Tablo 6’da görüldüğü gibi oluşturulmuştur.

Tablo 6. Etiketleme işleminden sonra dosya isimleri ve işlenmiş tweet içerikleri

Dosya Adı	Tweet
EğitimSeti-1	'maç özetleri ve maç yayınları ligin haftasını tüm maçları birzadan izlyin',
EğitimSeti-2	'maç özetleri ve maç yayınları ligin haftasını tüm maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-3	'maç özetleri ve maç yayınları ligin haftasını tüm maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-4	'maç özetleri maç yayınları ligin haftasını maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-5	'maç özetleri maç yayınları ligin haftasını maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-6	'maç özet yayın lig maç'
EğitimSeti-7	'maç özet yayın lig maç'
EğitimSeti-8	'maç özetleri yayınları ligin haftasını maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-9	'maç özetleri yayınları ligin haftasını maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-10	'maç özetleri ve maç yayınları ligin haftasının tüm maçları birzadan izleyin'
EğitimSeti-11	'maç özetleri ve maç yayınları ligin haftasını tüm maçları birzadan izlyin'
EğitimSeti-12	'maç özetleri ve maç yayınları ligin 20 haftasını tüm maçları birzadan izlyin'

2.6. Makine Öğrenmesi Algoritmaları ve Model Oluşturma

Mevcut veriler ile eğitilerek yeni veriler hakkında kestirim yapabilmek Makine Öğrenmesi algoritmalarının başarılı olduğu bir alandır. Makine Öğrenmesi; veriyi ayrıştırmak, veriden öğrenmek ve ardından dünyadaki bir şey hakkında bir tahmin yapmak için algoritmalar kullanma uygulamasıdır [24]. Duygu analizinde makine öğrenmesi; sınıflandırıcı algoritmalar kullanılarak yani denetimli öğrenme yapılarak veriden olumlu, olumsuz, tarafsız, alakasız vb. gibi duygu sınıflarını belirlemek için kullanılır. En çok kullanılan denetimli makine öğrenmesi algoritmaları [25], veri setine uygun olması göz önünde bulundurularak çalışmada kullanılmıştır. Çalışma için farklı çalışma prensiplerine dayanan denetimli makine öğrenmesi algoritmaları olarak; C4.5 Algoritması, Destek Vektör Makinesi (SVM- Support Vector Machine), Naive Bayes Algoritması, K-En Yakın Komşu Algoritması (KNN- K-Nearest Neighbors) algoritmaları seçilmiştir. Bu çalışma için hazırlanan farklı özneliklere sahip 12 farklı eğitim veri seti ile Naive Bayes, C4.5, SVM, KNN algoritmalarının farklı parametreler ile denemeleri yapılmış ve sınıflandırıcı modeller oluşturulmuştur. Şekil 4 modelleri oluşturmak ve için yapılan işlem basamaklarını göstermektedir. İlk başta eğitim veri seti arff formatlı metin dosyası biçiminde verilmiştir. Weka yazılım aracı ve arff formatı hakkında açıklayıcı bilgi [26] ilgili bağlantıda verilmiştir.



Şekil 4. Model Oluşturma işlem basamakları

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Başarımı

Çalışmada tüm eğitim setleri için Naive Bayes, SVM, C4.5 ve KNN Makine Öğrenmesi algoritmaları 10 kat çapraz doğrulama yapılarak modeller oluşturulmuştur. Sınıflandırma algoritmalarının başarımlarını değerlendirme doğruluk ölçütü kullanılarak yapılmış, algoritma ve eğitim setleri için elde edilen modellerin başarımları Tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Sınıflandırma algoritmaları doğruluk başarımları

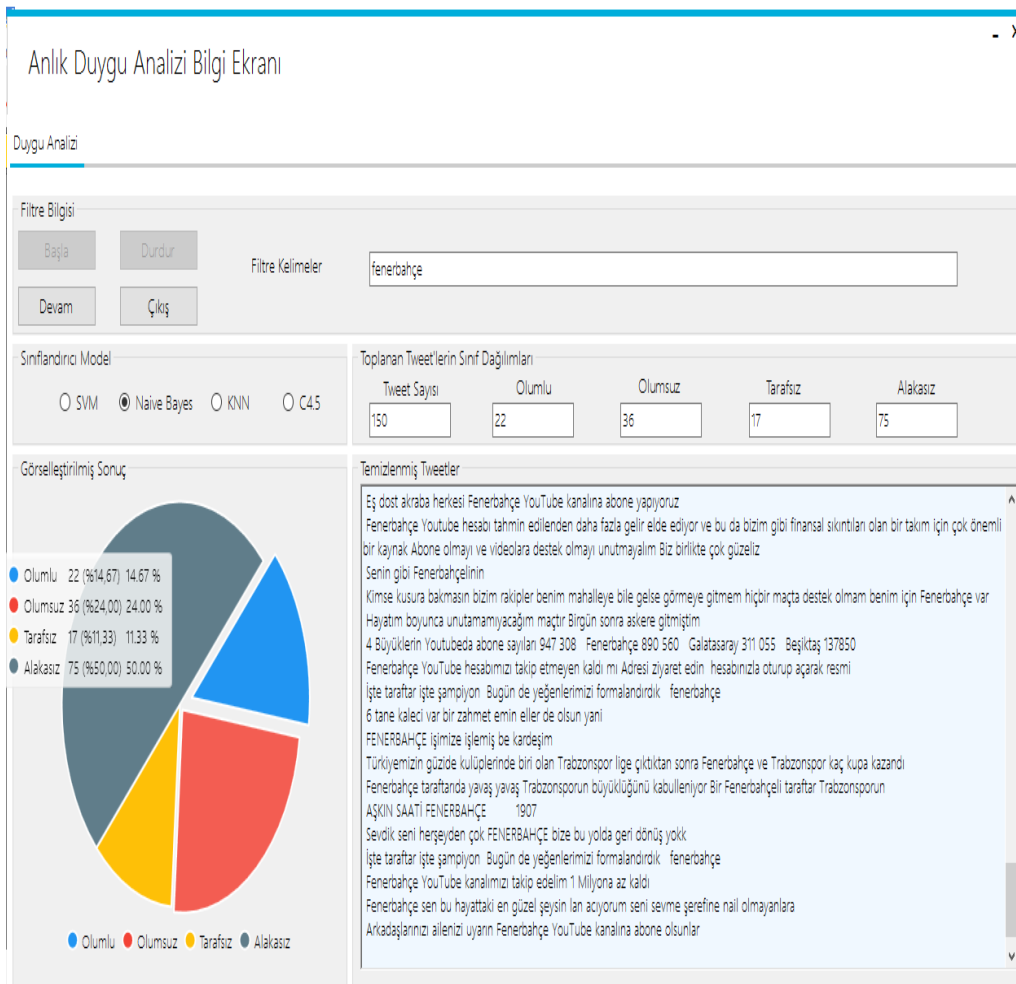
Dosya Adı	Naive Bayes (kernel Estimator = false) %	Naive Bayes (kernel Estimator = true) %	SVM %	C4.5 %	KNN (k=1) %	KNN (k=3) %
EğitimSeti-1	75,75	83,91	92,2	89,6	85,68	84,66
EğitimSeti-2	75,81	83,87	92,3	89,3	85,59	84,71
EğitimSeti-3	75,31	83,31	91,9	89,3	85,4	84,74
EğitimSeti-4	76,82	83,6	92,1	88,6	85,39	85,03
EğitimSeti-5	75,38	82,9	91,6	89	85,14	84,8
EğitimSeti-6	75,98	83,28	90,8	88,1	82,42	81,01
EğitimSeti-7	75,41	83,02	90,4	87,6	82,14	80,38
EğitimSeti-8	75,5	82,95	91,6	88,8	85,11	84,69
EğitimSeti-9	75,21	82,92	91,6	88,6	84,89	84,73
EğitimSeti-10	76,32	84,3	92,2	89,3	86,22	85,04
EğitimSeti-11	74,09	83,99	91,6	88,4	87,73	84,57
EğitimSeti-12	76,03	83,87	92,2	89,5	85,45	84,49

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde EğitimSeti-10 için verilen sonuç satırı değerlendirildiğinde Zemberek kütüphanesini kullanarak hem Türkçe imla denetimi hem de Türkçe anlam denetimi yapmak tüm algoritmaların başarımlarını arttırdığı görülmektedir. EğitimSeti-2 satırı bakıldığında SVM makine öğrenmesi algoritması ile en yüksek doğruluk başarımları elde edilmiştir. Ayrıca KNN algoritmasına öznetelik olarak sadece tweet verildiğinde sınıflama performansının diğer öznetelikli olan eğitim

setlerine göre sınıflama başarımının artmış olduğu görülmektedir. C4.5 algoritmasında tweet içindeki sayısal değerleri temizlemenin algoritmanın başarımına katkı sağladığı ortaya çıkmıştır. Tweet içinden Etkisiz kelimeleri temizlemenin Naive Bayes algoritmasının performansını artırdığı tespit edilmiştir.

3.2. Anlık Twitter Duygu Analizi

Anlık olarak Twitter'dan paylaşılan tweetlerin duygularını belirlemek için oluşturulan hazır modellerden seçilen modelleri kullanan bir model uygulama geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Model uygulama, anlık olarak gelen yeni tweet paylaşımının olumlu, olumsuz, tarafsız ve alakasız olarak sınıfının ne olduğunu tahmin etmiştir. Şekil 5'te görüldüğü gibi anlık duygu analizi yapabilen model uygulama ekranı verilmiştir.



Şekil 5. Anlık duygu analizi sonuçları

4. Sonuç

Bu çalışma, futbol taraftarlarının attıkları tweetlerden futbol maçlarına nasıl tepkiler verdiğini anlamak için yapılmıştır. Futbol maçlarında; hakemler, futbolcular, teknik direktörler, goller, penaltılar, kontra ataklar, köşe vuruşları, kaleye şutlar ve ilk yarı istatistikleri, fauller, gösterilen kartlar, topla oynama yüzdesi gibi birçok durum futbol taraftarların tepkilerine neden olabilmektedir. Maç izlerken taraftarların duygularını ifade etmesinin bir yolu da sosyal medyadır. Taraftarlar maç sırasında sosyal medyayı kullanarak kendi aralarında daha fazla etkileşime girmektedir ve duygularını paylaşmaktadır. Bu çalışmada maç oynanırken taraftarların tuttukları futbol takımının performansına bağlı olarak attıkları tweetler incelenmiştir. Bu paylaşımlar taraftarların duygularına göre maçı değerlendirmek için kullanılmıştır. Böylece futbol taraftarlarının tweetlerindeki duygusal tepkileriyle, futbol maçlarının gerçek zamanlı ilişkili olduğu gösterilmiştir.

Bu çalışmada tweetleri doğru şekilde sınıflandırmak için birkaç farklı makine öğrenmesi algoritması kullanılmıştır. Twitter'da anahtar kelime tabanlı bir arama yapılarak veri setleri oluşturulmuştur. Veri setlerinin el ile duygu sınıfı etiketlenmesine kolaylık sağlaması için geliştirilen uygulama yardımıyla tweetler tek tek okunarak etiketlenmiştir. Farklı özneliklerin ve ön işlemlerin etkisi araştırılmış ve denemeleri yapılmıştır. Bu denemelerden, sınıflandırma başarımına etkisi olmadığı belirlenen öznelik ve ön işlemler çalışmada dikkate alınmamıştır. Sınıflandırma amacıyla farklı algoritmaların, sınıflandırma başarımını görmek için SVM, KNN, C4.5, Naive Bayes algoritmaları ile denemeler yapılmıştır. Sınıflandırma başarımının, sınıflandırma için kullanılan algoritmalara bağlı

olmasının yanı sıra, ön işlem aşamasında yapılan etkisiz kelime, emoji, noktalama işareti vb. gibi temizleme işlemlerine ve ayrıca bilgi kazancı olan öznitelikleri seçmeye de bağlı olduğu görülmüştür.

Bu çalışmayla hem Türkçe imla denetimi hem de Türkçe anlam denetimi yapmanın sınıflandırma başarımını artırabileceği görülmüştür. SVM algoritmasının, belirlenmiş olan öznitelikleri içeren eğitim setlerinde, tweet metni sınıflandırmada daha yüksek başarımla çalıştığı görülmüştür. Ayrıca KNN algoritmasının başarımının, öznitelik sayısının azalması ile arttığı görülmüştür. Bunun sebebi öznitelik sayısının artışı göstermesiyle boyut artmakta ve ilişkisiz özniteliklerin artması da ayırt ediciliği yüksek olan öznitelikleri etkisiz hale getirmesidir. Bu durum KNN algoritmasının başarımını düşürmektedir. C4.5 algoritmasında sayısal değerleri çıkarmanın algoritma başarımına pozitif katkı sağladığı belirlenmiştir. Naive Bayes algoritması, tweet metnindeki duygularla ilgili kelimelerin sıklığına dayalı sınıflandırma yaptığı için etkisiz kelimelerin temizlenmiş olduğu veri setinde en yüksek başarımla elde etmiştir.

Kaynakça

- [1] “What Happens in an Internet Minute in 2019?” [Çevrimiçi]. Available: <https://www.visualcapitalist.com/what-happens-in-an-internet-minute-in-2019/>. [Erişildi: 2020 09 07].
- [2] LiveStats, I. (2018). Twitter usage statistics - Internet live stats. www.internetlivestats.com/twitter-statistics/. [Erişildi: 2019 09 08].
- [3] Omnicore (2018). Twitter by the numbers: Stats, demographics & fun facts. <https://www.omnicoreagency.com/twitter-statistics/>. [Erişildi: 2019 09 09].
- [4] Khritantsev, M., Shehadeh, M., A Thesis in the Field of Finance For the Degree of Master of Science in Finance Lund University, 2018.
- [5] Sentiment Analysis. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.lexalytics.com/technology/sentiment> [Erişildi: 2020 06 12].
- [6] Evangelos Kalampokis, Efthimios Tambouris, Konstantinos. Tarabanis, Understanding the predictive power of social media, *Internet Res.* 23 (5)(2013) 544–559.
- [7] A.S. Abrahams, J. Jiao, W. Fan, G.A. Wang, Z. Zhang, What's buzzing in the blizzard of buzz? Automotive component isolation in social media postings, *Decis. Support Syst.* 55 (4) (2013) 871–882.
- [8] Augusto José Waszczynskyj Antunes das Neves, Patricia Zeni Marchiori, Qualidade percebida em produtos e serviços em eventos: técnicas e ferramentas para análise de conteúdo Twitter, *Turismo Desenvolvimento* 2(21/22) (2014) 173–182.
- [9] Sitaram Asur and Bernardo A. Huberman. Predicting the future with socialmedia. *IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and In-telligent Agent Technology*, 2010.
- [10] Cynthia Chew and Gunther Eysenbach. Pandemics in the age of twitter: Contentanalysis of tweets during the 2009 h1n1 outbreak. *PLoS ONE*, 5(11), November2011.
- [11] Takeshi Sakaki, Makoto Okazaki, and Yutaka Matsuo. Earthquake shakes twitterusers: Real-time event detection by social sensors. *World Wide Web Conference(WWW)*, 2010.
- [12] Ficamos, P., Liu, Y., A Topic based Approach for Sentiment Analysis on Twitter Data, (*IJACSA*) *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, Vol. 7, No. 12, pp.201-205, 2016.
- [13] Kethavath, S., Classification of Sentiment Analysis on Tweets using Machine Learning Techniques, Department of Computer Science and Engineering National Institute of Technology Rourkela Rourkela, India, 2015.
- [14] Liu, I. L. B. , Cheung, C. M. K., Lee, M. K. O., “Understanding Twitter Usage: What drive people Continue to Tweet,” in *Proceedings of the Pacific Asia Conference on Information Systems*, pp. 928–939, 2010.
- [15] Bollen, J., Mao, H., Zeng, X.-J. (2011). Twitter mood predicts the stock market. *Journal of computational science*, 2(1), 1–8.
- [16] O’Connor, B., Balasubramanyan, R., Routledge, B. R., Smith, N. A. (2010). From Tweets to Polls: Linking Text Sentiment to Public Opinion Time Series. In *Proceedings of the Fourth International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, pp. 122–129. AAAI Press.
- [17] Mozetič, I., Grčar, H., Smailović, J., Multilingual Twitter Sentiment Classification: The Role of Human Annotators, 2016. (<https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0155036>)
- [18] Liu, B., Sentiment analysis and opinion mining. *Synthesis Lectures on Human Language Technologies.*, Vol. 5, No. 1, Pages 1-167, 2012 (<https://doi.org/10.2200/S00416ED1V01Y201204HLT016>).
- [19] Liu, B., *Sentiment Analysis: Mining Opinions, Sentiments, and Emotions*. Cambridge University Press, 2015.
- [20] Y. Yu and X. Wang, “World cup 2014 in the twitter world: A big data analysis of sentiments in us sports fans tweets,” *Computers in Human Behavior*, vol. 48, pp. 392–400, 2015
- [21] T. Parlar, Feature Selection for Sentiment Analysis in Turkish Texts, Published Ph.D. Thesis, Adana, 2016.
- [22] Akın, A. A. ve Akın, M. D. (2007). Zemberek, an open source nlp framework for turkish languages. *Structure*, 10:1–5.
- [23] B. A. Kaplan, Sentiment Analysis on Turkish Twitter Messages by Using Data Mining, Published Master's Thesis, İstanbul, 2016.
- [24] Nvidia. (2020). [Çevrimiçi]. Available: <https://blogs.nvidia.com/blog/2016/07/29/whats-difference-artificial-intelligence-machine-learning-deep-learning-ai/>. [Erişildi: 2020 08 17].
- [25] Wu, X., Kumar, V., Quinlan, J. R., Ghosh, J., Yang, Q., Motoda, H., Steinberg, D. (2007). *Top 10 algorithms in data mining*. Springer-Verlag.
- [26] Waikato, D. o. (2020). Weka 3: Data Mining Software in Java. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.cs.waikato.ac.nz/~ml/weka/>. [Erişildi: 2020 07 27].



Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları İle Demir Çelik Endüstrisinde İş Kazaları Üzerine Bir Uygulama

Neslihan Köse*, Filiz Ersöz²

¹ Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0503-0247)

² Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.843387)

ATIF/REFERENCE: Köse, N. & Ersöz, F. (2020). Veri Madenciliğinde Karar Ağacı Algoritmaları İle Demir Çelik Endüstrisinde İş Kazaları Üzerine Bir Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 397-407.

Öz

Çelik endüstrisinde çalışanlar tesislerin yapısı, üretim akışı, fazla ve tekrarlayan iş öğeleri, üretim proseslerinin doğası gereği yüksek sıcaklık ve gürültülü iş ortamları sebebiyle sık sık iş kazası risk ile karşıya kalmaktadırlar. "İş kazası" kavram olarak; çalışma ortamında çalışanın karşılaştığı istenmeyen, beklenmeyen, ihmalkârlık, kusur, dikkatsizlik, kasıt ve şanssızlık sonucu meydana gelen olayları kapsamaktadır. Yaşanan iş kazaları, hem sıklığı hem de sonuçları nedeniyle işletmeler ve toplum nazarında çok önemli bir sorundur. İş kazalarının başlıca nedeninin personelin güvenli olmayan hareketleri olduğu konusunda yaygın bir görüş vardır. Ancak birçok çalışma, kazaların çoğunun çalışanların kişilik özellikleri ve uygun olmayan ortam koşulları ile ilgili olduğunu göstermiştir. Bu çalışmada, bir demir çelik fabrikasında yaşanan iş kazalarına ilişkin, belirli alt gruplara özgü olan ilişkilerin tanımlanması, vakaların yüksek, orta, düşük risk grupları gibi kategorilendirilmesi ve gelecekteki olayların tahmin edilebilmesi için kurallar oluşturulması amaçlanmaktadır. Bu amaçla, bir demir çelik işletmesine ait 205 iş kazası verisi, veri madenciliği sınıflayıcı yöntemler ile araştırılmıştır. Yapılan modellemelerde; kazalının yaşı, cinsiyeti, medeni durumu, eğitim durumu, iş tecrübesi, kadrolu veya taşeron olarak çalışması, çalıştığı alan, geçirdiği kazanın şiddeti (hafif, orta, yüksek) bilgileri kullanılmıştır. Model çözümlemesi için Chaid, C5.0 ve CRT algoritmaları tekniklerinden faydalanılmış ve model sonuçları karşılaştırılmıştır. Veri analizi IBM SPSS modeller paket programı aracılığı ile yapılmış ve veri madenciliği tüm aşamaları ortaya konulmuştur. Veri madenciliği sınıflayıcı teknikler arasında en yüksek doğruluk oranına karar ağacı tekniklerinden CRT algoritması ile ulaşılmıştır. Karar ağaçları yöntemleri, demir çelik endüstrisindeki iş kazalarının sonucunu tahmin etmek için kullanılmasıyla önleyici tedbirler ve eğitim ihtiyaçları konusunda için tahminler kullanılarak kazalanma oranları azaltılabilir.

Anahtar Kelimeler: Demir-çelik endüstrisi, iş kazaları, veri madenciliği, karar ağacı algoritmaları

An Application on Decision Tree Algorithms in Data Mining and Occupational Accidents in the Iron and Steel Industry

Abstract

Workers in the steel industry frequently face the risk of occupational accidents due to the structure of the facilities, production flow, excessive and repetitive work items, high temperature due to the nature of the production processes, and the noisy work environments. "Occupational accident" as a concept; covers unwanted, unexpected, negligence, fault, carelessness, willfulness, and unfortunate events encountered by the worker in the work environment. Occupational accidents are a very important problem for businesses and society due to their frequency and consequences. There is a widespread opinion that the main cause of occupational accidents is the unsafe movements of the personnel. However, many studies have shown that most accidents are related to employee's personality traits and unsuitable environmental conditions. In this study, it is aimed to define the relationships specific to certain subgroups regarding occupational accidents in an iron and steel factory, to categorize the cases as high, medium and low-risk groups, and to establish rules for predicting future events. For this purpose, data of 205 occupational accidents belonging to an iron and steel enterprise were investigated using data mining classification methods. In the models made; Information on the age, gender, marital status, educational status, work experience, employment as a permanent or subcontractor, field of work, severity of the accident (mild, moderate, high) of the accident were used. Chaid, C5.0, and CRT algorithms techniques were used for model analysis and model results were compared. Data analysis was carried out through the IBM SPSS Modeler package program and all stages of data mining are revealed. Among the data mining classification techniques, the highest accuracy rate was achieved with the CRT algorithm, one of the decision tree techniques. By using decision trees methods to predict the outcome of occupational accidents in the iron and steel industry, accident rates can be reduced by using predictions for preventive measures and training needs.

Keywords: Iron and steel industry, occupational accidents, data mining, decision tree algorithms

* Sorumlu Yazar: Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Demir ve karbon alaşımı olan çelik, modern dünyanın en önemli mühendislik ve yapı malzemesidir. Hayatımızın her alanında (otomobillerde ve inşaat ürünlerinde, ulaşım ve alt yapı elemanlarında, beyaz eşyalarda, kargo gemilerinde ve cerrahi araç gereçlerde) kullanılmaktadır. Aynı zamanda sağladığı katma değerlerle ülkeler için stratejik öneme sahiptir. Dünya ham çelik üretimi 2019 yılında 1.868,8 milyon tona (Mt) ulaşmıştır. Ülkemiz ise 2019 yılında gerçekleştirdiği 33.7 milyon ton çelik üretimi ile Dünyadaki en büyük 8. çelik üreticisidir (World Steel Association, 2020).

Çelik, iki ana yöntem ile üretilir. Bunlarda ilki yüksek fırın-bazik oksijen fırın (BF-BOF) üretim teknolojisi iken, diğeri ise elektrikli ark ocağı (EAF) yöntemidir. Üretim yollarının varyasyonları ve kombinasyonları mevcut olmakla birlikte temel farklılık kullanılan hammaddedir. BF-BOF üretim teknolojisinde ana hammaddeler; demir cevheri, kömür ve hurda çeliktir, EAF ise ağırlıklı olarak hurda ve elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Her iki üretim akışında da çalışanlar, tesislerin yapısı, üretim akışı, fazla ve tekrarlayan iş ögeleri, üretim proseslerinin doğası gereği yüksek sıcaklık ve gürültülü iş ortamları sebebiyle sık sık iş kazası riski karşı karşıya kalmaktadırlar.

Çelik üretimi, kitlesel olarak çeliğin üretilmeye başlandığı ilk dönemlerde daha tehlikeli bir süreçti ve bu süreçte kazalar kaçınılmazdı. Günümüzde ise birçok şirket, modern ve teknik olarak gelişmişliğin sonucu olarak sıfır kaza ilkesiyle üretimlerine devam etmektedirler. Buna rağmen, Sosyal Güvenlik Kurumu'nun verilerine göre 2019 yılında ülkemiz ana metal sanayiinde 16.419 adet iş kazası raporlanmıştır.

“İş kazası” kavramı olarak; çalışma ortamında çalışanın karşılaştığı istenmeyen, beklenmeyen, ihmalkârlık, kusur, dikkatsizlik, kasıt ve şanssızlık sonucu meydana gelen olayları kapsamaktadır (Demir ve Öz, 2018). Demir ve çelik endüstrisindeki en yaygın yaralanma ve hastalık nedenleri (International Labour Organization, 2005); kayma, takılma ve düşme (düz zeminde), yüksekte düşme, korumasız makineler, düşen nesnelere, yutulma/kapılma, kapalı alanlarda çalışmak, makinelerin taşınması, forkliftler ve vinçler, kontrollü ve kontrolsüz enerji kaynaklarına maruz kalma, asbeste maruz kalma, mineral yünler ve liflere maruz kalma, solunabilir etmenler (gazlar, buharlar, tozlar ve dumanlar), kimyasallar (tahriş edici maddeler (asitler, alkaliler), çözücüler ve hassaslaştırıcılar) cilt teması, sıcak metal ile temas, ateş ve patlama, aşırı sıcaklıklar, radyasyon (iyonlaştırıcı olmayan, iyonlaştırıcı), gürültü ve titreşim, elektrik yanıkları ve elektrik çarpması, manuel kullanım ve tekrarlayan çalışma, patojenlere maruz kalma, otomasyondan kaynaklanan arızalar, ergonomi, İSG eğitimi eksikliği, zayıf iş organizasyonu, yetersiz kaza önleme ve denetim, yetersiz acil durum ilk yardım ve kurtarma tesisleri, tıbbi tesislerin ve sosyal korumanın eksikliğidir.

Dünya Çelik Örgütü (World Steel Association)'nın üyeleri için hazırladığı, çelik endüstrisi için altı güvenlik ve sağlık ilkesi bulunmaktadır; (World Steel Association, 2020) Tüm yaralanmalar ve işle ilgili hastalıklar önlenemez ve önlenmelidir. Yönetim, güvenlik ve sağlık performansından sorumludur. Çalışan katılımı ve eğitimi esastır. Güvenli çalışmak bir istihdam koşuludur. İş sağlığı ve güvenliğinde mükemmellik, mükemmel iş sonuçlarını destekler. İş sağlığı ve güvenliği, tüm iş yönetimi süreçlerine entegre edilmelidir.

İş kazalarının başlıca nedeninin personelin güvenli olmayan hareketleri olduğu konusunda yaygın bir görüş vardır. Ancak birçok çalışma, kazaların çoğunun çalışanların kişilik özellikleri ve uygun olmayan ortam koşulları ile ilgili olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada, bir demir çelik işletmesinde kazalanan 205 çalışana ait veri tabanı üzerinden iş kazalarına ilişkin, belirli alt gruplara özgü olan ilişkilerin tanımlanması, vakaların yüksek, orta, düşük risk grupları gibi kategorilendirilmesi ve gelecekteki olayların tahmin edilebilmesi için kurallar oluşturulması amaçlanmaktadır. Ayrıca benzer konularda yapılan çalışmalar incelenerek bir literatür taraması yapılmıştır.

2. Literatür

İş kazaları ile ilgili mevzuatlarında zorunlu kıldığı üzere yaşanan her iş kazası vakası kayıt altına alınmaktadır. Derlenen iş kazası verileri ileriye yönelik tahmin yapmak için çoğu zaman yetersizdir. Bu sebeple kullanılan veri madenciliği yöntemleri, eldeki verilerden faydalı bilgiler oluşturarak gelecekte oluşabilecek kazaları ve/veya şiddeti azaltacak kurallar ortaya koymaktadır.

Günümüze kadar yapılan pek çok çalışmada veri madenciliği yöntemleri kullanılarak iş kazalarının analiz edilmiş, kurallar dizisi oluşturulmuş ve tahminleme modellerinin kurgulanmıştır.

Chi ve arkadaşları (2003) 1989, 1990 ve 1992 yıllarından itibaren 1230 vaka yeniden analiz edilmiştir. Her bir ölüm, mağdurun yaşı, cinsiyeti, endüstrisi ve kaza türü açısından değerlendirilmiştir. Yaş en az kritik değişken olarak belirlenmiştir. Kazalananların yaşını, cinsiyetini ve endüstrilerini ilişkilendiren beş farklı etkileşimli kalıp belirlenmiştir. ANOVA, SMR ve CHAID arasında yapılan bir karşılaştırma, CHAID'in diğer yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği ortaya konulmuştur.

Madencilik ve inşaat sektörlerinde yapılmış olan bir diğer çalışmada (Rivas vd., 2011), araştırmacılar kazadan hemen sonra yapılan görüşmelerde elde edilen kaza ve olay verilerini modellemek için veri madenciliği tekniklerini (karar ağaçları, Bayes ağları, destek vektör makineleri ve sınıflandırma ağaçları) kullanılmıştır. Sonuçlar, lojistik regresyon ile analiz edilerek, kazaların altında yatan faktörlerin öngörülmesine ve belirlenmesine fayda sağlamıştır.

Verma ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada çelik endüstrisinde mesleki yaralanmalar ve iş kazalarına ait 843 olay 3 temel kriter altında incelenmiştir. Sonuç olarak yapılan güvensiz davranışlar sonucunda oluşan yaralanmaların en yüksek frekansa sahip olduğu gözlenmektedir.

Eser (2015) tarafından gerçekleştirilen çalışmada resmi kayıtlar kullanılarak son yıllarda yaşanmış iş kazaları için zaman dağılımlarından faydalanılmış, kaza zaman yoğunlukları aylık ve günlük olarak belirlenmiştir. Aynı şekilde iş kazası geçiren çalışanların iş deneyimleri ile iş kazası arasındaki ilişki yorumlanmıştır. Toplam 17 adet faaliyet grubu gruplandırmaya dahil edilmiştir. Yapılan bu çalışmalar neticesinde kaza sıklıkları ve şiddetlerinin nedenleri irdelenmiş, tecrübe, eğitim gibi çevresel faktörlerin kazalanmadaki etkileri ortaya koyulmuştur.

Ghousi, (2015 yaptığı çalışmasında 20-25 yaş arasında ve iş tecrübesi 2 yıl ve daha az olan çalışanlarda yüksek oranda ve şiddette kazaların meydana geldiği ortaya koyulmuştur. Cheng ve arkadaşları, 2013 yılında yayınladıkları çalışmada 447 vakayı CART algoritması kullanmışlar ve Ghousi R.'nin sonuçlarına yakın kurallar oluşturmuşlardır. Yaş ve tecrübe kazalanmada önemli bir kriter olarak belirlenmiştir.

Sarkar ve arkadaşlarının (2016) yaptıkları çalışma ile yalnızca kazaları tahmin etmekle kalmayıp aynı zamanda ramak kala, mal hasarı veya yaralanma vakaları gibi kaza senaryolarını açıklamak için kurallar sağlayan bir öngörücü model oluşturmayı amaçlamışlardır. CART algoritmasının kullanıldığı modelde kullanılan ekipmanın tehlike sınıfının kaza sınıfın belirlenmesinde en önemli etken olduğu ortaya konmuştur.

2018 yılında yapılan (Mutlu, Alp ve Altundaş, 2018) çalışmada ülkemizdeki otuz şehirde tekstil işletmelerinde yaşanmış iş kazaları ele alınmıştır. 522 adet kaza değerlendirilerek toplam 31 iş kaza faktörü göz önüne bulundurulmuştur. Paket program olarak WEKA (Waikato Environment for Knowledge Analysis) kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkileri belirlemek için veri madenciliği yöntemlerinden biri olan birliktelik kurallarından faydalanılmıştır. Analiz edilen çalışma ortamlarından %100'ü faaliyetlerini sürdürmüştür. İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimine katılmış ve çalışırken iş kazası geçiren personele sahip işletmelerin tamamı faaliyetine devam etmiştir.

Altunkaynak'ın (2018) yaptığı çalışmada Ki-Kare testi kullanılarak, bu tür kazalara neden olan faktörlerini belirlemek ve Kayıp İş Günleri (LWD), Kaza Sonrası Durumu (PAS) ve Kaza Türü (TA) arasındaki ilişki değerlendirilmiştir. Çalışmanın istatistiksel analizinde Weka R-project yazılımları kullanılmıştır. Analizler, en sık karşılaşılan kazalanma şeklinin "vücuda veya uzuvlara iki nesne arasında baskı yapması" olduğunu ve kazalanmada en önemli değişkenlerin sektör, boyut ve yaş, deneyim olduğunu göstermiştir

Bir diğer çalışmada ise (Yapıcı ve Çetinkaya, 2018) Eurostat (Avrupa İstatistik Kurumu) ve SGK (Türkiye Sosyal Güvenlik Kurumu) verileri kullanılarak Avrupa ülkeleri ile Türkiye kıyaslanmış ve Türkiye'nin iş sağlığı ve güvenliği konusunda Avrupa'daki konumunun belirlenmesi hedeflenmiştir. Çalışmada, 2008-2015 tarihleri arasındaki veriler değerlendirilerek ölümlü iş kazalarının değişimleri incelenmiştir. Değişimin istatistiksel bir ölçüsü olarak değişkenlik katsayısı kullanılmıştır. Avrupa ülkeleri için 2008-2015 yılları arasında gerçekleşen toplam iş kazaları içerisinde ölümlü iş kazalarının oranları verilerine kümeleme analizi uygulanmıştır. Ayrıca, aynı verilere çok boyutlu ölçekleme analizi uygulanmıştır. Araştırma sonucunda iş kazası sonucu ölüm oranlarına göre en tehlikeli sektörler; madencilik, inşaat, metal-makine sektörleri olduğu belirlenmiştir. İş kazası sayılarında ise madencilik, metal/makine, ulaşım (havayolu taşımacılığı) sektörlerinin ilk sıralarda olduğu belirlenmiştir.

2018 yılında Shirali ve arkadaşlarının İran çelik sektöründe gerçekleştirdiği çalışmada, 2001'den 2014'e kadar 2127 mesleki yaralanma vakası için 12 değişkenli verileri toplanmıştır. IBM SPSS Modeler programı ile CART ve CHAID algoritmaları karar ağaçları ve tahminler oluşturmak için kullanılmış ve her yöntem için iş kazası sonucu için beş tahmin oluşturulmuştur. CART yöntemi için en önemli prediktör değişkenler sırasıyla yaş, kaza nedeni ve eğitim düzeyini içermektedir. CHAID yöntemi için yaş, kaza yeri ve eğitim düzeyi sırasıyla en önemli değişkenler olarak tespit edilmiştir.

Sanmiquel vd. (2018) İspanya'da 2005 ve 2015 yılları arasında madencilik sektöründe yaşanan iş kazalarını veri madenciliği ile algoritmaları (birliktelik analizi) analiz etmişler ve sonuç olarak önemli sebepler olarak, fiziksel efor veya aşırı eforla vücut hareketi olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca kazalanın yaşının kaza türü üzerindeki etkisin çok az olduğunu ifade etmişlerdir.

Ayanoğlu ve Kurt (2019) yaptıkları çalışmada Türk metal sektöründe 165 adet işyerinde, 2012-2015 yılları arasında meydana gelen iş kazalarının değerlendirilmesi sonucunda, 44 değişkenli 193 kazaya dair bir iş kazası veri kümesi ortaya çıkarmışlardır. Veri kümesinde çok değişkenli veri analizi yöntemleri kullanılarak, çeşitli çıkarımlar yapmışlar ve veri madenciliği programı kullanılarak veri setinden en iyi tahmin modeli üreten algoritmanın yapay sinir ağı olduğu belirlemişlerdir. Çift katmanlı ileri beslemeli yapay sinir ağı ile bir tahmin modellemesi oluşturmuş, işyerlerindeki olası kazalanma risklerini değerlendirilmişlerdir. Çalışma sonucunda; Bayes Ağları ve Karar Ağacı gibi diğer yöntemlerin de yapay sinir ağlarına yakın başarı gösterdiğini savunmuşlardır.

Bir başka çalışmada Türkiye Sosyal Güvenlik Kurumu'ndan alınan 2013-2016 yılları arasında imalat sanayiinde 242.537 adet iş kullanılmıştır. Veri analizi yöntemleri olarak karar ağacı analizi ve birliktelik kuralları uygulanmıştır (Mutlu, Altundaş, 2019). Analiz sonucunda imalat sistemlerindeki kaza türü üzerinde beş faktörün (malzeme (kaza sırasında kullanılan ekipman), özel aktivite, genel aktivite, yer (kazanın meydana geldiği bölüm) ve kazalananın mesleği) etkili olduğu görülmüştür.

Erdoğan ve arkadaşlarının (2019) yapmış olduğu çalışmada Türkiye Taş Kömür İşletmeleri (TTK) ele alınmıştır. TTK'da 15 yılda (2000-2014,39.738 kaza) meydana gelen kazalar öncelikle kazaların sayısı, tipi ve yeri, yaş, deneyim, eğitim düzeyi ve kazazedelerin asıl görevi ile bu kazalardan kaynaklanan yaralanmalar açısından istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Tehlikelerin alt ve üst sınırları belirlenmiş ve her tehlike sınıfı için olay ağaçları hazırlanmıştır.

Ersöz (2019) çalışmasında, Demir-Çelik sektöründe meydana gelen iş kazaları sonucu oluşan iş gücü kayıplarını en çok etkileyen bağımsız değişkenlerin belirlenerek iş gücü kayıplarının en aza indirilmesini amaçlayarak, Demir-Çelik tesislerinin yoğun olduğu bir ilde meydana gelen 2553 çalışana ait iş kazası verisini, çeşitli istatistiksel yöntemler ile araştırmıştır. CRT Karar ağacı yöntemi kullanılarak yapılan araştırma modeli sonucunda bağımlı değişken olan "iş kazası saatine" etki eden en önemli bağımsız değişkenler araştırılmış ve bağımsız değişkenler olarak "yaş", "tecrübe" ve "işgücü kayıp günü" alınmıştır. Araştırmada CRT yöntemi sonuçlarına

göre iş kaza saatini belirleyen en önemli değişken çalışanın yaşı çıkmıştır. C5.0 karar ağacı algoritma sonucuna göre iş kaza saatlerini etkileyen en önemli değişken “çalışanın görevi” değişkeni bulunmuştur. Bunu sırasıyla “tecrübe”, “yaralanan bölge” ve “yaş” değişkeni olduğu tespit edilmiştir. İş kazası oluş şekline göre en yüksek “Burkulma” ve daha sonra “Demir çarpması, düşmesi, parça düşmesi” olduğu görülmüştür. Ayrıca araştırma sonucuna göre işgücü kaybı ile tecrübe arasında ters orantılı bir ilişki ve önemli bir ilişki tespit edilmiştir. Tecrübe arttığında işgücü kaybı azalmaktadır.

3. Metodoloji

3.1 Veri Madenciliği

Veri Madenciliği, büyük veri setleri içerisinde saklı, değerli ve faydalı bilgilerin açığa çıkartılması olarak tanımlanabilir. Veri madenciliğindeki temel amaç, derlenmiş ve hazırlanmış verilerin bir takım istatistik yöntemlerle analiz edildikten sonra karar destek sistemlerinde kullanılacak kararlar üretmektir. Veri madenciliği süreci; problemin tanımlanması, verileri tanınması, verilerin hazırlanması, modelleme, değerlendirme ve uygulama aşmalarından oluşmaktadır.

3.2 Sınıflandırıcı Modeller ve Karar Ağaçları

Veri madenciliğinde modeller, işlevlerine göre üç ana grupta toplanır. Bunlar; Sınıflama (Classification), Kümeleme (Clustering) ve Birlikte Kuralları (Association Rules)’dır.

Sınıflayıcı modeller, veri madenciliğinde yer alan en tanınmış ve kullanışlı modellerdir. Sınıflama ve regresyon modelleri tahmin edici modellerdir ve söz konusu modeller öngörülse (Prediktif) modeller olarak da adlandırılmaktadır. Prediktif modeller, bir dizi girdi değeri baz alınarak bir sonuç değerinin tahmin edilmesi amaçlanmaktadır. Prediktif modeller içerisinde en önemli teknikler regresyon ve karar ağaçlarıdır (Ersöz, 2015).

Veri madenciliğinde kullanılmakta olan karar ağaçları, sınıfları bilinmekte olan ve sınıflandırılabilir veri setleri üzerinden tümevarım yöntemleriyle kullanılmakta olan bir karar yapısı çeşididir (Sun ve ark., 2008). Karar ağaçları, mega verileri, bir dizi karar verme aşamalarından geçirilerek, küçük gruplarına ayıran ve bu amaçla kullanılmakta olan yöntemlerdir. Yapılmakta olan her bir ayırım işlemi, nihai gruplarının üyelerini, diğerleriyle daha benzer hale getirmektedirler (Berry, 2004). Karar ağacı metodları, diğer istatistik yöntemlere kıyasla detaylı bilgi üretilmesi konusunda daha başarılıdır. Akademik çalışmalar için çok sık başvurulan yöntemler olmamasına karşın, sonuçların gruplandırılması ve kriterler arasında en önemli kriterin belirlenmesinde oldukça etkin çözümleme araçlarıdır (Ersöz, 2015). Yöntemin sık tercih edilmesi, ağaç yapılarını oluşturan kurallar dizinin kolay, sade ve araştırmacı tarafından anlaşılabilir olmasından kaynaklanmaktadır. Karar ağacı bir sınıfın olası üyelerinin belirlenmesinde, vakaların yüksek, orta, düşük risk grupları gibi sınıflara ayrılmasında, parametrik modellerin kurularak çok sayıda değişkenden en önemlilerinin seçilmesinde, gelecekteki olayların tahminlenmesi adına kurallar oluşturulmasında, belirli alt gruplara özgün ilişkilerin tanımlanmasında, kategorilerin birleştirilmesiyle sürekli değişkenlerden kesikli değişkenlere dönüştürülmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır [Akpınar, 2000].

Veri madenciliğinde karar ağaçları oluşturmak amacıyla çok sayıda algoritma geliştirilmiştir. Bu algoritmalar, CHAID (Chi-Squared Automatic Interaction Detector), Exhaustive CHAID, CRT (Classification and Regression Trees), ID3, C4.5, MARS (Multivariate Adaptive Regression Splines), QUEST (Quick, Unbiased, Efficient Statistical Tree), C5.0, SLIQ (Supervised Learning in Quest), SPRINT (Scalable Paralleizable Induction of Decision Trees) şeklinde sıralanabilir (Akpınar, 2000).

CHAID Algoritması

CHAID yöntemi 1980 tarihinde araştırmacı Kaas tarafından en iyi bölmeyi hesaplamak için ortaya atılmıştır. En uygun bölümleri seçebilmek adına entropy/gini’den değil Ki-Kare analizlerinden faydalanılmaktadır (Albayrak ve Yılmaz, 2009). Değişkenlerin bölünmeye uygunluğuna Bonferroni düzeltilmiş p değeri kullanılarak karar verilmektedir. Bonferroni yaklaşımı, her bir grubun ortalama vektörlerinin genel ortalama vektöründen farklarının sıfır olup olmadığını araştırmaktadır. Genel ortalamalar vektörü \bar{x} ve her grubun i . değişkene göre ortalama vektörleri \bar{x}_i eşitlik 1’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{matrix} \bar{x}_1 & \bar{x}_{11} & \bar{x}_{1g} \\ \bar{x}_2 & \bar{x}_{21} & \bar{x}_{2g} \\ \bar{x}_3 & \bar{x}_{31} & \bar{x}_{3g} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_p & \bar{x}_{p1} & \bar{x}_{pg} \end{matrix} \quad (1)$$

Her grubun ortalama vektörünün, genel ortalama vektöründen farkları,

$$d_i = \bar{x}_i - \bar{x} = \begin{matrix} \bar{x}_{i1} - \bar{x}_1 & \bar{x}_{i2} - \bar{x}_2 & \dots & \bar{x}_{ig} - \bar{x}_g \\ \bar{x}_{i3} - \bar{x}_3 & \dots & \dots & \bar{x}_{ip} - \bar{x}_p \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \bar{x}_{ip1} - \bar{x}_{p1} & \bar{x}_{ip2} - \bar{x}_{p2} & \dots & \bar{x}_{ipg} - \bar{x}_{pg} \end{matrix} \quad (2)$$

şeklinde hesaplanır. k . grup ile j . grup i . değişken ortalamaları arasındaki ortalama farklarına ait $1-\alpha$ güven aralığı,

$$d_{ki}-d_{ij}=(\bar{x}_{ki}-\bar{x}_{ji})\pm t(\alpha/pg(g-1))\sqrt{\left(\frac{1}{n_k}+\frac{1}{n_j}\right)*\frac{w_{ij}}{N-g}} \quad (3)$$

eşitliği ile hesaplanmaktadır. Burada, $N=n_1+n_2+\dots+n_g$, p değişken sayısı, g grup sayısı ve wii ise W matrisinin köşegen elemanlarını ifade etmektedir. W matrisi gruplar için değişimi göstermekte olup,

$$W=\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x}_i) * (x_{ij} - \bar{x}_i)' \quad (4)$$

denklemleri ile hesaplanmaktadır. Grupların sayısı “g” ile i. gruptaki birim sayısı ise “ni” ile gösterilmektedir. Her bir değişken için gruplar ikiye bölünecek şekilde değerlendirilir ve elde edilen aralığın sıfır değerini içerip içermediği belirlenir. Eğer aralık içerisinde sıfır değeri var ise gruplar arası istatistiksel olarak anlamlı bir farkın olmadığı, sıfır değeri yer almıyor ise gruplar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılır (Akpınar, 2000).

C5.0 ve CRT Algoritması

C5.0 algoritması kategorik hedef değişkenleri tahmin etmek amacıyla kullanılmaktadır. Hafızayı etkin kullanan algoritma daha küçük karar ağaçları oluşturmaya imkân tanımakta, verinin ayrıştırılması ve iyileştirilmesi için daha uygun çözümler sunmaktadır. Öğrenme zamanlarının da kısa olmasıyla modellerinin anlaşılması ve yorumlanması da kolaydır.

CRT algoritması son veya uç olmayan her bir düğümde iki adet dal bulunmaktadır. Budama işlemi ağacın karmaşıklık ölçüsüne dayanır. Sınıflandırma ve regresyonu destekleyici bir yapıdadır. Sürekli hedef değişkenleri ile çalışır. Verinin hazırlanmasına gereksinim duyar (Ersöz, 2015).

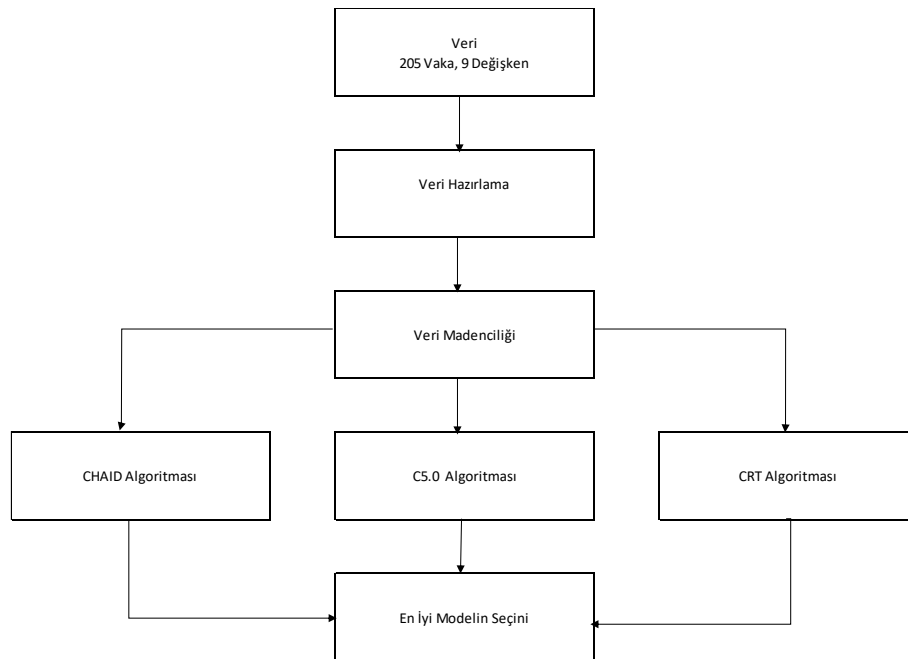
4. Veri Madenciliği Uygulaması

4.1 Problem tanımı ve amacı

Bu çalışmada, bir demir çelik fabrikası çalışanlarına ait veri tabanı üzerinden iş kazalarına ilişkin, belirli alt gruplara özgü olan ilişkilerin tanımlanması, vakaların yüksek, orta, düşük risk grupları gibi kategorileştirilmesi ve gelecekteki olayların tahmin edilebilmesi için veri madenciliği ile kurallar oluşturulması amaçlanmıştır. Çalışmada görsel, anlaşılır, basit yorumlanabilir ve kural çıkarımına imkân tanınması nedenleriyle veri madenciliği yöntemlerinden karar ağaçları tekniklerinden yararlanılmıştır.

4.2 Veri Toplama ve Verinin Modele Hazırlanması

Çalışmada kullanılan veri seti, bir demir çelik fabrikasında 2018 yılında iş kazasına uğramış çalışanların bilgilerinden oluşturulmuştur. Veri seti oluşturulurken; kazalının yaşı, cinsiyeti, medeni durumu, eğitim durumu, iş tecrübesi, kadrolu veya taşeron olarak çalışması, çalıştığı alan, geçirdiği kazanın şiddeti bilgileri kullanılmıştır (Tablo 1). Uygulama adımları Şekil 1.’deki modelde gösterilmiştir.



Şekil 1. Uygulama Adımları Akış Şeması

Veri girişleri IBM SPSS Statistics paket programı aracılığı ile yapılmış olup, modelleme öncesinde veriler içindeki aykırı, uç değerler temizlenmiştir. Araştırmada kullanılan nitel veriler aşağıda Tablo 1’de nicel veriler haline kodlanarak dönüştürülmüştür.

Tablo 1. Değişkenler ve Nitel Verilerin Kodlanması

Değişkenler	Kodlama	Değişken Alt Kategorisi
Cinsiyet	1	Kadın
	2	Erkek
Yaş	1	18-22 yaş
	2	23-30 yaş
	3	30-40 yaş
	4	40 yaş ve üstü
Eğitim Durumu	1	İlkokul
	2	Ortaokul
	3	Lise
	4	Lisans ve Lisans Üstü
Tecrübe	1	0-1 yıl
	2	1-2 yıl
	3	2-5 yıl
	4	5 yıl ve üzeri
Medeni Hal	1	Evli
	2	Bekâr
Çalışma Alanı	1	Saha
	2	Ofis
Kadro Durumu	1	Taşeron
	2	Taşeron Değil
Kaza Nedeni	1	Uygunsuz Ortam
	2	Uygunsuz Davranış
Kaza Şiddeti	1	Hafif
	3	Orta
	4	Şiddetli

Araştırmada yer alan 205 kazalının; %88’i erkek (181 kişi), %12’si kadın, %34’ü 18-22 yaş arasında, %43’ü ilkokul veya ortaokul mezunu, %45’i 0-2 yıl iş tecrübesine sahip, %84’ü saha da iş görmekte, %58’i taşeron personel olduğu ve %57’sinin uygunsuz davranıştan kazalandığı tespit edilmiştir.

5. Bulgular

Araştırmada veri madenciliği sınıflayıcı modellerden; Chaid, CRT ve C.5.0 algoritmaları kullanılmıştır. Veri madenciliği araştırması sonucunda, kullanılan modellere ilişkin başarı oranları Tablo 2’de gösterilmiştir. Karar ağacı algoritmalarındaki başarı oranları farklılık göstermiştir (%68,29 %87,80 %78,05).

Tablo 2. Karar Ağacı Model Sonuçları

CHAID Algoritması	%68,29
CRT Algoritması	%87,80
C5.0 Algoritması	%78,05

Araştırmada iş kazası şiddetini etkileyen değişkenler araştırılmış ve Chaid karar ağacı model sonucu aşağıda Şekil 2’de verilmiştir.

\$R-Kaza_siddeti

Category	%	n
düşük	26,471	54
orta	26,471	54
yüksek	47,059	96
Total	100,000	204

Çalışma_alanı

Category	%	n
düşük	15,607	27
orta	28,902	50
yüksek	55,491	96
Total	84,804	173

Category	%	n
düşük	87,097	27
orta	12,903	4
yüksek	0,000	0
Total	15,196	31

Şekil 2. Kaza Şiddetine Ait CHAID Analizi Tablosu

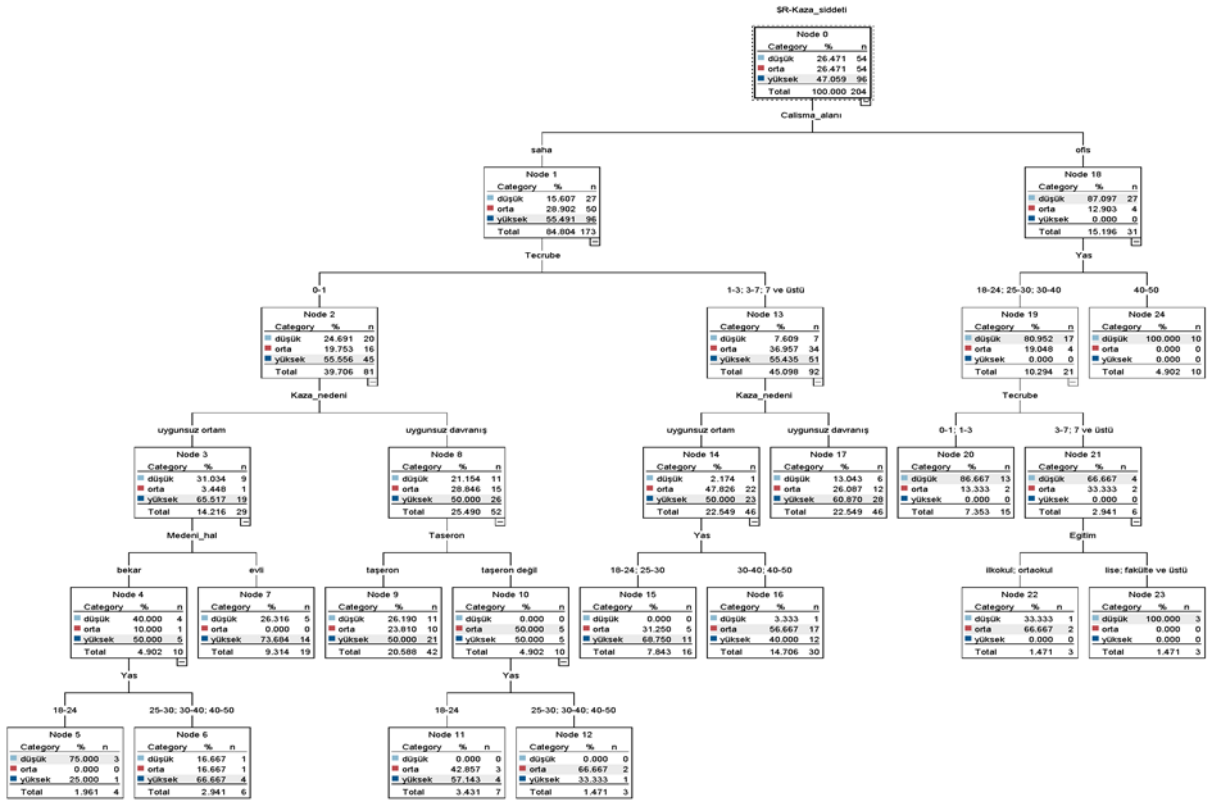
CHAID algoritmasının çözümünde sadece iki düğüm oluşmuştur. Ağaç sadece çalışma alanı değişkenine göre dallanmıştır. Yani “çalışma alanının” kazalanma şiddeti için en etkili faktör olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3. Kaza Şiddetinin CHAID Algoritması ile Tahmini

Düğüm	Kurallar	Kaza Şiddeti	Oran	Popülasyon
1	Eğer (çalışma ortamı=saha)	Yüksek	55,491%	96
2	Eğer (çalışma ortamı=ofis)	Düşük	87,097%	27

CHAID analizine göre sahada çalışan personelin yaşadığı kazalar yüksek %55,491 oranında yüksek şiddetli olurken, ofis çalışanlarının geçirdiği kazaların %87,097’si düşük şiddette olduğu görülmüştür (Tablo 3).

İş kazası şiddetini etkileyen değişkenler C&RT algoritması ile de araştırılmış ve model sonucu aşağıda Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Kaza Şiddetine Ait C&RT Analizi Tablosu

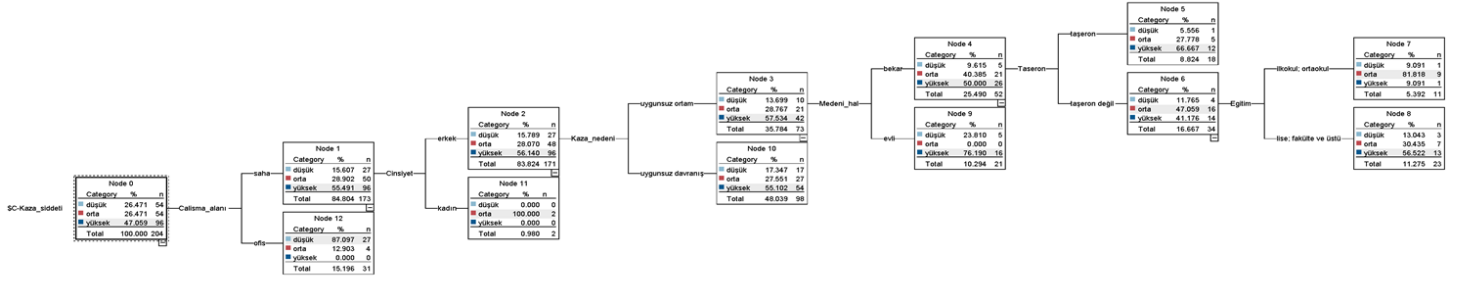
C&RT algoritmasının sonucunda 23 düğüm olmuştur. İlk dallanma Chaid algoritmasına benzer şekilde “çalışma alanı” olarak gözlemlenmiştir. Ofis çalışanlarında 40-50 yaş arasındaki personelin düşük riskle çalıştığı; 40 yaş altı personelin ise %80,952 düşük şiddetinde ve %19,048’i ise orta şiddette kazalandığı tespit edilmiştir.

Tablo 4. Kaza Şiddetinin C&RT Algoritması ile Tahmini

Düğüm	Kurallar	Kaza Şiddeti	Oran	Popülasyon
5	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 0-1 ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni hali= bekar ve yaş= 18 ile 24 arasında	Düşük	75,000%	3
6	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 0-1 ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni hali= bekar ve yaş= 25-30;30-40;40-50	Yüksek	66,667%	4
9	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 0-1 ve kaza nedeni=uygunsuz davranış ve taşeron	Yüksek	50,000%	21
11	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 0-1 ve kaza nedeni=uygunsuz davranış ve taşeron değil ve yaş=18-24	Yüksek	57,143%	4
12	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 0-1 ve kaza nedeni=uygunsuz davranış ve taşeron değil ve yaş=25-30;30-40;40-50	Orta	66,668%	2
15	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 1-3;3-7;7+ ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve yaş= 18-24;25-30	Yüksek	68,750%	11
16	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 1-3;3-7;7+ ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve yaş= 30-40;40-50	Orta	56,667%	17
17	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve tecrübe = 1-3;3-7;7+ ve kaza nedeni=uygunsuz davranış	Yüksek	60,870%	28
20	Eğer (çalışma ortamı=ofis ise) ve yaş=18-40 ve tecrübe= 0-3	Düşük	86,667%	13
22	Eğer (çalışma ortamı=ofis ise) ve yaş=18-40 ve tecrübe= 7+ ve eğitim=ilkokul;ortaokul	Orta	66,667%	2
23	Eğer (çalışma ortamı=ofis ise) ve yaş=18-40 ve tecrübe= 7+ ve eğitim=lise,fakülte ve üstü	Düşük	100,000%	3
24	Eğer (çalışma ortamı=ofis ise) ve yaş=40-50	Düşük	100,000%	10

Sahada çalışan personelde ise kaza şiddeti en çok etkileyen ikinci faktör “tecrübe” ve “yaş” faktörleri olarak karşımıza çıkmıştır. Bir seneden tecrübesiz olarak çalışanların %55,556’sının iş kazası şiddetinin “yüksek” olduğu, uygunsuz ortamda çalışanların iş kazası şiddetinin (%65,517) ve uygunsuz davranıştan kazalanan çalışanların (%50) iş kazası şiddetinin “yüksek” olduğu tespit edilmiştir. Kaza nedeni “uygunsuz ortam” ve çalışanın medeni durumu “evli” ise, kaza şiddetinin “düşük” (%26,190) ve “yüksek” (73,604) şiddette kazalandığı; çalışanın yaşı 18-24 yaşında ise “düşük” (%75) ve “yüksek” (%25) şiddette kazalandığı görülmüştür. İşyerinde “uygunsuz davranış” gösteren taşeron çalışanların %50’si “yüksek” şiddette; %25,190 “düşük” ve %23,810 “orta” şiddette kazalandığı görülmüştür. Eğer çalışan taşeron değilse “düşük” şiddette iş kazası geçirmediikleri, %50 “orta” ve “yüksek” şiddette kazalandığı, yaş 25+ yaşında çalışanların %66,667 “orta” şiddette ve %33,333’ü ise “yüksek” şiddette iş kazası geçirdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.).

İş kazası şiddetini etkileyen faktörler C5.0 algoritması ile de araştırılmış ve model sonucu aşağıda Şekil 4’te verilmiştir.



Şekil 4. Kaza Şiddetine Ait C5.0 Analizi Tablosu

C5.0 Algoritmasının sonucunda 12 düğüm olmuştur. İlk dallanma CHAID ve CRT algoritmasına benzer şekilde en önemli faktör “çalışma alanı” olduğu gözlemlenmiştir. İş kazası şiddetini etkileyen ikinci faktörün “cinsiyet” gözlemlenmiş olsa da sahada çalışan kadın sayısı ve yaptıkları işlerin farkları düşünüldüğünde karar vermek için yeterli olmadığı değerlendirilmiştir.

Tablo 4. Kaza Şiddetinin C5.0 Algoritması ile Tahmini

Düğüm	Kurallar	Kaza Şiddeti	Oran	Popülasyon
5	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=erkek ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni durumu = bekar ve taşeron	Yüksek	66,667%	12
7	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=erkek ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni durumu = bekar ve taşeron değil ve eğitim=ilkokul;ortaokul	Orta	81,818%	9
8	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=erkek ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni durumu = bekar ve taşeron değil ve eğitim=Fakülte ve üstü	Yüksek	56,522%	13
9	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=erkek ve kaza nedeni=uygunsuz ortam ve medeni durumu = evli	Yüksek	76,190%	16
10	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=erkek ve kaza nedeni=uygunsuz davranış	Yüksek	55,102%	54
11	Eğer (çalışma ortamı=saha ise) ve cinsiyet=kadın	Orta	100,000%	2
12	Eğer (çalışma ortamı=ofis ise)	Düşük	87,097%	27

Çalışma alanı “saha” olan, cinsiyeti “erkek”, kaza nedeni “uygunsuz ortam” olan, medeni hal “bekar olan” ve taşeron çalışanların çalışanların %66,667’si “yüksek şiddette” kazalanmıştır. Çalışma alanı “saha” olan, cinsiyeti “erkek”, kaza nedeni “uygunsuz ortam” olan, medeni hal “bekar olan” ve taşeron olmayan çalışanların eğitim durumu “ilkokul ve ortaokul” olan çalışanların %81,818’i “orta şiddette”, eğer fakülte ve üstü mezuniyeti var ise %56,522 oranında “yüksek şiddetle” kazalanmıştır. Çalışma ortamı “saha” olan kadınların tamamı “düşük şiddetle” kazalanmıştır. Eğer personel ofiste çalışıyor ise %87,097 oranla “düşük şiddetli” kazalanmaktadır.

6. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada bir demir çelik endüstrisinde yer alan işletmenin iş kazası verilerinden yararlanılarak, iş kazasının şiddetini etkileyen faktörler veri madenciliği karar ağacı teknikleri ile araştırılmıştır. Veri madenciliği karar ağacı algoritmaları uygulanmış ve oluşan kurallar değerlendirilmiştir.

En yüksek başarı oranına sahip (CRT Algoritmasına göre; bir seneden tecrübesiz olarak çalışanların %55,556'sinin iş kazası şiddetinin "yüksek" olduğu, uygunsuz ortamda çalışanların iş kazası şiddetinin (%65,517) ve uygunsuz davranıştan kazalanan çalışanların (%50) iş kazası şiddetinin "yüksek" olduğu tespit edilmiştir. Kaza nedeni "uygunsuz ortam" ve çalışanın medeni durumu "evli" ise, kaza şiddetinin "düşük" (%26,190) ve "yüksek" (73,604) şiddette kazalandığı; çalışanın yaşı 18-24 yaşında ise "düşük" (%75) ve "yüksek" (%25) şiddette kazalandığı görülmüştür. İşyerinde "uygunsuz davranış" gösteren taşeron çalışanların %50'si "yüksek" şiddette iş kazası geçirdiği tespit edilmiştir.

Chaid, CRT ve C5.0 algoritma sonuçları incelendiğinde; işyerindeki iş kazalarının şiddetini etkileyen en önemli değişken "çalışma alanı" olarak ortaya çıkmıştır. Daha sonra bunu "kaza nedeni" ve "tecrübe" faktörleri izlemiştir. Yaşın ise kazalanma için çok önemli bir kriter olduğu sonucuna varılmıştır. Buna rağmen; Ersöz (2019), Erdoğan ve arkadaşları (2019), Verma ve arkadaşları (2014) ve Eser (2015)'in yaptıkları çalışmalarda tecrübenin yanı sıra yaşın da çok önemli faktör olduğunu ortaya koymuşlardır. Ghousi (2015) 20-25 yaş arasında ve iş tecrübesi iki yıl ve daha az olan çalışanlarda yüksek oranda ve şiddette kazaların meydana geldiği ortaya koyulmuştur. Cheng ve arkadaşları, yaşın ve tecrübenin kazalanmada önemli bir kriter olduğunu sunmuşlardır. 2018 yılında Shirali ve arkadaşları (2018) ise sırasıyla yaş, kaza nedeni ve eğitim düzeyinin kazalanmadaki önemli değişkenler olduğunu sunmuşlardır.

İşletmelerdeki iş kazalarının nedenlerinin araştırılması, yönetimin önleyici önleyici tedbirler alınması açısından oldukça önemlidir. Söz konusu işletme önleyici faaliyet olarak İş Sağlığı ve Güvenliği eğitimleri ile mentörlük kavramlarının önemli unsurları olduğu değerlendirilmeli tecrübe ile kazanılacak deneyimin bir kısmını eğitimlerle tamamlamalıdır. Ayrıca taşeron personelin daha sık ve şiddetli kazalanması alt yüklenice getirilen şartların gözden geçirilmesi ve denetimlerin sıklaştırılması gerekliliğini göstermektedir. Taşeron personelin aldığı eğitimler de kontrol edilmelidir, hatta eğitimler işletme bünyesinde verilmeye başlanabilir.

Karar ağacı algoritmaları, demir çelik sektöründeki iş kazası şiddeti tahmini için uygun modeller oluşturmuştur. İşyeri yetkilileri kazalanmaya daha açık personel profilini belirleyemeye yönelik tahminler yaparak kaza oranını ve şiddetini azaltabilir, kişilere özgü eğitim ihtiyaçları planlayabilir ve özel tedbirler geliştirebilirler. Demir çelik endüstrisinde yaşanan kazaların sıklıkları göz önünde bulundurularak seçilen veri seti genişletilebilir.

Son olarak, gelecekteki çalışmalar için çelik endüstrilerindeki kazalanma şiddetini tahmin etmek için destek vektör makinesi ve Bayes ağları gibi diğer veri madenciliği yöntemlerinin kullanılması ve sonuçlarının karar ağacı algoritmaları ile karşılaştırılması önerilir.

Kaynakça

- Akpınar, H. (2000). Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 29 (1): 1-22.
- Albayrak, A., Yılmaz, Ş. (2009). Veri Madenciliği: Karar Ağacı Algoritmaları ve Imkb Verileri Üzerine Bir Uygulama", Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, C.14, pp.31-52,
- Altunkaynak, B. (2018). A statistical study of occupational accidents in the manufacturing industry in Turkey, · International Journal of Industrial Ergonomics 66, 0169-8141.
- Berry, Michael J. (2004). Data Mining Techniques: For Marketing, Sales, and Customer Relationship Management, John Wiley and Sons Incorporated, USA, 194.
- Ayanoğlu C., Kurt M. (2019). Metal Sektöründe Veri Madenciliği Yöntemleri ile Bir İş Kazası Tahmin Modeli Önerisi, Vol. 2, pp. 78-87.
- Chi C., Chen C. (2003). Reanalyzing Occupational Fatality Injuries In Taiwan With A Model Free Approach, Safety Science, Volume 41, Issue 8, Pages 681-700.
- Demir, A., & Öz, A. (2018). Teolojik Açından İş Kazalarının İncelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, Sayı 14, S.189-197.
- Erdogan, H., Duzgun, H., Kestel, S. (2019). Quantitative Hazard Assessment For Zonguldak Coal Basin Underground Mines. International Journal Of Mining Science And Technology, Vol.29, 453-467.
- Ersöz F. (2015). "Veri Madenciliği Teknikleri ve Uygulamaları", Dijital Basımevi, 72. Tasarım, Ankara.
- Ersöz, T (2019). Demir-Çelik Sektöründe İş Kazalarının Analizi. Ekin Yayınevi, Bursa, Sayfa Sayısı 124.
- Ersöz T., Merdin, D., Ersöz F. (2015). Veri Madenciliği Yöntemi ile Memnuniyet Algısının Araştırılması, ISITES2015 Valencia -Spain
- Eser, A. (2015). Güncel İş Kazaları Verilerinin İstatistiksel Analizi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, Cilt 30, Sayı 2, Sayfalar 227 - 242.
- Ghousi, R. (2015). Applying a decision support system for accident analysis by using datamining approach: A case study on one of the Iranian manufactures, Journal of Industrial and Systems Engineering, Vol. 8, No. 3, pp 59-76.
- Hand, D. (2001). Manila, H. & Smyth, P., Principles of Data Mining. USA: MIT Press.
- International Labour Organization. (2005). Code of practice on safety and health in the iron and steel industry, Geneva, Sayfa Sayısı 5.
- Mutlu, N. G., Alp, S. & Altuntaş, S. (2018). Tekstil Sektöründe Yaşanan İş Kazalarının Verimadenciliği Uygulaması ile Analizi. 3 International Congress On Occupational Safety And Security, İstanbul.
- Mutlu, N. G., & Altuntaş, S. (2019). Assessment of Occupational Risks in Turkish Manufacturing Systems with Data-Driven Models. Journal Of Manufacturing Systems, vol.53, 169-182.
- Rivas, T., Paz, M., Martín J., Matías, J., García J. (2011). Explaining and predicting workplace accidents using data-mining techniques, Reliability Engineering & System Safety, 96- 7, Pages 739-747.
- Sarkar S., Patel A., Madaan S., Maiti, J. (2016). Prediction of Occupational Accidents Using Decision Tree Approach, Conference: INDICON-2016 (IEEE), Bangalore.

- Sanmiquel, L., Bascompta M., Rossell J., Anticoi, H. (2018). Analysis of Occupational Accidents in Underground and Surface Mining in Spain Using Data-Mining Techniques, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 462.
- Sarkar S., Pateshwari V., Maiti J., (2017). Predictive Model for Incident Occurrences in Steel Plant in India, 2017 8th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT).
- Shirali, G., Noroozi, M., Malehi, A. (2018). Predicting the outcome of occupational accidents by CART and CHAID methods at a steel factory in Iran, *J Public Health Res*, 7(2): 1361.
- Sun, Jie ve Hui Li, (2008). Data Mining Method for Listed Companies, Financial Distress Prediction, *Knowledge-Based Systems*, 21 (1): 2.
- Verma A., Das Khan S., Maiti, J., (2014). Identifying Patterns of Safety Related Incidents in A Steel Plant Using Association Rule Mining of Incident Investigation Reports, *Safety Science*, 70, pp. 89-98.
- Yapıcı N., Çetinkaya C.(2018). Comparison of Fatal Occupational Accidents Statistics in Turkey with Some European Countries, *International Journal of Scientific and Technological Research* ISSN 2422-8702 (Online) Vol 4, No.6.
- World Steel Association, (2020). *Safety And Health Principles And Definitions Guidance Book*, Brüksel, S. 4-5.



Design of 24-28 GHz band 5G Antenna Based on Symmetrically Located Circular Gaps

Hurrem Özpinar¹, Hüseyin Sinan Akşimşek^{2*}

¹ Istanbul Kültür University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Atakoy Campus, 34158, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-3202-4950)

² Istanbul Kültür University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Atakoy Campus, 34158, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-0807-3824)

(International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT) 2020 – 22-24 Ekim 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.843864)

ATIF/REFERENCE: Özpinar, H. & Akşimşek, H. S. (2020). Design of 24-28 GHz band 5G Antenna Based on Symmetrically Located Circular Gaps. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 408-413.

Abstract

5G (fifth generation) cellular system is expected to work in a wide frequency range to meet the demand for mobile services and applications. Antennas will be addressed to the future 5G applications should pose superior characteristics, such as high gain and ultra-large bandwidth response by considering atmospheric absorption/free-space path loss on planned millimeter-wave frequency range of 5G communications. Therefore, antenna design for the future 5G applications is a challenging process. In this article we present a high-gain, broadband mm-Wave antenna based on a circular patch structure with a ground plane and resonator gaps. The designed antenna is analyzed using a widely used full-wave electromagnetic solver. The major antenna figure-of-merits including reflection coefficient, VSWR (voltage-standing wave ratio), antenna patterns in E- and H-planes, surface current distribution, antenna directivity and maximum gain, are obtained. The simulation results show that the gapped circular patch based design has the S11 response less than -10 dB in the frequency range of 21.6-28.8 GHz, which includes 24-28 GHz band of 5G cellular systems. Moreover, it is observed that the symmetrically located circular gaps on both top and bottom layers decrease the side lobe level under -10 dB value, and enhance the gain. We attribute the improvement in the antenna performance to the created current regions due to gaps hosting large vortex current distributions. With 10 mm × 13mm surface area, the proposed antenna demonstrates the peak gain of 9.44 dBi and the radiation efficiency of over 85%. High gain and compact size make this antenna suitable for coming 5G devices.

Keywords: 5G, cellular systems, millimeter-wave antenna.

Simetrik Olarak Yerleştirilmiş Dairesel Boşluklara Dayalı 24-28 GHz bant 5G Anten Tasarımı

Öz

5G (beşinci nesil) hücreli sistemlerin, mobil hizmet ve uygulamalara olan talebi karşılayacak geniş bir frekans bölgesinde çalışması bekleniyor. 5G uygulamalara yönelik antenlerin, 5G haberleşmenin planlanan milimetre dalga frekans aralığında atmosferik soğurma / boş alan yayılım kaybı dikkate alınarak kompakt yapı, üstün kazanç ve ultra bant genişliği sağlamaları beklenmektedir. Bu sebeple gelecek 5G uygulamaları için anten tasarımı süreci oldukça çetrefilli bir süreç tanımlıyor. Bu makalede, toprak düzlemi ve rezonatör kısmı boşluk içeren dairesel bir yama yapısına dayanan yüksek kazançlı, geniş bantlı bir mm dalga anten geliştirilmiştir. Tasarlanan anten, yaygın olarak kullanılan bir tam dalgalı elektromanyetik çözücü ile analiz edilmiştir. Sırasıyla, S11 yansıma katsayısı, E düzlemi ve H düzlemindeki anten ışın demetleri, yüzey akım dağılımı (J), anten yönlülüğü (D) ve antenin maksimum kazanç değerlerini kapsayan anten tasarımına ilişkin esas başarımlar ölçümleri elde edilmiştir. Simülasyon sonuçları, aralıklı dairesel yama tabanlı tasarımın, 5G hücreli sistemlerin 24 – 28 GHz bandını kapsayan 21.6 – 28.8 GHz frekans aralığında -10 dB altında S11 yanıtına sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, alt toprak tabakaya ve üst yayıcı tabakaya simetrik olarak yerleştirilen daire şeklindeki eş merkezli boşlukların yan lob seviyesini -10 dB değerinin altına düşürdüğü, ve anten kazancını artırdığı gözlemlenmiştir. Anten performansındaki bu iyileşme, boşluklar sayesinde oluşturulan yeni akım bölgelerinin büyük girdap akım dağılımlarına ev sahipliği yapmasına bağlıdır. 10 mm × 13 mm yüzey alanı ile önerilen anten 9.44 dBi tepe kazancı ve %85'in üzerinde bir ışın verimliliği göstermiştir. Yüksek kazanç ve kompakt yapısı sebebiyle önerilen anten gelecek nesil 5G aygıtlarla uyumluluk göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: 5G, hücreli sistemler, milimetre dalga anten.

*Sinan Akşimşek: Istanbul Kültür University, Department of Electrical and Electronics Engineering, Atakoy Campus, 34158, Istanbul, Turkey
ORCID:0000-0002-0807-3824,s.aksimsek@iku.edu.tr

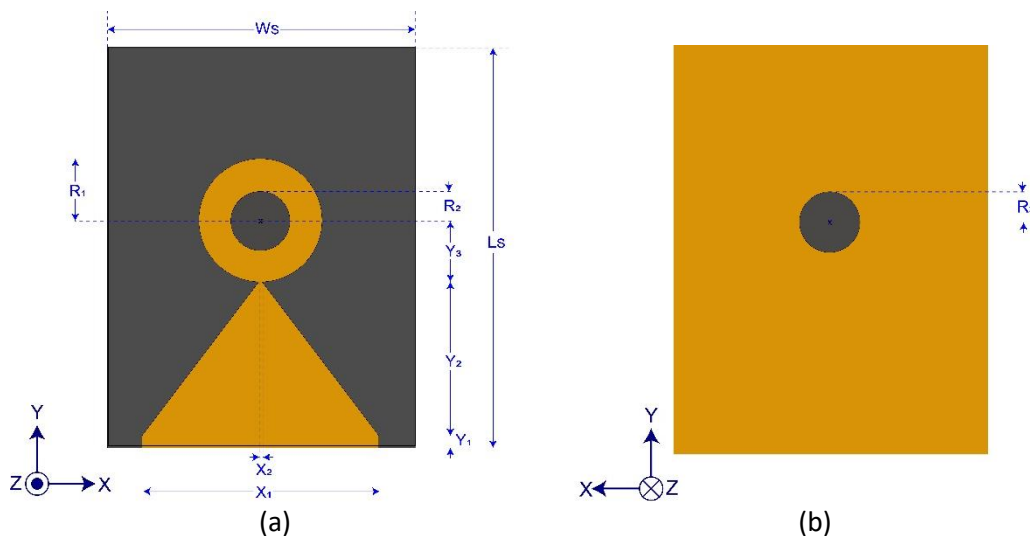
1. Introduction

Cellular communication systems have experienced a significant change in recent years, depending on technological and sociological factors. The demand for these devices has become increasingly widespread in terms of the advantages provided by the wireless and portable telephone calls. Studies have been conducted to improve quality parameters such as voice quality, bandwidth, coverage, delay, energy efficiency, reliability, and efficiency over time. Analog voice transmission was realized with 1G technology, and 2G technology provided data transmission at Kb/s levels as well as better quality digital sound transmission. In addition, features such as SMS (Short Message Service) and MMS (Multimedia Messaging Service) came with 2G. With the increasing number of mobile phone users, the demand for quality parameters has increased. These developments enabled the development of new mobile communication techniques and a fast transition to 3G technologies. 3G technologies have brought along data rates in Mb/s levels and features such as watch (VoD: Video on Demand), GPS (Global Positioning System), video chat (VC: Video Conferencing), mobile TV (MTV). 3G technology has enabled the spread of mobile internet and increased the use of social networks. However, the trend towards data traffic instead of voice traffic has increased, and the need to use 4G technologies has emerged. When looking from 1G to 4G, it is clearly seen that with the development of technology, people's demands in the field of communication are increasing day by day. Beyond this, 5G technology will allow devices to communicate with each other as well as people to communicate. In this context, it is expected that there will be a serious increase in data traffic and connection density per square kilometer in the coming years. Considering all these factors, the idle millimeter-wave frequency range (30-300 GHz) for mobile communication is considered to be used in 5G technology. In 5G technology, parameters such as high efficiency, high reliability, low latency, and increased energy efficiency are considered to be important, and studies on antenna design to meet these needs are carried out worldwide [1-3].

In the 5G system, 3.5-4.2 GHz band, defined as 6-GHz sub-band, is reserved for broadband radio services [4-5]. To achieve superior capacity in 5G applications, multiple-input multiple-output (MIMO) is one of the solutions used to create antenna arrays by maximizing spectral and energy efficiency [6-7]. In addition to MIMO antennas, recently developed Quasi-Yagi antennas can support high directionality, wide bandwidth, and low profile for 5G applications [8-9]. Direct-feeding microstrip patch antennas are relatively compact and robust structures but typically suffer from narrow bandwidths and high losses [10-12]. However, microstrip antennas to be designed with different geometries can eliminate the problem of narrow bandwidth and also provide high gain. In this article, using symmetrically located gaps on the ground and the radiator, a circular patch antenna design is proposed, which shows low side lobe level, wide bandwidth, and high gain. The design procedure of the gapped circular patch antenna is explained with the applied parametric analysis based on simulations. The proposed antenna has a gain of more than 9 dBi in the 24-28 GHz band.

2. Antenna Design

The structure of the circular patch antenna with its parameters is shown in Fig. 1. The proposed antenna consists of a microstrip tapered feed line and the radiating structure that is a circular patch with a circular gap. It has broadside radiation characteristics. Rogers RT5880 substrate with the dielectric constant of $\epsilon_r=2.2$, and loss tangent of $\tan\delta=0.0009$ is selected. The dielectric thickness is 2 mm, corresponding to 0.1733λ at the center operation frequency, and the surface area is optimized to 10 mm x 13 mm. The bottom layer of the substrate, the ground, is covered with copper involving a circular gap. The center of the circular gap in the bottom layer of the substrate is in line with the center of the circular resonator at the top of the substrate. The optimal antenna parameters are summarized in Table 1.



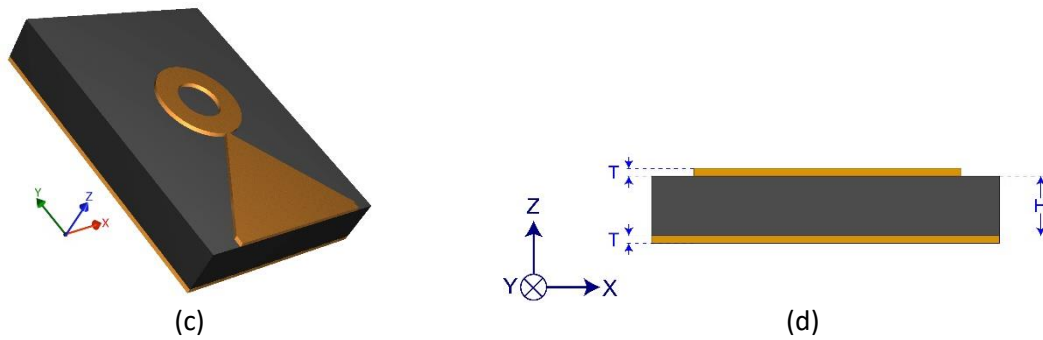


Figure 1. Antenna geometry (a) Top view, (b) Bottom view, (c) Perspective view, (d) Side view.

Table 1. Dimensions of the proposed antenna (all units are in mm)

W_s	L_s	X_1	X_2	Y_1	Y_2	Y_3	R_1	R_2	R_3	T	H
10	13	7.69	0.246	0.4	5	2	2.1	0.9	0.9	0.035	2

3. Simulation Results

The simulations of the proposed antenna are performed using a three-dimensional full-wave electromagnetic simulator CST Microwave Studio [13]. The reflection coefficient (S11) and voltage standing wave ratio (VSWR) results are shown in Fig.2 (a) and Fig.2 (b), respectively. The results show that the proposed antenna design can cover the range of 21.6-28.8 GHz (1:1.33 BW) with a reflection coefficient of less than -10 dB. It also displays the deepest S11 value of -18 dB at 24 GHz and VSWR value of 1.28 at 24 GHz.

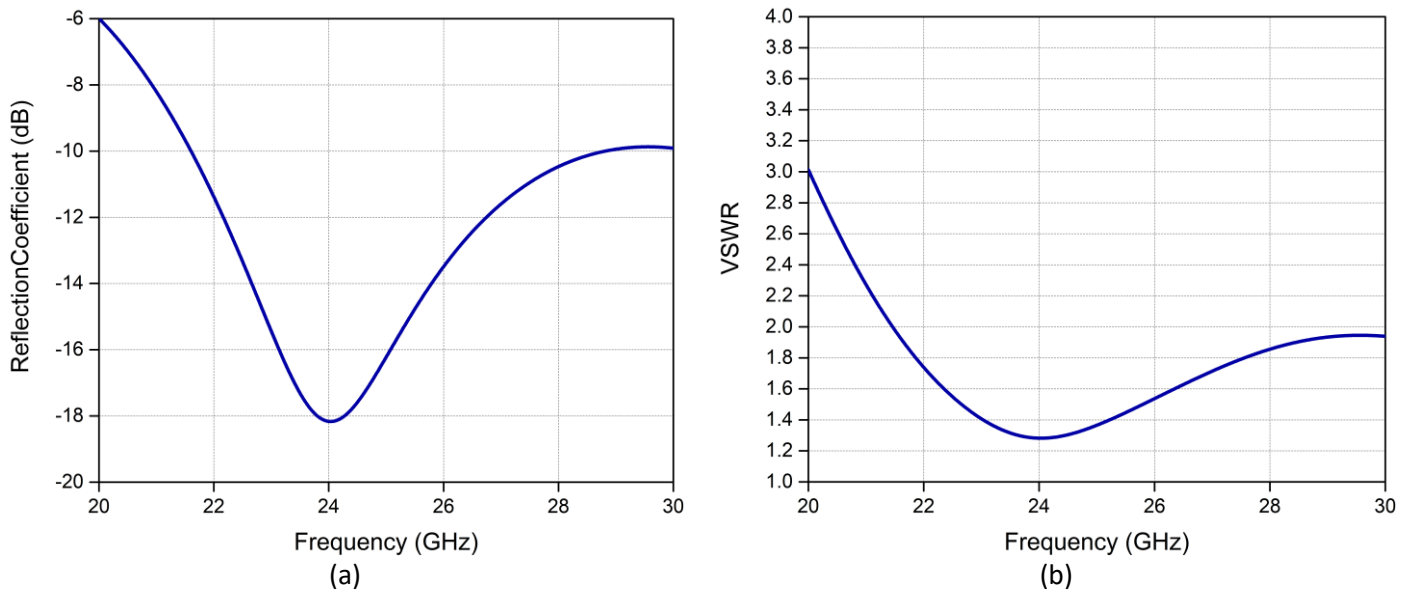


Figure 2. (a) Reflection coefficient (b) VSWR.

The parametric analysis results demonstrate that the antenna's bandwidth, gain, and efficiency can be adjusted by changing the antenna profile. Based on this outcome, various circular patch antenna versions are designed, as shown in Fig.3, and the effects are observed. First, the version-1 parameters are examined. The antenna performance and major characteristics such as gain, bandwidth, and radiation efficiency have been analyzed with variations in the parameters of X_1 , R_1 , Y_2 , Y_3 , and X_2 . To obtain perfect impedance matching, the X_1 parameter, which is the width of the feed line input, was set to be an input impedance of 50 Ω .

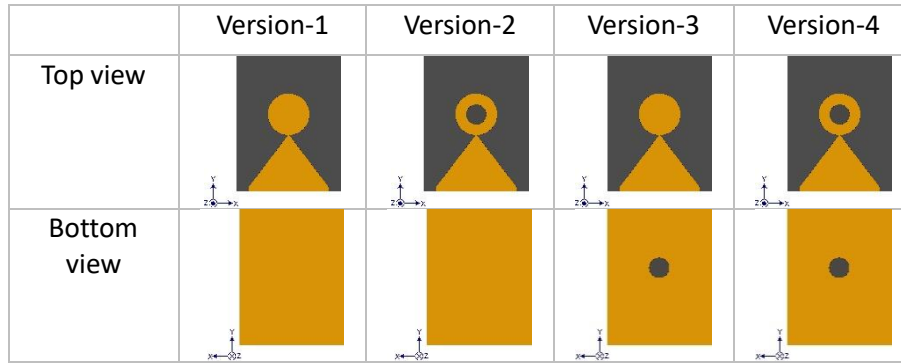


Figure 3. Top and bottom views of the studied antenna versions

The effect of parameter R_1 , the radius of the circular resonator, was observed by changing it between 1.4 mm and 2.4 mm at intervals of 0.2 mm. As R_1 increases, the resonance frequency moves to a lower frequency due to the dimension of the resonator with an increase in gain and radiation efficiency. However, the E-plane side lobe level rises in this case. The effect of parameter Y_2 and Y_3 , the lengths of the feed line parts, was also analyzed separately. It is observed that they pose the similar effects. When Y_2 and Y_3 increase, the antenna bandwidth, gain, and radiation efficiency decrease. Furthermore, although large Y_2 and Y_3 values lower the E-plane side lobe level, it raises the H-plane side lobe level. Finally, the effect of the X_2 was also analyzed. It has been found that the bandwidth of the antenna is not affected with any changes in the specified range of X_2 , from 0.1 to 0.6 mm.

Table 2. Antenna gains at the 24-28GHz frequency band with e plane and H plane sidelobe levels for different variations of the structure.

Version	Sidelobe Level (dB)						Gain (dBi)		
	E-Plane			H-Plane			Gain (dBi)		
	Frequency(GHz)			Frequency(GHz)			Frequency(GHz)		
	24	26	28	24	26	28	24	26	28
Version-1	-8.3	-10.4	-11.4	-15.4	-16.1	-18	8.187	9.127	9.456
Version-2	-9.3	-11.2	-11.7	-15.6	-16.3	-18.2	8.38	9.239	9.536
Version-3	-9	-11	-11.8	-15.1	-15.5	-17.1	8.282	9.132	9.438
Version-4 (Proposed Antenna)	-10	-11.6	-12	-15.4	-15.7	-17.3	8.446	9.241	9.496

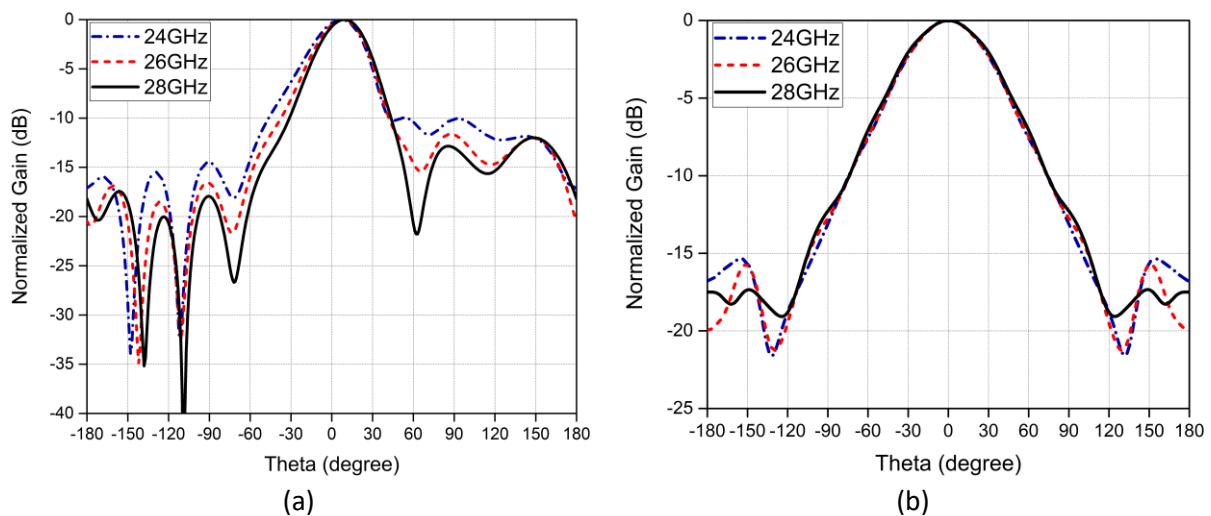


Figure 4. Simulated gain patterns of proposed antenna at 24, 26, and 28GHz (a) E-plane (b) H-plane.

In contrast to the effects of other parameters, as the X_2 value increases, the level of the E-plane side lobe and the radiation efficiency enhance, however, the gain reduces. With all these studies considered, the optimum value of X_1 , X_2 , Y_2 , Y_3 , and R_1 is selected 7.69 mm, 0.1 mm, 5 mm, 2 mm, and 2.1 mm, respectively, as shown in Table 1. However, the E-plane sidelobe level was above -10 dB after the optimum dimensions were achieved, particularly at frequencies near 24 GHz. In order to overcome this undesirable issue, a gap was first created on the resonator with radius R_2 . It was observed that the etching of a circular shaped gap on the circular resonator affects the other performance parameters of the antenna beside the sidelobe level suppression. As shown in Table.2, the etching gap on the resonator, the version-2, enhances the sidelobe level and increases the antenna gain, like version-3. Nevertheless, the E-plane sidelobe level is still above -10 dB at 24 GHz. Thus, the ideal antenna design is selected as version-4 with the appropriate sidelobe levels and highest gain among the other versions.

Simulated co-polarized far-field gain patterns are shown in Fig. 4 for E-plane and H-plane at 24, 26, and 28 GHz. As shown in Fig. 4(a), the radiation peak is observed along the z-axis with a tilt of $\theta \approx 5^\circ$. As the shape of the pattern and 3 dB bandwidth remain almost stable (Fig.4(b)), the E-plane pattern slightly changes within the 24-28 GHz band. However, we observe that 3 dB bandwidth narrows with the frequency in the E-plane. We attribute the narrowing in the bandwidth to the clear enhancement in the antenna gain (Fig.6). On the other hand, side lobe levels in both planes are approximately -10 dB below the main beam at 24, 26, and 28 GHz.

We also investigate the current behavior through the top and bottom antenna surface. Fig.5 shows the surface vector current distribution of the proposed antenna at 24 GHz to explain the antenna resonance mechanism. As shown in Fig. 5, whereas the gapped circular patch on the top layer hosts large surface electric current density, both top and bottom side gaps are the center of vortex currents.

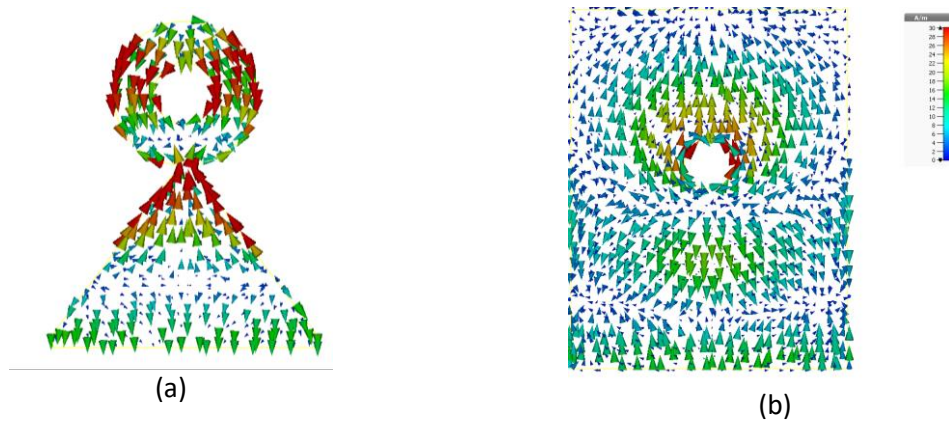


Figure 5. Surface current density distribution on the (a) top plane (b) bottom plane of the proposed antenna at 24 GHz

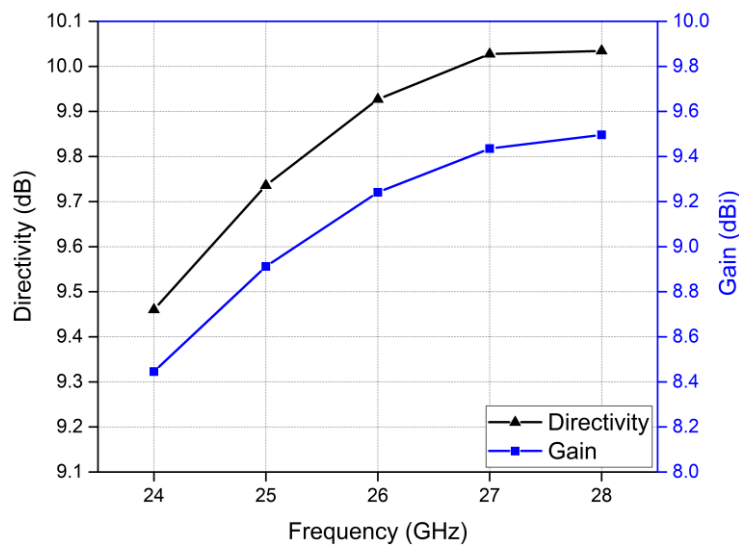


Figure 6. The directivity and gain of the proposed structure.

Fig. 6 shows the variations in the directivity of the antenna and gain depending on the frequency within the 24-28 GHz band. As shown, both figure-of-merits tend to increase with frequency. It is observed that the gain of the antenna is 8.44, 9.24, and 9.49 dBi at 24, 26, and 28 GHz, respectively.

4. Conclusion

In this paper, a new 24-28 GHz band 5G patch antenna design using circular gaps is introduced. The simulation results prove that the symmetrically located circular gaps on both top and bottom sides reduce the side lobe level under -10 dB, and enhance the gain. The proposed antenna shows 10 dB bandwidth of 21.6-28.8 GHz (1:1.33 BW), and the large gain with 8.44 dBi, 9.24 dBi, and 9.46 dBi at 24 GHz, 26 GHz, and 28 GHz, respectively. The proposed design can be a good candidate for 24-28 GHz band 5G mobile applications.

References

- IMT Vision'S Framework and Overall Objectives of the Future Development of IMT for 2020 and Beyond, document Rec. ITU-R M.2083-0, ITUR, Geneva, Switzerland, Sep. (2015)
- Technical Feasibility of IMT in Bands Above 6 GHz, document ITU-R M.2376-0, ITU-R, pp. 1-132, Jul. (2015).
- Xu, B., Ying, Z., Scialacqua, L., Scannavini, A., Foged, L. J., Bolin, T., Zhao, K., He, S., & Gustafsson, M. (2018). Radiation Performance Analysis of 28 GHz Antennas Integrated in 5G Mobile Terminal Housing. *IEEE Access*, 6(c), 48088–48101.
- Sohul, M. M., Yao, M., Yang, T., & Reed, J. H. Spectrum access system for the citizen broadband radio service. *IEEE Communications Magazine*, 53(7), 18–25 (2015)
- Hong, W. Solving the 5G Mobile Antenna Puzzle: Assessing Future Directions for the 5G Mobile Antenna Paradigm Shift. *IEEE Microwave Magazine*, 18(7), 86–102 (2017).
- Zhao, A., & Ren, Z. Size Reduction of Self-Isolated MIMO Antenna System for 5G Mobile Phone Applications. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 18(1), 152–156 (2019).
- Ojaroudiparchin, N., Shen, M., & Pedersen, G. F. Multi-layer 5G mobile phone antenna for multi-user MIMO communications. 2015 23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015, 559–562 (2016)
- E. H. Mujammami and A. B. Sebak, "Wideband High Gain Printed Quasi-Yagi Diffraction Gratings-Based Antenna for 5G Applications," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 18089-18100, (2019)
- E. Mujammami and A. Sebak, "Design of a 30-GHz high gain quasi-Yagi antenna", XXXIInd General Assembly and Scientific Symposium of the International Union of Radio Science (URSI GASS), Montreal, Quebec, Canada, pp. 813-815 (2017)
- J. Xu, W. Hong, H. Zhang and Y. Yu, "Design and measurement of array antennas for 77 GHz automotive radar application," 10th UKEurope-China Workshop on Millimetre Waves and Terahertz Technologies (UCMMT), Liverpool, UK, pp. 1-4 (2017)
- V. K. Kothapudi and V. Kumar, "A 6-Port Two-Dimensional 3 3 Series-Fed Planar Array Antenna for Dual-Polarized X-Band Airborne Synthetic Aperture Radar Applications," in *IEEE Access*, vol.6, pp.12001-12007, (2018)
- H. A. Diawuo and Y. Jung, "Broadband Proximity-Coupled Microstrip Planar Antenna Array for 5G Cellular Applications," *IEEE Antennas and Wireless Propagat. Letters*, vol. 17, no. 7, pp. 1286-1290, Jul. (2018)
- CST Microwave Studio, <http://www.cst.com>, CST GmbH, Darmstadt, Germany