



ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE 40
EYLÜL/SEPTEMBER 2022

EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi



E-ISSN 2148-2683

<https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat>

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Editor-in-Chief and Editor

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Editor

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Editor

Editorial Board Members

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Yildiz Technical University

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Namık Kemal University

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Subjects: Engineering
Institution: Istanbul Technical University

Assoc. Prof. Dr. Juliana JALALUDIN
Subjects: Air Pollution and Control, Environmental Sciences
and Engineering
Institution: Universiti Putra Malaysia, Faculty of Medicine
and Health Sciences, Department of Environmental and
Occupational Health

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Subjects: Environmental Sciences and
Engineering, Geological Sciences and Engineering, Civil
Engineering
Institution: Yildiz Technical University

Asst. Prof. Dr. Abdulatef AHHMED
Subjects: Meat Technology
Institution: Aljfarah University

Prof. Dr. Osman TAYLAN
Subjects: Energy Systems Engineering, Machine
Learning, Quality Management, Artificial
Intelligence, Multiple Criteria Decision Making, Fuzzy Logic
Institution: Department of Industrial Engineering, Faculty of
Engineering, King Abdulaziz University.

Prof. Dr. İskender AKKURT
Subjects: Physics, Computer Sciences and Engineering
Institution: Suleyman Demirel University

The European Journal of Science and Technology (EJOSAT) is a scientific and peer-reviewed journal published online four times in January, April, August, and November. The European Journal of Science and Technology is scanned in indexes such as Scilit, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services and Google Scholar.

INDEX  COPERNICUS
I N T E R N A T I O N A L



<https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat>

e-ISSN 2148-2683

Contact Analysis of Elastic Layer Supported by a Wedge

Mehmet BAKİOĞLU, Arcan YANIK, Ünal ALDEMİR

Sayfa: 1 - 6

4-Vynilbenzil Grubu Taşıyan Benzimidazol Fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC Komplekslerinin Dizaynı, Sentezi, Karakterizasyonu ve Doğrudan Arilasyon Reaksiyonundaki Katalitik Aktivitesi

Semra DAŞGIN, Yetkin GÖK, Aydın AKTAŞ

Sayfa: 7 - 14

Global Solar Radiation Estimation with Sum of Sine Model

Ayşe Gül KAPLAN

Sayfa: 15 - 18

Machine Learning and Ensemble Learning Based Method Using Online Employee Assessments to Identify and Analyze Job Satisfaction Factors

Ali ÖZDEMİR, Aytuğ ONAN, Vildan ÇINARLI ERGENE

Sayfa: 19 - 28

Investigation of Covid-19 Infection with Clinical Data Using Decision Trees

Fırat ORHANBULUCU, Fatma LATİFOĞLU

Sayfa: 29 - 33

Lityum Esaslı Piller İçin Veri Toplama Ve İşleme Sistem Tasarımı

Fatma YILDIRIM DALKIRAN, Yusuf KAYA

Sayfa: 34 - 40

Örnek Bir Sis Farında LED Soğutulmasında Özgün Tasarım ve Kanatçıklı Yapılı Doğal Taşınımın Zorlanmış Taşınım ile Nümerik Karşılaştırılması

Kemal Furkan SÖKMEN, Erol KOCABIYIK, Mehmet MERCAN, Ali ERGİN

Sayfa: 41 - 48

Condensation Zone Estimation and Determination and Comparison of Condensation by Numerical Analysis in Vehicle Lighting System

Kemal Furkan SÖKMEN, Erol KOCABIYIK, Yunus MEŞECİ, Onur Kadir RENÇBER

Sayfa: 49 - 54

Türkçe Tweetlerden Makine Öğrenmesi ile Meslek Tahmini

İslam MAYDA

Sayfa: 55 - 60

Gemilerde Rüzgar Türbini Uygulamasında Optimum Yer Seçimi İçin Bir Benzetim Çalışması: Tanker Gemisi Örneği

Buğra AKYOL, Kenan YİĞİT

Sayfa: 61 - 66

A Detection and Prediction Model Based on Deep Learning Assisted by Explainable Artificial Intelligence for Kidney Diseases

Ahmet Furkan BAYRAM, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ

Sayfa: 67 - 74

Automatic Skull Stripping and Brain Segmentation with U-Net in MRI Database

Alperen DERİN, Ahmet Furkan BAYRAM, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ

Sayfa: 75 - 81

Analysis of the Effects of Segmentation Networks and Loss Functions in Ischemic Stroke Lesion Segmentation

Ahmet Furkan BAYRAM, Alperen DERİN, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ

Sayfa: 82 - 87

Effect of Deposition Time on Hardness and Corrosion Properties of Electroless Nickel-Boron Coatings

Yaren SARP, İbrahim USTA, Sezer TAN, Hasan ALGÜL, Mehmet UYSAL, Ahmet ALP

Sayfa: 88 - 93

- Pancreas Segmentation Using U-Net Based Segmentation Networks in CT Modality: A Comparative Analysis*
Alperen DERİN, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ
Sayfa: 94 - 98
- Classification and Segmentation of Alzheimer Disease in MRI Modality using the Deep Convolutional Neural Networks*
Furkan KARAKAYA, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ
Sayfa: 99 - 105
- Classification of Monkeypox Skin Lesion using the Explainable Artificial Intelligence Assisted Convolutional Neural Networks*
Korhan Deniz AKIN, Çağlar GURKAN, Abdulkadir BUDAK, Hakan KARATAŞ
Sayfa: 106 - 110
- Çinko Borat Katkılı CTP Kompozit Malzemelerin Üretimi, Mekanik Ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi*
Sinan GÖKTAŞ, Erhan DURU, Serdar ASLAN
Sayfa: 111 - 116
- Covid-19 Salgın Döneminde Öğrenilen Tüketici Alışveriş Davranışlarının Kalıcılığının Araştırılması*
Müzeyyen ÖZHAVZALI
Sayfa: 117 - 122
- Genelleştirilmiş Dışbükey Gövde Kombinasyonu Yaklaşımı*
Selcan KOCABAS, Ali ÇALIŞKAN
Sayfa: 123 - 126
- Akımlı ve Akımsız Yöntemlerle Üretilen Ni-P-CNF Kaplamaların Sertlik ve Korozyon Açısından Kıyaslanması*
Melisa KÖSE, Buse YAVUZ, Zeynep ÖZCAN, Dilara USLU, Görkem BULUT, Sezer TAN, Hasan ALGÜL, Mehmet UYSAL
Sayfa: 127 - 131
- Recalculation of Lost Information in Neuron with Quadratic Spline Interpolation*
Vedat Burak YÜCEDAĞ, İlker DALKIRAN
Sayfa: 132 - 137
- NdFeB esaslı kalıcı manyetik alaşımların manyetik özelliklerine uygulanan ısı işlemindeki sürenin etkisi*
Muhammed Fatih KILIÇASLAN, Yasin YILMAZ, Bekir AKGÜL
Sayfa: 138 - 142
- Müzik Veri Setinin Analizi ve Sınıflandırma Algoritmaları Kullanılarak Şarkı Türü Tahminleme Çalışması*
Berke Bartuğ SEVİNDİK, Vahide BULUT
Sayfa: 143 - 150
- Derin Öğrenme Yöntemleri ile Bitki Yaprakları Üzerindeki Hastalıkların Sınıflandırılması*
Furkan Alp ESEN, Aytuğ ONAN
Sayfa: 151 - 155
- Gölcük/Isparta ve Yakın Çevresinde Yer Alan Kayaçların Doğal Radyoaktivite Özelliklerinin İncelenmesi*
Osman ÇOBAN, M. Nuri DOLMAZ, Ezgi ERBEK-KIRAN, Ömer ELİTOK
Sayfa: 156 - 160
- Beceri Temelli Matematik Sorularının Orantısız Akıl Yürütme Problem Türlerine Göre İncelenmesi*
Merve ÇELENLİ, Zehra TAŞPINAR-ŞENER, Mustafa Zeki AYDOĞDU
Sayfa: 161 - 169



Contact Analysis of Elastic Layer Supported by a Wedge

Mehmet Bakioglu¹, Arcan Yanik², Ünal Aldemir³

¹ Istanbul Technical University, Department of Civil Engineering, Maslak, 34469, Istanbul-Turkey, (ORCID: 0000-0002-0572-7810), bakioglu@itu.edu.tr

² Istanbul Technical University, Department of Civil Engineering, Maslak, 34469, Istanbul-Turkey, (ORCID: 0000-0002-2527-4812), yanikar@itu.edu.tr

³ Istanbul Technical University, Department of Civil Engineering, Maslak, 34469, Istanbul-Turkey, (ORCID: 0000-0003-3158-6369), aldemiru@itu.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1172175)

ATIF/REFERENCE: Bakioglu, M., Yanik, A. & Aldemir, Ü. (2022). Contact Analysis of Elastic Layer Supported by a Wedge. *European Journal of Science and Technology*, (40), 1-6.

Abstract

In this paper the contact analysis of elastic layer supported by a wedge is considered in plane. The problem is formulated with closed formed integral equations. The length of the contact region, the pressure between the wedge and the layers, and the pressure between the layer and the punch are unknowns. Both the material and layer are elastic in this problem. This problem can be defined as a layer supported over two wedges with perpendicular angle. The upper surface of the layer is assumed as circle with a large radius. The thickness of the layer is finite. Singular integral equations are used in the formulation of the problem. The benefits of this formulation are the following: the problem can easily be generalized for the case of forces acting through many rigid punches. The solution gives the contact stress directly and the solution of the singular integral equations is an appropriate way in terms of numerical solution technique. The application of this problem is the train wheel that is contacted to the connection part of the rails. It is shown that the divergent terms at the kernels cancel each other by considering the equilibrium conditions. As a numerical example, the contact problem between the wheel and rails is investigated.

Keywords: Contact problem, wedge, elastic layer, pressure, applied mechanics

Kama ile Destekli Elastik Tabakanın Temas Analizi

Öz

Bu çalışmada düzlemde kama ile destekli elastik tabakanın temas analizi yapılmıştır. Bu problem kapalı formda integral denklemleri ile formüle edilmiştir. Temas bölgesinin uzunluğu, kama ve tabakalar arasındaki basınç ile tabaka ve panç arasındaki basınç problemin bilinmeyenleridir. Bu problemde hem malzeme hem de tabaka elastik kabul edilmiştir. Bu problem dik açılı iki kama tarafından destekli bir tabaka olarak tanımlanabilir. Tabakanın kalınlığı üst yüzeyin çok büyük yarıçaplı bir çember olduğu varsayımı ile sonlu olarak kabul edilmiştir. Problemin çözümü için tekil integral denklemleri kullanılmıştır. Bu formülasyonun yararları şöyle açıklanabilir ; problem basit bir şekilde kuvvetlerin bir çok panç tarafından etki ettirildiği durum için genelleştirilebilir. Çözüm temas gerilmesini direkt olarak verir ve tekil integral denklemlerinin çözümü sayısal çözüm tekniği bakımından uygun bir yoldur. Bu problemin uygulaması rayların birleşim bölgeleri ile temas eden tren tekerleği örneğidir. Denge koşullarını göz önüne alarak çekirdeklerdeki ıraksak terimlerin birbirini sadeleştirdiği gösterilmiştir. Sayısal örnek olarak teker ve ray arasındaki temas problemi rayların birbiri arasında aralıklı hali için incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Temas Problemi, kama, elastik tabaka, basınç, uygulamalı mekanik

1. Introduction

In the late 19 th century [1-2] contact problem was first investigated. Boussinesq [1] investigated the contact of the punch to the elastic half plane and Hertz [2] investigated the contact of two elastic paraboloids. The results of Hertz problem obtained from experiments was presented in Dinnik [3]. In the following years Belyaev [4] found the points where the stress is maximum in elastic punch, and solved the problem of railways [5-6]. Various problems of half plane without friction forces can be found in Shtaerman [7]. The general solution methods of contact problem were investigated and various half plane problems with friction forces were solved in Muskhelishvili [8]. Frictional elastic contact with periodic loading was given by Barber et al. [9]. In addition frictional contact problem and anisotropic contact problem for layers were investigated by [10-12]. Sliding frictional contact at graded elastic medium was studied by Dag et al. [13]. Some of the thermal problems that are related with contact problem were analyzed by [14-15]. An anisotropic linear elastic layer and a rigid intender were investigated in terms of contact problem by Batra and Jiang [16]. The contact problem for layered medium supported by a wedge was presented in [17], and this reference is the companion study of this paper.

A general technique is developed for the solution of a layer in this study. The layer is supported by elastic wedges. The load is applied by means of a frictionless rigid or elastic punch Yanik and Bakioglu [17]. For the punch cases, punch profile is known at the beginning. However, the radius of profile is assumed to be very larger than the contact region. The displacements and stresses at the contact region between the layer and support which are perpendicular to the layer surface, are assumed to be equal to each other. In addition the friction forces are neglected. Moreover the dependence of the unknown boundaries of the contact region to external load is investigated. The kernels which are obtained from the solution of the general problem is investigated in a detailed way. And it is shown that the divergent part of the two kernels cancel each other. In addition, appropriate ways for separation of the divergent terms and integration of them are investigated. One of the rail road problems is solved as a numerical example.

2. Formulation of the Layer

If we take into account a layer that is supported by an elastic wedge as shown in Fig. 1 , the wedge constants are κ_2, μ_2 and the head angle is θ_0 . For the equilibrium condition of the system $0 < t_0$ condition must be satisfied. Contact stresses are taken into account only on the top and the bottom surfaces. In other words there is not any load outside the contact regions. Let us consider P which is applied to the top surface of the layer by means of an elastic punch. In this case elastic constants are κ_3, μ_3 and the contact region's boundaries are (a, \bar{a}) . Considering the elastic punch as an upper half plane, $v_3(x)$ displacement of the elastic punch profile can be expressed as

$$\frac{\partial v_3}{\partial x} = -\frac{1 + \kappa_3}{4\pi\mu_3} \int_a^{\bar{a}} \frac{p_1(t)}{t-x} dt \tag{1}$$

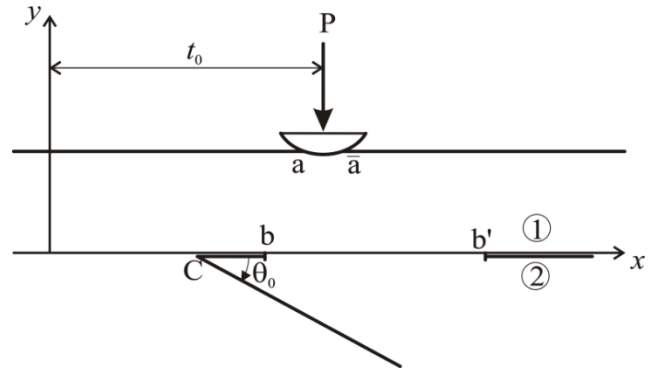


Fig. 1 A layer supported by an elastic wedge.

Where $p_1(t)$ is the unknown contact stress. If loads are applied directly to the top surface, neither there will be any contact on the top surface nor the problem will be a mixed boundary value problem. The elastic punch profile and the top surface of layer before the contact can be denoted as $f_3(x), f_1(x)$ respectively. The vertical displacements of the layer is $v(x, h)$. h is the height of the layer. This yields to

$$v(x, h) + f_1(x) = v_3(x) + f_3(x) \tag{2}$$

taking the derivative of Eq. (2) by considering $f_1(x)$ as constant and using Eq. (1) one can obtain

$$\frac{\partial v}{\partial x}(x, h) = -\frac{1 + \kappa_3}{4\pi\mu_3} \int_a^{\bar{a}} \frac{p_1(t)}{t-x} dt + \frac{df_3}{dx} \tag{3}$$

with necessary operations the following expression can be written

$$\frac{2}{1 + \beta_1} \int_a^{\bar{a}} \frac{p_1(t)}{t-x} dt + \int_a^{\bar{a}} K_{22}(x,t)p_1(t)dt + \int_{L_2} K_{21}(x,t)p_2(t)dt = \frac{4\pi\mu_1}{1 + \kappa_1} \frac{df_3}{dx} \quad (a < x < \bar{a}) \tag{4}$$

here β_1 can be expressed as

$$\beta_1 = [(1 + \kappa_1)\mu_3 - (1 + \kappa_3)\mu_1] / [(1 + \kappa_1)\mu_3 + (1 + \kappa_3)\mu_1] \tag{5}$$

β_1 in the equation given above is defined as bi-elastic constant. This is a single constant which represents two elastic materials. In the rigid punch case, $\mu_3 \rightarrow \infty$ and $\beta_1 \rightarrow 1$. Singular behavior of $p_1(x)$ can be obtained by investigating the first term of Eq. (4). The first term is the dominant part of the singular integral equation. $p_1(x)$ can be presented as given below [8,18].

$$p_1(t) = g_1(t)(\bar{a} - t)^\alpha (t - a)^\beta \quad (-1 < \text{Re}(\alpha, \beta) < 1) \tag{6}$$

$$\alpha = 1/2 + N \quad \beta = -1/2 + M \quad \kappa = -(N + M) = -(\alpha + \beta) \tag{7}$$

In the equation given above, $g_1(t)$ is a continuous function with closed interval $(a \leq t \leq \bar{a})$. The solution of the integral equation which appears in Eq. (4) contains an arbitrary constant C . M and N are integers and κ is the index of the problem. It must be either -1,0 or +1. Index of the problem can't be determined by only considering mathematical point of view, in addition physical nature of the problem must be taken into account. Three cases of loading are considered as contact cases (see Fig. 2). In the first case (Fig. 2a), the load is applied by means of rigid punch. Derivatives of the contact curves have discontinuities. At the end

points the stresses have singularities which are integrable. The index of the problem is $\kappa=1$. This yields to the following values like $N=-1$ and $M=0$. The unknown function can be defined by

$$p_1(t) = g_1(t)(\bar{a} - t)^{-1/2}(t - a)^{-1/2} \quad (8)$$

For the case given above an additional condition must be used to obtain the constant C . The constant C appears in the solution. The expression given below is used to determine C

$$\int_a^{\bar{a}} p_1(x)dx = P \quad (9)$$

In the second case, load is applied through a rigid or elastic punch (see Fig. 2b). There are no discontinuities in the derivatives of the contact curves. The stresses are bounded at the end points. The index of the problem is $\kappa=-1$. In addition $N=0$ and $M=1$. The unknown function is

$$p_1(t) = g_1(t)(\bar{a} - t)^{1/2}(t - a)^{1/2} \quad (10)$$

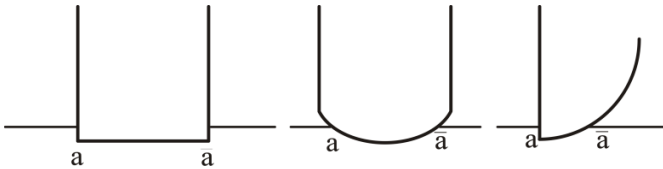


Fig. 2 Three cases of loading which are considered as contact cases

In this case the constant C is zero. This case can be identified as a receding contact problem. Therefore Eq. (9) is used to determine the contact boundaries. In the third case the load is applied with a rigid punch as shown in Fig. 2c. There are discontinuities at the derivatives of the contact curves at one end. And stresses are bounded at the other end. The index of the problem is $\kappa=0$. Therefore $N=0$ and $M=0$. The unknown function can be presented as

$$p_1(t) = g_1(t)(\bar{a} - t)^{1/2}(t - a)^{-1/2} \quad (11)$$

Again the constant C is defined as zero and this case is a receding contact problem as well. Thus Eq. (11) is used to determine the contact boundaries. Bottom surface of the layer contacts the elastic wedge. In this case the elastic constants are κ_2, μ_2 and the head angle is θ_0 as shown in Fig. 1. The surface curves of the layer and wedge are $\bar{f}_1(x)$ and $f_2(x)$ in a respective way. Moreover the vertical displacements are defined as $v(x, 0)$ and $v_2(x)$. The equilibrium equation of the displacements can be presented as

$$v(x, 0) + \bar{f}_1(x) = v_2(x) + f_2(x) \quad (12)$$

Following necessary operations which are not shown here for space constraints the field equation of the layer can be written as

$$\begin{aligned} \frac{2}{1+\beta} \int_a^{\bar{a}} \frac{p_1(t)}{t-x} dt + \int_a^{\bar{a}} K_{22}(x,t)p_1(t)dt + \int_b^{\bar{b}} K_{21}(x,t)p_2(t)dt &= \frac{4\pi\mu_1}{1+\kappa_1} \frac{df_3}{dx} \quad a < x < \bar{a} \\ \int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_b^{\bar{b}} K_{22}(x,t)p_2(t)dt + \int_a^{\bar{a}} K_{21}(x,t)p_1(t)dt + \frac{1+\gamma}{1-\gamma} \int_b^{\bar{b}} K(x-c,t-c)p_2(t)dt &= 0 \quad b < x < \bar{b} \\ \gamma &= \left[(1+\kappa_2)\mu_1 - (1+\kappa_1)\mu_2 \right] / \left[(1+\kappa_2)\mu_1 + (1+\kappa_1)\mu_2 \right]; \beta_1 = (1+\kappa_1)\mu_3 - (1+\kappa_3)\mu_1 / (1+\kappa_1)\mu_3 + (1+\kappa_3)\mu_1 \end{aligned} \quad (13)$$

If the wedge is rigid then $\mu_2 \rightarrow \infty$ and $\gamma \rightarrow -1$. Therefore the last term of the second expression in Eq. (13) vanishes. If $\theta_0 = \pi$, then the problem is a layer problem which lies on the half plane. The solution of an elastic layer lying on half plane under the effect of a load applied by frictionless rigid punch is defined as [19]. This problem is symmetric.

$$\begin{aligned} \int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_a^{\bar{a}} K_{22}(x,t)p_1(t)dt + \int_b^{\bar{b}} K_{21}(x,t)p_2(t)dt &= \frac{4\pi\mu_1}{1+\kappa_1} \frac{df_3}{dx} \\ \int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \frac{1-\gamma}{2} \int_b^{\bar{b}} K_{22}(x,t)p_2(t)dt + \frac{1-\gamma}{2} \int_a^{\bar{a}} K_{21}(x,t)p_1(t)dt &= 0 \end{aligned} \quad (14)$$

In Fig. 1, considering the symmetry with respect to y axis, one can write $\partial v_1 / \partial x$ as

$$\begin{aligned} -\frac{4\pi\mu_1}{1+\kappa_1} \frac{\partial v_1}{\partial x}(x,0) &= \int_{-\bar{b}}^{-b} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_{-\bar{b}}^{-b} K_{22}(x,t)p_2(t)dt + \int_b^{\bar{b}} K_{22}(x,t)p_2(t)dt \\ &+ \int_{-\bar{a}}^{-a} K_{21}(x,t)p_1(t)dt + \int_a^{\bar{a}} K_{21}(x,t)p_1(t)dt \end{aligned} \quad (15)$$

In Eq. (15), after switching negative limits of the integral to positive limits, following equation can be obtained

$$-\frac{4\pi\mu_1}{1+\kappa_1} \frac{\partial v_1}{\partial x}(x,0) = \int_{-\bar{b}}^{-b} \left[\frac{1}{t-x} - \frac{1}{t+x} \right] p_2(t)dt + \int_{-\bar{b}}^{-b} \bar{K}_{22}(x,t)p_2(t)dt + \int_{-\bar{b}}^{-b} \bar{K}_{21}(x,t)p_1(t)dt \quad (16)$$

where

$$\begin{aligned} \bar{K}_{22}(x,t) &= K_{22}(x,t) + K_{22}(x,-t) = -\int_0^{\infty} k_{22}(\alpha) [\sin \alpha(t+x) - \sin \alpha(t-x)] d\alpha \\ \bar{K}_{21}(x,t) &= K_{21}(x,t) + K_{21}(x,-t) = -\int_0^{\infty} k_{21}(\alpha) [\sin \alpha(t+x) - \sin \alpha(t-x)] d\alpha \end{aligned} \quad (17)$$

with necessary manipulations Eq. (16) yields to the following expression

$$\int_b^{\bar{b}} \left\{ \frac{1-\gamma}{1+\gamma} \left[\frac{1}{t+x} - \frac{1}{t-x} - K_{22}(x,t) \right] - K \right\} p_2(t)dt = \frac{1-\gamma}{1+\gamma} \int_a^{\bar{a}} \bar{K}_{21}(x,t)p_1(t)dt \quad (18)$$

If the external forces are applied directly to the top surface then the hand side of Eq. (18) can be obtained. The solution for this symmetric case can be found in [20]. Above equation is the same with Eq. (12) which was given in [20]. The contact in this paper

is an example of smooth contact. In addition $p_2(t)$ function has finite values at both ends. The index of the problem is (-1). Therefore $p_2(t)$ can be expressed as

$$p_2(t) = g_2(t)(b-t)^{-0.5}(t-\bar{b})^{0.5} \quad (19)$$

eventually the boundaries of the contact region can be determined by the following equation

$$\int_b^{\bar{b}} p_2(t)dt = -P \quad (20)$$

In the case when $b=c$ smooth contact does not occur at point b . For this case $p_2(t)$ function can be expressed as

$$p_2(t) = g_2(t)(\bar{b}-t)^{1/2}(t-b)^\beta \quad \beta = p-1 \quad (21)$$

Where $-\beta$ is the strength of singularity at point b . For the rigid wedge case $\bar{\alpha} = +1$, $p=1/2$ the strength of singularity at point b is $\beta=-1/2$. Consequently this is the expected result. Let us consider a single P force that is applied to the top surface of the layer at point t_0 without punch. In this case second expression in Eq. (13) can be rewritten as

$$\int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_b^{\bar{b}} K_{22}(x,t)p_2(t)dt + \frac{1+\gamma}{1-\gamma} \int_b^{\bar{b}} K(x-c,t-c)p_2(t)dt = \int_a^{\bar{a}} K_{21}(x,t)p\delta(x-t_0)dt \quad (22)$$

Some necessary operations in Eq. (22) yield to

$$\int_b^{\bar{b}} \frac{p_2(t)}{t-x} dt + \int_b^{\bar{b}} K_{22}(x,t)p_2(t)dt + \frac{1+\gamma}{1-\gamma} \int_b^{\bar{b}} K(x-c,t-c)p_2(t)dt = PK_{21}(x,t_0) \quad (23)$$

For the unknown b and \bar{b} values following equation can be used

$$\int_b^{\bar{b}} p_2(t)dt = -P \quad (24)$$

If we divide both sides of Eqs. (22-23) with P the unknown function becomes $p_2(t)/P$ instead of $p_2(t)$. So the boundaries of the contact region becomes independent from P however dependent to the point t_0 where P is applied. When the loads are applied directly to the upper surface, loads can be expressed as

$$p_1(t) = r\varphi_1(t) \quad (25)$$

Where r is a multiplier that characterizes the amplitude of the loads and $\varphi_1(t)$ is a function characterizing the distribution of the load. According to Eq.'s (24-25), if P is applied through a punch with flat bottom and parallel to layer surface, then the first equation in the right hand side of Eq. (13) will be zero. Therefore equation system can be defined as homogeneous equation system. The conditions for the solution of this equation system can be written as

$$\int_a^{\bar{a}} p_1(t)dt = -P \quad ; \quad \int_b^{\bar{b}} p_2(t)dt = -P \quad (26)$$

The homogeneous equation system is solved with nonhomogeneous conditions. The first expression of Eq. (26) is the necessary condition for the first equation of Eq. (13) to have a single solution. The second expression in Eq. (26) is the condition to determine the boundaries b, \bar{b} of the contact region. If we consider p_1/P and p_2/P as unknown functions, the boundaries of the contact region can be found independently from P force as seen from Eqs. (13 & 26).

3. Numerical Example

The numerical example consists of a railroad problem. This problem is numerically solved in this section. As stated in [17] the tip of the gap between two rails is the most crucial part of the rails (see Fig. 3). In comparison with the wheel the gap is smaller. In this case the head angles of the elastic wedges are 90 degrees and the wheel can be considered as upper half plane.

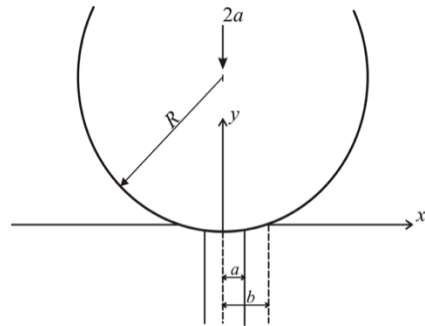


Fig. 3 Rail drawing [17]

The surface curves of wheel and rails before contact can be denoted as $f_1(x), f_2(x)$ respectively. The vertical displacements of these contacting curves are expressed as v_1 and v_2 . Considering this information following expression can be obtained.

$$\frac{\partial v_2}{\partial x}(x,0) + \frac{df_2}{dx} = \frac{\partial v_1}{\partial x}(x,0) + \frac{df_1}{dx} \quad ; \quad a < x < b \quad (27)$$

The most critical stress for the rail is at $x=a$ point. This stress is called cleavage stress which is very important for fracture mechanics. Stress intensity factor is written as

$$k(a) = \lim_{x \rightarrow a} (x-a)^{-\beta} p(x) \quad (28)$$

Making some necessary manipulations dimensionless form of $k(a)$ and g are presented as

$$\frac{k(a)(b-a)^\beta}{Q/R} = 2^{\beta+1/2} \frac{2R}{b-a} \frac{\bar{\phi}(-1)}{g} \quad (29)$$

$$g = \int_{-1}^1 \bar{\phi}(\tau)(1-\tau)^{1/2}(1+\tau)^\beta d\tau \quad (30)$$

Fig. 4 shows the change of the dimensionless stress intensity factor related to the dimensionless contact length. The curves are composed considering constant a/R . For a constant system geometry Fig. 4 shows that when the contact length increases with

respect to the increase of Q, stress intensity factor also increases. When R is constant the length of the contact region is constant as well, however the value of a increases. In this case the stress intensity factor also increases. $k(a)$ can be expressed by the help of Fig. 4 as

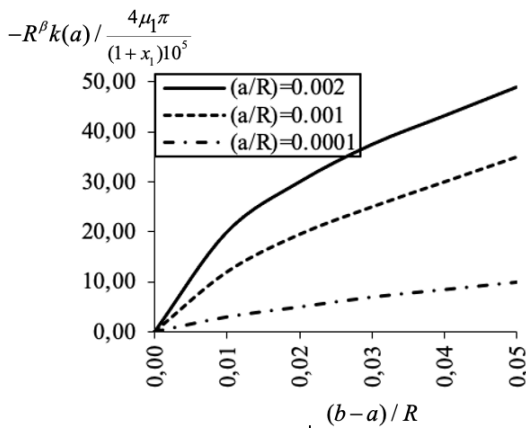


Fig. 4 Value of the dimensionless stress intensity factor related to dimensionless contact length for the constant a/R

$$k(a) = \frac{4\pi\mu_1}{(1+\kappa_1)10^5} \frac{1}{R^\beta} F_2\left(\frac{a}{R}, \frac{b-a}{R}\right) \quad (31)$$

4. Conclusions

It has been obtained for the case of directly acting forces that the contact region boundaries are independent from the amplitude of the load, however dependent to the distribution. This is also same for the force acting through a rigid punch. For the other cases the boundaries of the contact region are related to the distribution and amplitude of the load. The singularity is related to the bi-elastic constant. In addition the most critical singularity is found for the rigid wedge case and the value is -0.5. When the head angle of the wedge is π , the problem can be defined as contact problem of elastic layer lying in half plane. Although the kernels in the singular integral equation are divergent, the divergent terms in the integrals cancel each other. Accordingly, K_{21} and K_{22} kernels can be studied as Fredholm kernels. Another effective method for calculation of the kernels is the usage of contour integration. Using the residues in the integration of kernels is appropriate as well.

5. Acknowledge

To the loving memory of Prof Mehmet Bakioglu (1944-2015).

References

[1] Boussinesq, J., Application des Potentials a L'Etude de L'Equilibre et due Mouvement des Solides Elastiques. Gauthier-Villars, Paris, France 1885.
 [2] J Hertz, H., Ueber die beruehrung elastischer koerper (On Contact Between Elastic Bodies), in Gesammelte Werke (Collected Works), 1, Leipzig-Germany, 1895, 179-195.

where $F_2(a/R, (b-a)/R)$ is the dimensionless function which is shown in Fig. 4. Taking β as -0.226, the stress at the tip point of the rail can be calculated as

$$p(x) \cong \frac{k(a)}{r^{0.226}} ; p(x) \cong \frac{4\pi\mu_1}{(1+\kappa_1)10^5} \left(\frac{R}{r}\right)^{0.226} F_2\left(\frac{a}{R}, \frac{b-a}{R}\right) ; r = x - a \quad (32)$$

From From Eq. 32 when $r \rightarrow 0$, the stress goes to infinity. The singularity of this case is equal to the value -0.226. The singularity is equal to the value -0.5 for the most critical case. That case is the rigid wedge case.

[3] Dinnik, A.N., Hertz's formula and its experimental verification. Zhural russk. Fiz Russk. Fiz.-Khim. ob-va, fiz. otd. 38(1), 1906, 242-249.
 [4] Belyaev, N.M., Calculation of the maximum design stresses resulting from the pressure between bodies in contact, Sbornik Leningradskago Instituta Inzhenerov Putei Soobscheniya, 1929, n102.
 [5] Belyaev, N.M., Application of the theory of Hertz to the calculation of the local stresses at the point of contact of a wheel and a rail, Vestnik Inzhenerov i Tekhnikov, 1917, n2.
 [6] Belyaev, N.M., On the question of local stresses in connection with the resistance of rails to crushing, Sbornik Leningradskago Instituta Inzhenerov Putei Soobscheniya, 1929, n90.
 [7] Shtaerman, I.J., The Contact Problem of the Theory of Elasticity. GOSTEKHIZ-DAT, 1949, Moscow-Leningrad.
 [8] Muskhelishvili, N.I., Some Basic Problems of the Mathematical Theory of Elasticity. 1953, Noordhoff-Groningen, Holland.
 [9] Barber, J.R., Davies, M., Hills, D.A., Frictional elastic contact with periodic loading. International Journal of Solids and Structures, 2011, 48(13), 2041-2047.
 [10] Comez, I., Frictional contact problem for rigid cylindrical stamp and an elastic layer resting on a half plane. International Journal of Solids and Structures, 2010, 47(7-8), 1090-1097.
 [11] Comez, I., Birinci, A., Erdol, R., Double receding contact problem for a rigid stamp and two elastic layers. European Journal of Mechanics - A/Solids, 2004, 23, 301-309.
 [12] Kahya, V., Ozsahin, T.S., Birinci, A., Erdol R., Receding contact problem for an anizotropic elastic medium consisting of a layer and a half plane, International Journal of Solids and Structures, 2007, 44, 5695-5710.
 [13] Dag, S., Guler, M.A., Yildirim, B., Ozatag, A.C., Sliding frictional contact between a rigid punch and a laterally

- graded elastic medium. *International Journal of Solids and Structures*, 2009, 46(22-23), 4038-4053.
- [14] Jang, Y.H., Cho, H., Barber, J.R.. The thermoelastic Hertzian contact problem. *International Journal of Solids and Structures*, 2009, 46(22-23), 4073-4078.
- [15] Malanchuk, N., Martynyak, R., Monastyrskyy B., Thermally induced local slip of contacting solids in vicinity of surface groove. *International Journal of Solids and Structures*, 2011, 48(11-12), 1791-1797.
- [16] Batra, R.C. , Jiang, W., Analytical solution of the contact problem of a rigid indenter and an anisotropic linear elastic layer. *International Journal of Solids and Structures*, 2008, 45(22-23), 5814-5830.
- [17] Yanik, A., Bakioglu, M., Contact Problem for Layered Medium Supported by a Wedge. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (Vol. 603, No. 2, p. 022002). IOP Publishing, 4th World Multidisciplinary Civil Engineering-Architecture-Urban Planning Symposium (WMCAUS 2019), 17-21 June 2019, Prague-Czech Republic.
- [18] Erdogan, F, Gupta, G.D., Contact and Crack Problems for an Elastic Wedge. *International Journal of Engineering Science* , 1976, 14(2), 154-164.
- [19] Ratwani, M., Erdogan F., On the plane contact problem for a frictionless elastic layer, *International Journal of Solids and Structures*, 1973, 9(8), 921-936.
- [20] Erdogan, F. Ratwani,M. The contact problem for an elastic layer supported by two elastic quarter planes. *Journal of Applied Mechanics*, 1974, 41(3), 673-678.



4-Vinilbenzil Grubu Taşıyan Benzimidazol Fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC Komplekslerinin Dizaynı, Sentezi, Karakterizasyonu ve Doğrudan Arilasyon Reaksiyonundaki Katalitik Aktivitesi

Semra Daşgın¹, Yetkin Gök¹ ve Aydın Aktaş^{2*}

¹ İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1346-0375), dasgensemra@gmail.com

¹ İnönü Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3993-7733), yetkin.gok@inonu.edu.tr

^{2*} İnönü Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8496-6782), atdin.aktas@inonu.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1168351)

ATIF/REFERENCE: Daşgın, S., Gök, Y. & Aktaş, A. (2022). 4-Vinilbenzil Grubu Taşıyan Benzimidazol Fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC Komplekslerinin Dizaynı, Sentezi, Karakterizasyonu ve Doğrudan Arilasyon Reaksiyonundaki Katalitik Aktivitesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 7-14.

Öz

Bu çalışma, 4-vinilbenzil grubunu içeren bir dizi benzimidazol fonksiyonelli PEPPSI (PEPPSI, Pyridine Enhanced Precatalyst Preparation Stabilization, and Initiation) tipi Pd(II)NHC (NHC, N-heterocyclic Carbene) kompleksinin sentezini ve karakterizasyonunu içerir. Bu kompleksler 4-vinilbenzil grubu taşıyan benzimidazolium tuzları, paladyum klorür (PdCl₂), baz olarak potasyum karbonat (K₂CO₃) ve 3-kloropiridinden sentezlendi. Tüm komplekslerin yapıları ¹H NMR, ¹³C NMR ve FTIR spektroskopik teknikleri kullanılarak karakterize edildi. Karakterizasyon sonucu elde edilen veriler önerilen formüller ile tutarlıydı. Özellikle NMR spektrumlarında başlangıç materyali olarak kullanılan 4-vinilbenzil grubu taşıyan benzimidazolium tuzlarına ait karakteristik proton ve karbon piklerinin gözlenmemesi, bunu yerine benzimidazolium ligandının palladyum metaline koordinasyonu sonucu karbon NMR spektrumunda daha düşük alanda karbon piklerinin varlığı komplekslerin oluşumunu kanıtlamaktadır. Ayrıca, tüm 4-vinilbenzil grubu içeren benzimidazolium fonksiyonelli PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin doğrudan arilasyon tepkimelerindeki katalitik aktiviteleri incelenmiştir. Aril bromürlerin, furan ve tiofen türevi bileşikler ile tepkimelerinde katalizör olarak kullanılan tüm komplekslerin bu reaksiyonlarda orta ve yüksek derecede aktif katalizörler oldukları görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Katalizör, Doğrudan arilasyon, N-heterosiklik karbenler, Paladyum; PEPPSI.

Design, Synthesis, Characterization and Catalytic Activity in Direct Arylation Reaction of the Benzimidazole-Functionalized PEPPSI-type Pd(II)NHC Complexes bearing 4-Vinylbenzyl Group

Abstract

This study includes the synthesis and characterization of a series of benzimidazole functional PEPPSI (PEPPSI, Pyridine Enhanced Precatalyst Preparation Stabilization, and Initiation) type Pd(II)NHC (NHC, N-heterocyclic Carbene) complexes containing the 4-vinylbenzyl group. These complexes were synthesized from benzimidazolium salts bearing 4-vinylbenzyl group, palladium chloride (PdCl₂), potassium carbonate (K₂CO₃) and 3-chloropyridine as a base. The structures of all complexes were characterized using ¹H NMR, ¹³C NMR, and FTIR spectroscopic techniques. The data obtained from characterization were consistent with the proposed formulas. In particular, the absence of characteristic proton and carbon peaks of benzimidazolium salts with 4-vinylbenzyl group used as starting material in NMR spectra, instead of the coordination of benzimidazolium ligand to palladium metal, the presence of carbene peaks in the downfield of the carbon NMR spectrum proves the formation of complexes. In addition, the catalytic activities of all PEPPSI type Pd(II)NHC complexes with benzimidazolium functionalities containing 4-vinylbenzyl groups in direct arylation reactions were investigated. All complexes used as catalysts in the responses of aryl bromides with furan and thiophene derivative compounds were found to be moderately and highly active catalysts in these reactions.

Keywords: Catalyst, Direct arylation, N-heterocyclic carbenes, Palladium; PEPPSI.

1. Giriş

NHC'ler (*N*-heterosiklik karbenler), siklik yapıda en az bir azot atomu içeren heterosiklik bileşiklerdir. Bu ligandlar 1968'den önce gündem dışıydı. Daha sonra 1968'de Wanzlick ve Öfele tarafından bağımsız olarak keşfedildi.(Öfele, 1968; Wanzlick & Schönherr, 1968) Bu dönemlerde kararsız, izole edilmemiş, yüksek enerjili ve kararsız ara ürünler olarak biliniyorlardı. Bu süreç, Arduengo ve arkadaşlarının kararlı ve izole edilebilir Adamantyl (AID) bileşiğini(Arduengo III, Goerlich, Krafczyk & Marshall, 1998; Arduengo III, Harlow & Kline, 1991) keşfettiği 1991 yılına kadar sürdü. Arduengo ve arkadaşlarının bu çok önemli keşfi, NHC ligandları için bir dönüm noktası olmuştur. Bu adımdan sonra, NHC ligandları, organik ve organometalik bileşiklerin sentezinde çok önemliydi.(Crabtree, 2006) NHC ligandlarının güçlü sigma vericisi ve zayıf pi alıcısı özellikleri metal-karben bağının daha uzun süre dayanmasına yardımcı olurken, elektronik ve sterik ayarlanabilirlikleri çekiciliğini artırmıştır.(Danopoulos, Simler & Braunstein, 2019; Fortman & Nolan, 2011; Glorius, 2006; Herrmann, 2002; Hopkinson, Richter, Schedler & Glorius, 2014; Tu, Malineni, Bao & Doetz, 2009) Ayrıca bu ligand sınıfı, kolay hazırlanma yöntemlerinin yanı sıra hava bileşenlerine ve neme karşı kararlılıkları ile de dikkat çekmektedir.(Cazin, 2011)

Periyodik tablodaki hemen hemen tüm geçiş metalleri, NHC ligandları ile kararlı kompleksler oluşturabilir. Bu ligandların ikamelerinin kolay ayarlanması, NHC ligandlarının elektronik yapısını değiştirmeye büyük ölçüde katkı sunar. Böylece metal-NHC komplekslerinin istenilen özelliklerde sentezlenmesi kimyagerlerin işini kolaylaştırmaktadır. İstenilen özelliklere sahip NHC ligandı kullanılarak metal-NHC komplekslerinin hazırlanması, katalizör olarak kullanılan bu komplekslerin katalitik aktiviteleri üzerinde önemli etkilere sahiptir.(Arcı et al, 2011; Herrmann, Schütz, Frey & Herdtweck, 2006) Yeşil kimya açısından yeni nesil ve çevre dostu katalizörlerin çok önemli olduğu bilinmektedir. Metal-NHC kompleksleri, sentez teknikleri ve uygulama alanları açısından yeşil kimya kriterlerini de karşılamaktadır.

NHC ligandı ile birlikte bir piridin türevli ligandı içeren Pd bazlı kompleksler, PEPPSI tipinin Pd(II)NHC kompleksleri olarak bilinir.(Aktaş, Barut Celepci, Gök & Aygün, 2018; O'Brien et al, 2006) Katalitik döngüde bir ko-ligand olarak kullanılan piridin türevinin hızlı eliminasyonu ve ayrıca Pd-karben bağının büyük stabilitesi, bu komplekslerin yüksek katalitik aktivitesi ile ilişkilendirilir.(Organ, Chass, Fang, Hopkinson & Valente, 2008; Price et al, 2017; Shi, Lei & Szostak, 2017; Valente, Pompeo, Sayah & Organ, 2014) PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin C-C bağ oluşum süreçlerinde katalizör olarak etkinliği ilk olarak Organ ve ark.(Organ, Chass, Fang, Hopkinson & Valente, 2008), bu komplekslerin farklı katalitik aktiviteleri üzerine araştırmaların artmasına neden oldu.(Boztepe, Künkül & Gürbüz, 2020; Gokanapalli, Motakatla & Peddiahgari, 2020; Jiao et al, 2020; Reddy, Anusha & Reddy, (2020)Şimunek, Rybáčková, Svoboda & Kvíčala, 2020; Yingying et al, 2020) Son çalışmalar, Pd(II)NHC komplekslerinin Sonogashira,(Erdemir, Barut Celepci, Aktaş & Gök, 2019). Suzuki-Miyaura,(Aktaş, Barut Celepci, Gök & Aygün, 2018) Mizoroki-Heck (Borah, Saha, Sarma & Das, 2020; İmik, Yaşar & Özdemir, 2019) ve doğrudan arilasyon reaksiyonları gibi C-C birleştirme reaksiyonları için etkili katalizörler olarak çalışabileceğini göstermektedir.

Önemli Pd katalizli reaksiyonlar arasında doğrudan arilasyon, Stille, Sonogashira, Negishi, Mizoroki-Heck, Suzuki-Miyaura ve diğer C-C çapraz bağlama işlemleri yer alır. Özellikle farmasötik ve endüstriyel kimyasalların üretimi için aromatik veya heteroatomik moleküllerin sentezi çok önemlidir.(Abbot et al, 2017; Bhardwaj, Divya, Gari, Teja, Yamini & Padmavathi, 2019; Gumber, Abbot, Dhimana & Sharma, 2015; Eicher, Hauptmann & Speicher, 2013; Filimonov, Liu & Tkatchenko, 2017; Kanchan & Rok Lee, 2019; Lvov, Khusniyarov & Shirinian, 2018; Wei et al, 2020) Doğrudan C(sp²)-H arilasyonu, aromatik moleküllerden biarillerin üretilmesi için başarılı bir tekniktir. Ohta ve ark. 19. yüzyılın sonundan önce aril bromürler kullanılarak CH bağlarının bölünmesiyle heteroarenlerin Pd-katalizli arilasyonunu sundu.(Akita et al, 1985) Daha sonra, katalizör olarak Pd'ye dayalı organometalik kompleksler kullanılan arillemiş heteroarenlerin üretimi, heteroaren bileşiklerinin "doğrudan arilasyonu" yoluyla gerçekleştirilmiştir.(Ackermann, 2011; Hagui, Doucet & Soulé, 2019).

Furan, tiyofen ve tiyazol türevleri gibi biyolojik olarak aktif heteroaren bileşikleri, farmasötik kimya alanında büyük ilgi görmektedir. Aslında, birçok ilacın bileşiminde bu maddeler bulunur. Önemli ilaçlar arasında Atorvastatin, Canagliflozin, Sapisartan, Raloxifene ve Lapatinib dâhil olmak üzere 5 üyeli bir heteroaren halkasına sahip olanlar vardır.(Beaujuge, Amb & Reynolds, 2010; Beaupe & Leclerc, 2013; Mao, Shi, Soulé & Doucet, 2020; Sonar, Singh, Li, Soh & Dodabalapur, 2010; Usta, Facchetti & Marks, 2011) Bu nedenle, kolayca bulunabilen ve ucuz olan reaktifleri kullanan bu bileşiklere hızlı, basit ve uygun maliyetli erişime sahip olmak çok önemlidir.

Son çalışmalar, PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin doğrudan arilasyon işlemlerini katalize edebildiğini göstermiştir [Gokanapalli, Motakatla & Peddiahgari, 2020; Jiao et al, 2020; Kim et al, 2021; Song, Zeng, Ma, Xu & Liu, 2020; Türker, Bereket, Barut Celepci, Aktaş & Gök, 2020) Bu çalışmada, 4-vinilbenzil grubu taşıyan bir dizi PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksi sentezledik. Sentezlenen tüm bileşikler, NMR, FTIR ve elemental analiz teknikleri kullanılarak karakterize edildi. Bununla birlikte, tüm kompleksler, doğrudan arilasyon reaksiyonlarında orta ve iyi katalitik aktivite sergiledi.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yöntem

4-vinilbenzil grubu taşıyan PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerini **1a-e** içeren tüm sentezler, standart Schlenk teknikleri kullanılarak alevle kurutulmuş cam kaplarda inert bir atmosfer altında gerçekleştirildi. Diğer tüm reaktifler, Sigma-Aldrich ve Acros Organics Chemical şirketlerinden ticari olarak temin edildi ve daha fazla saflaştırılmadan kullanıldı. Yeni PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin **1a-e** sentezinde kullanılan başlangıç benzimidazolyum tuzları(Sarı, Aktaş, Taslimi, Gök & Gülçin, 2018) İnönü Üniversitesi Organometalik Araştırma Laboratuvarı'nda sentezlendi. Bir Electrothermal-9200 erime noktası aparatı ile hava altında cam kılcalarda erime noktaları belirlendi. Öte yandan, FT-IR spektrum tahlili, Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR spektrometresinde 400-4000 cm⁻¹ aralığında kaydedildi. Karbon (¹³C) ve Proton (¹H) NMR spektrumları, dahili referans olarak tetrametilsilan ile CDCl₃ içinde 100 MHz (¹³C), 400 MHz (¹H)'de çalışan bir Bruker Avance III 400 MHz NMR spektrometresi kullanılarak kaydedildi. Tüm reaksiyonlar, 30 m uzunluğunda, 0.32 mm çapında ve 0.25 µm film kalınlığında bir HP-5 kolonu ile GC-FID

tarafından bir Agilent 6890 N GC sisteminde gözlemlendi. Kolon kromatografisi, silika jel 60 (70-230 por gözü) kullanılarak yapıldı.

2.2. Sentez

Dikloro[1-Etil-3-(4-vinilbenzil)benzimidazol-2-iliden]-3-kloropiridinpaladyum(II), 1a sentezi

PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksi **1a**'nın sentezi için; 3-kloropiridin (4 mL) içinde 1-Etil-3-(4-vinilbenzil)benzimidazolyum klorür (206 mg, 0.6 mmol), PdCl₂ (106 mg, 0.6 mmol) ve K₂CO₃ (414 mg, 3 mmol) 80 °C'de 16 saat karıştırıldı. Daha sonra 3-kloropiridin vakum altında buharlaştırıldı. Kalan tortuya diklorometan ilave edildi. Daha sonra tortu, diklorometan çözücü kullanılarak 1 cm kalınlığında bir silika jel kolonundan geçirildi. Diklorometan vakum altında buharlaştırıldıktan sonra ürün sarı bir katı olarak elde edildi. Ham ürün, n-pentan ile yıkandı ve oda sıcaklığında diklorometan/n-pentandan (1:2) karışımında yeniden kristalleştirildi. (Türker et al, 2020) Verim: %59 (227 mg); erime noktası: 194-195 °C; $\nu_{(CN)}$: 1466 cm⁻¹.

¹H NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 1.69 (t, 3H, J: 7.2 Hz, CH₂CH₃); 4.95 (q, 2H, J: 7.2 Hz, CH₂CH₃); 5.15 ve 5.66 (dd, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂, J: 10.8 ve 17.4 Hz); 6,61 (dd, 1H, C₆H₄CH=CH₂, J: 6.6 Hz); 6.10 (s, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 7.13-9.02 (m, 12H, Ar-H).

¹³C NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 14.9 (CH₂CH₃); 43.8 (CH₂CH₃); 52.9 (CH₂C₆H₄CH=CH₂); 110.3, 111.3, 111.5, 114.2, 122.9, 123.3, 123.4, 124.9, 126.5, 126.7, 126.8, 127.8, 128.2, 132.7, 134.2, 136.3, 137.5, 149.2 ve 150.3 (Ar-C ve CH=CH₂); 162.1 (C_{karben}-Pd).

Dikloro[1-Bütil-3-(4-vinilbenzil)benzimidazol-2-iliden]-3-kloropiridinpaladyum(II), 1b sentezi

Kompleks **1b**, kompleks **1a** için kullanılan yöntemin aynı kullanılarak sentezlendi. Sadece, başlangıç benzimidazolyum tuzu olarak 1-Bütil-3-(4-vinilbenzil)benzimidazolyum klorür (222 mg, 0.6 mmol) kullanıldı. Verim: %63 (253 mg); erime noktası: 185-186 °C; $\nu_{(CN)}$: 1470 cm⁻¹.

¹H NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 1.02 (t, 3H, J: 7.5 Hz, CH₂CH₂CH₂CH₃); 1.55 (m, 2H, CH₂CH₂CH₂CH₃); 2.17 (m, 2H, CH₂CH₂CH₂CH₃); 4.83 (t, 2H, J: 7.5 Hz, CH₂CH₂CH₂CH₃); 5.15 ve 5.67 (dd, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂, J: 8.1 ve 13.5 Hz); 6,62 (dd, 1H, C₆H₄CH=CH₂, J: 105 Hz); 6.13 (s, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 7.07-9.00 (m, 12H, Ar-H).

¹³C NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 13.9, 20.4, 31.6 ve 48.4 (CH₂CH₂CH₂CH₃); 52.9 (CH₂C₆H₄CH=CH₂); 110.5, 111.3, 111.5, 114.3, 123.2, 123.3, 123.4, 124.9, 126.5, 126.7, 126.8, 127.8, 128.2, 132.7, 136.3, 137.5, 149.2 ve 150.3 (Ar-C ve CH=CH₂); 162.0 (C_{karben}-Pd).

Diklorobis[1,3-(4-Vinilbenzil)benzimidazol-2-iliden]-3-kloropiridinpaladyum(II), 1c sentezi

Kompleks **1c**, kompleks **1a** için kullanılan yöntemin aynı kullanılarak sentezlendi. Sadece, başlangıç benzimidazolyum tuzu olarak bis-1,3-(4-Vinilbenzil)benzimidazolyum klorür (259 mg, 0.6 mmol) kullanıldı. Verim: %67 (293 mg); m.p.: 158-160 °C; $\nu_{(CN)}$: 1468 cm⁻¹.

¹H NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 5.27 ve 5.77 (dd, 4H, J: 7.2 ve 17.7 Hz, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 6.73 (dd, 2H, J: 10.8 Hz, C₆H₄CH=CH₂); 6.27 (s, 4H, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 7.00-9.07 (m, 16H, Ar-H).

¹³C NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 52.9 (CH₂C₆H₄CH=CH₂); 115.5; 114.3; 123.4; 124.9; 126.2; 126.7; 132.7; 135.4; 134.4; 136.3; 137.5; 138.2; 149.2 ve 150.2 (Ar-C ve CH=CH₂); 163.4 (C_{karben}-Pd).

Dikloro[1-(2,4,6-trimetilbenzil)-3-(4-vinilbenzil)benzimidazol-2-iliden]-3-kloropiridinpaladyum(II), 1d sentezi

Kompleks **1d**, kompleks **1a** için kullanılan yöntemin aynı kullanılarak sentezlendi. Sadece, başlangıç benzimidazolyum tuzu olarak 1-(2,4,6-trimetilbenzil)-3-(4-vinilbenzil)benzimidazolyum klorür (268 mg, 0.6 mmol) kullanıldı. Verim: %62 (277 mg); m.p.: 160-161 °C; $\nu_{(CN)}$: 1465 cm⁻¹.

¹H NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 5.26 ve 5.74 (dd, 2H, J: 7.2 ve 17.4 Hz, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 6.26 (dd, 1H, J: 10.5 Hz, C₆H₄CH=CH₂); 6.26 (s, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 2.32 ve 2.37 (s, 9H, CH₂C₆H(CH₃)₃); 6.23 (s, 2H, CH₂C₆H(CH₃)₄); 7.02-9.02 (m, 14H, Ar-H).

¹³C NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 20.8 ve 21.1 (CH₂C₆H(CH₃)₄); 50.1 (CH₂C₆H(CH₃)₃); 53.1 (CH₂C₆H₄CH=CH₂); 113.3; 114.4; 123.0; 123.3; 124.9; 126.7; 128.1; 129.7; 132.6; 134.2; 134.5; 136.3; 137.4; 138.2; 149.2 ve 150.3 (Ar-C ve CH=CH₂); 163.1 (C_{karben}-Pd).

Dikloro[1-(2,3,5,6-tetrametilbenzil)-3-(4-vinilbenzil)benzimidazol-2-iliden]-3-kloropiridinpaladyum(II) 1e sentezi

Kompleks **1e**, kompleks **1a** için kullanılan yöntemin aynı kullanılarak sentezlendi. Sadece, başlangıç benzimidazolyum tuzu olarak 1-(2,3,5,6-tetrametilbenzil)-3-(4-vinilbenzil)benzimidazolyum klorür (277 mg, 0.6 mmol) kullanıldı. Verim: %58 (264 mg); m.p.: 203-204 °C; $\nu_{(CN)}$: 1469 cm⁻¹.

¹H NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 5.27 ve 5.84 (dd, 2H, J: 8.7 ve 17.4 Hz, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 6,56 (dd, 1H, J: 10.8 Hz, C₆H₄CH=CH₂); 6.28 (s, 2H, CH₂C₆H₄CH=CH₂); 2.30 (s, 9H, CH₂C₆H(CH₃)₄); 5.57 (s, 2H, CH₂C₆H(CH₃)₄); 6.93-8.10 (m, 10H, Ar-H).

¹³C NMR (300 MHz, DMSO), δ ; 16.6 ve 20.6 (CH₂C₆H(CH₃)₄); 50.5 (CH₂C₆H(CH₃)₄); 53.2 (CH₂C₆H₄CH=CH₂); 1113.3; 114.2; 122.9; 123.3; 124.8; 126.7; 128.1; 130.5; 132.5; 134.2; 134.5; 135.1; 136.3; 137.4; 138.1; 149.2 ve 150.3 (Ar-C ve CH=CH₂); 163.1 (C_{karben}-Pd).

2.3. B. Furan ve Tiyofen Türevlerinin Aril Halojenürlerle Doğrudan Arilasyonu Tepkimeleri için Genel Metot

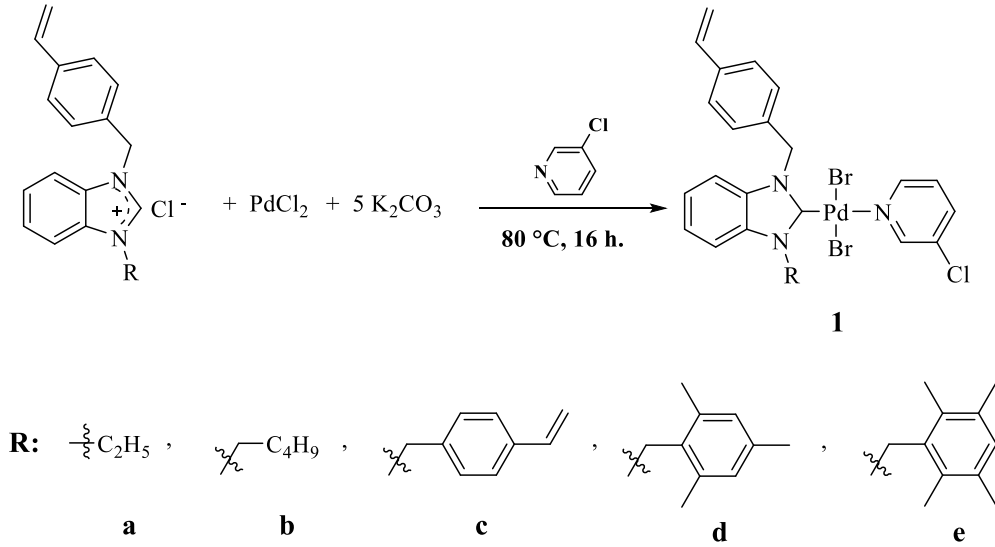
2-n-bütiltiyofen / 2-n-bütilfuran (1.5 mmol), aril bromürler (4-bromoasetofenon ve 4-bromoanisol) (1 mmol), baz (potasyum asetat) (1 mmol) ve katalizör (PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri) (0.03 mmol), literatürde anlatıldığı gibi argon gazı altında küçük bir Schlenk tüpü içinde solvent (N,N-dimetilasetamid) (2 mL) içinde çözülmüştür. 130°C'de 2 saat karıştırıldıktan sonra karışım, celite'den süzüldü. (Erdoğan, Aktaş, Gök & Sarı, 2018; Gök, Aktaş, Erdoğan & Sarı, 2018) Fazla çözücüler bir vakumda buharlaştırıldı ve tortu, vakumla kurutuldu. Kimyasalların saflığını belirlemek için gaz kromatografisi (GC) kullanıldı. Sonuçlar, aril bromürlerin ürünlere dönüştürülmesi hesaba katılarak hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Sentez

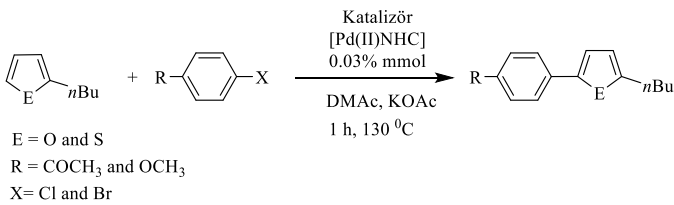
Vinilbenzil grubunu taşıyan PEPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri; başlangıç malzemesi benzimidazolyum tuzları, paladyum klorür, potasyum karbonat, potasyum bromür ve 3-kloropiridin (4 mL) tepkimesinden elde edildi. Şema 1, yeni PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin sentezini göstermektedir. Bu kompleksleri %58 ile %67 arasında verimlerde, sarı katı olarak elde edildi. Havaya ve neme karşı kararlı olan bu kompleksler, diklorometan ve kloroform gibi halojenli çözücülerde kolayca çözünür. Ek olarak, bu bileşikler, etil alkol, dimetilformamid ve dimetilsülfoksit içinde çözünür olmalarına rağmen, su, pentan ve toluen dahil olmak üzere bazı çözücüler içinde pratik olarak çözünmezler. Tüm komplekslerin yapıları, ¹H NMR, ¹³C NMR ve FT-IR gibi spektroskopik yöntemler kullanılarak doğrulandı. Her kompleksin spektrumlarından toplanan veriler, önerilen formülle tutarlıdır. Böylece, spektroskopik yöntemler, beklenen yeni PEPPSI tipi komplekslerin oluşumunu başarıyla doğruladı. Özellikle NMR spektrumlarında başlangıç materyali olarak kullanılan 4-vinilbenzil grubu taşıyan benzimidazolyum tuzlarına ait karakteristik proton (11 ppm civarında) ve karbon piklerinin (144

ppm civarında) gözlenmemesi, (Sarı, Aktaş, Taslimi, Gök & Gülçin, 2018) bunu yerine benzimidazolyum ligandının palladyum metaline koordinasyonu sonucu karbon NMR spektrumunda daha düşük alanda karbon piklerinin varlığı komplekslerin oluşumunu kanıtlamaktadır. 4-vinilbenzil grubunu taşıyan PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin ¹³C NMR spektrumlarında, 161.3 ile 161.1 ppm arasında karakteristik Pd-Carbon rezonansları gözlemlendi. 4-vinilbenzil taşıyan bu komplekslerin Ar-CH=CH₂ rezonansları için ¹³C NMR spektrumları 154.5 ve 156.5 ppm arasında gözlemlendi. PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri için, FT-IR verileri 1448 ile 1438 cm⁻¹ arasında (CN)⁻'nin varlığını göstermiştir. Ayrıca tüm komplekslerin elementel analiz bulgularının tahmin edilen değerlere oldukça yakın olduğu tespit edilmiştir. Tüm spektroskopik sonuçlar, diğer PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri için elde edilenlerle uyumludur. (Aktaş, Barut Celepci, Gök & M. Aygün, 2018; Daşgın et al, 2021; Erdemir, Barut Celepci, Aktaş & Gök, 2019; Roger, Pozgan & Doucet, 2009; Slimani, Mansour, Özdemir, Gürbüz & Hamdi, 2021; Türker et al, 2020)



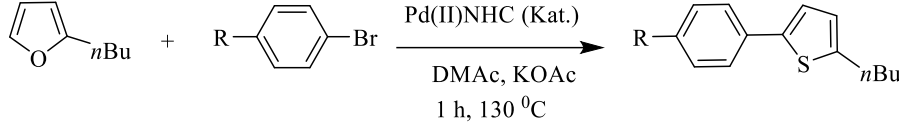
Şema 1. 4-vinilbenzil grubu 1a-e taşıyan PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin sentezi.

3.2. Katalitik Aktivite



Şema 2. Doğrudan Arilasyon için Genel Metot

Katalizör olarak PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin kullanıldığı doğrudan arilasyon reaksiyonu üzerine yapılan son araştırmalar, bu komplekslerin etkili katalizörler olduğunu göstermiştir. Türker ve arkadaşları, benzimidazolium ile fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin yeni serisini sentezledi. (Türker et al, 2020) Bu komplekslerin doğrudan arilasyon reaksiyonunu katalize etme yeteneklerini incelediler ve son derece güçlü katalizörler olduklarını buldular. (Türker et al, 2020). Ayrıca Slimani ve arkadaşları, katalizör görevi gören benzimidazolium ile fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerini araştırmışlardır. Bu komplekslerin doğrudan arilasyon reaksiyonlarında aktif katalizörler olduğunu bildirdiler. (Jiao et al, 2020)

Tablo 1. NHC-Pd(II)-3-klorpiridin kompleksleri tarafından katalize edilen 2-n-butilfuran ve aril bromürlerin doğrudan arilasyon reaksiyonları.

Deney	R	Ürün	Kat.	Dönüşüm (%)
1			1a	95
2	-COCH ₃		1b	97
3			1c	92
4			1d	88
5			1e	93
6			1a	84
7	-OCH ₃		1b	88
8			1c	86
9			1d	85
10			1e	81

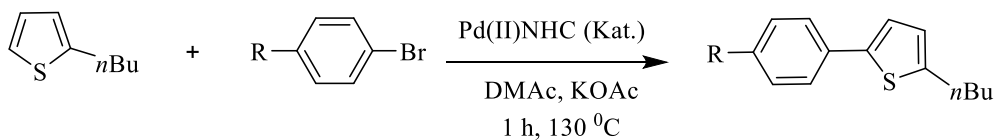
Reaksiyon koşulları: 2-n-butilfuran (0.25 mmol), 4-bromoasetofenon veya 4-bromoanisol (0.2 mmol), PEPPSI tipi Pd(II)NHC (%0.03 mmol), KOAc (0,4 mmol) ve DMAc (2 ml) inert bir atmosferde Schlenk tüpüne ilave edildi. 130°C'de 1 saat karıştırıldı.

Son araştırmamızda, optimum koşulları belirlemek için bu kompleksler için çözücü olarak N,N-dimetilasetamid (DMAc) ve baz olarak potasyum asetat (KOAc) kullanılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada aynı çözücü ve bazı kullanmayı seçtik. (Türker et al, 2020) Pd(II)NHC kompleksleri tarafından katalize edilen doğrudan arilasyon reaksiyonunda DMAc'nin iyi bir çözücü olduğu ve KOAc'nin etkili bir baz olduğu iyi bilinmektedir. (Roger, Pozgan & Doucet, 2009) Burada incelenen PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri, daha önce yayımlanmış olduğumuz PEPPSI tipi komplekslerle ortak özellikleri paylaşır. (Türker et al, 2020) Bu nedenle, burada doğrudan arilasyon reaksiyonu için önceden belirlenmiş optimum koşullarımızı temel aldık. Sentezlenen yeni komplekslerdeki NHC ligandına 4-vinil benzil ikamesini ekledik. Bu farkın katalitik döngüdeki komplekslerin verimliliğini etkileyebileceğini düşündük.

Bu reaksiyonlarda kullanılan substratların elektronik ve sterik etkilerinin katalitik aktivite üzerinde etkili olduğu bilinmektedir. Aril bromürlerdeki süstitüentler incelendiğinde, asetil grubu (COCH₃) gibi elektron çeken gruplar içeren 4-bromoasetofenon'un yüksek dönüşüm gerçekleştirdikleri, ancak metoksi (OCH₃) gibi elektron veren gruplar taşıyan 4-bromoanisol grubunun daha düşük verimlerde dönüşüm gerçekleştirdiği görülmüştür. Bunun sebebinin aromatik halkadaki bromür atomunun karbon-brom (C-Br) bağının polarizasyonu ile ilgili olduğunu düşünebiliriz.

Aril bromürlerin (4-bromoasetofenon ve 4-bromoanisol), 2-n-butilfuran ile doğrudan arilasyonunda, katalizör olarak 4-vinilbenzil grubu taşıyan PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri 1a-e kullanılmıştır. Deneysel sonuçlar, tüm katalizörlerin aktif olduğunu kanıtlamaktadır. Substratlardan 4-bromoasetofenon içeren asetil grubu (elektron çeken) ve 4-bromoanisol taşıyan metoksi grubu (elektron veren) kullanıldığında, katalitik aktivitelerde önemli bir fark gözlenmedi. Bununla birlikte substrat olarak 4-bromoasetofenon kullanıldığında kısmen daha yüksek dönüşümler gözlemlendi. Doğrudan arilasyon reaksiyonlarında, 1a ve 1b kompleksleri yüksek aktivite sergilerken, 1d kompleksi daha düşük aktivite sergiledi (Tablo 1).

Son olarak, katalitik aktivitede, aril bromürlerin (4-bromoasetofenon ve 4-bromoanisol), 2-n-butilfuran ve 2-n-butiltiyofen ile reaksiyonunda tiofen ve furan türevleri kıyaslandığında 2-n-butilfuran bileşiğinin kullanıldığı tepkimelerde dönüşümler kısmen daha yüksek elde edilmiştir. Bunun sebebi furan halkasındaki oksijen atomunun tiofen halkasındaki kükürt atomuna göre halkanın 5 konumundaki protonu daha kolay polarladığı (kısmın daha pozitif bir proton) şeklinde düşünülebilir. Bu durum 5 konumundaki karbon atomuna arilbromürlerin bağlanmasını kolaylaştırmakla birlikte Br anyonunun ayrılmasını da kolaylaştırmaktadır (Tablo 1 ve 2). Literatürde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. (Türker et al, 2020)

Tablo 2. NHC-Pd(II)-3-klorpiridin kompleksleri tarafından katalize edilen 2-n-bütiltiyofen ve aril bromürlerin doğrudan arilasyon reaksiyonları.

Deney	R	Ürün	Kat.	Dönüşüm (%)
1			1a	81
2	-COCH ₃		1b	85
3			1c	87
4			1d	80
5			1e	78
6			1a	80
7	-OCH ₃		1b	82
8			1c	84
9			1d	76
10			1e	73

Reaksiyon koşulları: 2-n-bütiltiyofen (0.25 mmol), 4-bromoasetofenon veya 4-bromoanisol (0.2 mmol), NHC-Pd(II)-3-klorpiridin (%0.03 mmol), KOAc (0,4 mmol) ve DMAc (2 ml) inert bir atmosferde Schlenk tüpüne ilave edildi. 130°C'de 1 saat karıştırıldı.

4. Sonuç

Sonuç olarak, bu çalışmada 5 tane yeni 4-vinilbenzil grubu taşıyan benzimidazolyum-fonksiyonelleştirilmiş PEPPSI tipi Pd(II)NHC komplekslerinin sentezini bildirdik. Bu kompleksleri, 3-kloropiridin içinde 4-vinilbenzil ile süstitüe edilmiş benzimidazolyum tuzları ve paladyum klorür karıştırılarak hazırlandı. Tüm PEPPSI tipi Pd(II)NHC kompleksleri, ¹H NMR, ¹³C NMR ve FTIR spektroskopik teknikleri kullanılarak karakterize edilmiştir. Sentezlenen tüm komplekslerin, katalitik aktiviteleri için arilbromürlerin, furan ve tiofen türevi bileşiklerle tepkimeleri incelendi. Belirlenen optimum koşullarda, tüm bileşikler iyi ve orta derecede dönüşümler sergileyerek etkili katalizörler olduğunu kanıtladılar.

5. Teşekkür

Bu çalışma İnönü Üniversitesi (Türkiye) Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından finansal olarak desteklenmiştir (İUBAP: 2015/10). Yazarlar, bileşiklerin karakterizasyonu için İnönü Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'ne teşekkür eder.

Kaynakça

- Abbot, V., Sharma, P., Dhiman, S., Noolvi, M. N., Patel, H. M., & Bhardwaj, V. (2017). Small hybrid heteroaromatics: Resourceful biological tools in cancer research. *RSC advances*, 7(45), 28313-28349.
- Ackermann, L. (2011). Carboxylate-assisted transition-metal-catalyzed C-H bond functionalizations: mechanism and scope. *Chemical reviews*, 111(3), 1315-1345.

- Akita, Y., Inoue, A., Yamamoto, K., Ohta, A., Kurihara, T., & Shimizu, M. (1985). Palladium-catalyzed coupling reaction of chloropyrazines with indole. *Heterocycles (Sendai)*, 23(9), 2327-2333.
- Aktaş, A., Celepci, D. B., Gök, Y., & Aygün, M. (2018). 2-Hydroxyethyl-Substituted Pd-PEPPSI Complexes: Synthesis, Characterization and the Catalytic Activity in the Suzuki-Miyaura Reaction for Aryl Chlorides in Aqueous Media. *ChemistrySelect*, 3(35), 9974-9980.
- Arduengo III, A. J., Harlow, R. L., & Kline, M. (1991). A stable crystalline carbene. *Journal of the American Chemical Society*, 113(1), 361-363.
- Arduengo III, A. J., Goerlich, J. R., Krafczyk, R., & Marshall, W. J. (1998). 1, 3, 4, 5-Tetraphenylimidazol-2-ylidene: The Realization of Wanzlick's Dream. *Angewandte Chemie International Edition*, 37(13-14), 1963-1965.
- Arıcı, H., Sündü, B., Fıncı, R., Ertuğrul, E., Özdemir, N., Cetinkaya, B., ... & Günay, M. E. (2021). The synthesis of new PEPPSI-type N-heterocyclic carbene (NHC)-Pd (II) complexes bearing long alkyl chain as precursors for the synthesis of NHC-stabilized Pd (0) nanoparticles and their catalytic applications. *Journal of Organometallic Chemistry*, 934, 121633.
- Beaupré, S., & Leclerc, M. (2013). PCDTBT: en route for low cost plastic solar cells. *Journal of Materials Chemistry A*, 1(37), 11097-11105.
- Bhardwaj, V., Gumber, D., Abbot, V., Dhiman, S., & Sharma, P. (2015). Pyrrole: a resourceful small molecule in key medicinal hetero-aromatics. *Rsc Advances*, 5(20), 15233-15266.

- Borah, D., Saha, B., Sarma, B., & Das, P. (2020). A new PEPPSI type N-heterocyclic carbene palladium (II) complex and its efficiency as a catalyst for Mizoroki-Heck cross-coupling reactions in water. *Journal of Chemical Sciences*, 132(1), 1-10.
- Boztepe, C., Künkül, A., & Gürbüz, N. (2020). Hydrogel supported vinylimidazole based PEPPSI-Pd-NHC catalysts: The catalytic activities in Heck and Suzuki-Miyaura coupling reactions. *Journal of Molecular Structure*, 1209, 127948.
- Cazin, C.S.J. (2011). *N-heterocyclic Carbenes in Transition Metal Catalysis*, Springer, New York.
- Crabtree, R. H. (2006). Some chelating C-donor ligands in hydrogen transfer and related catalysis. *Journal of organometallic chemistry*, 691(14), 3146-3150.
- Danopoulos, A. A., Simler, T., & Braunstein, P. (2019). N-heterocyclic carbene complexes of copper, nickel, and cobalt. *Chemical reviews*, 119(6), 3730-3961.
- Daşgın, S., Gök, Y., Celepci, D. B., Taslimi, P., Izmirlı, M., Aktaş, A., & Gülçin, İ. (2021). Synthesis, characterization, crystal structure and bioactivity properties of the benzimidazole-functionalized PEPPSI type of Pd (II) NHC complexes. *Journal of Molecular Structure*, 1228, 129442.
- Deng, P., Liu, L., Ren, S., Li, H., & Zhang, Q. (2012). N-acylation: an effective method for reducing the LUMO energy levels of conjugated polymers containing five-membered lactam units. *Chemical Communications*, 48(55), 6960-6962.
- Divya, K. R., Gari, G. L., Teja, G., Yamini, A.P. & Padmavathi, V. (2019). *Chem. Biodiver.*
- Eicher, T., Hauptmann, S., & Speicher, A. (2013). The chemistry of heterocycles: structures, reactions, synthesis, and applications. *John Wiley & Sons*.
- Erdemir, F., Barut Celepci, D., Aktaş, A., & Gök, Y. (2019). 2-hydroxyethyl-substituted (NHC) PdII (pyridine)(Pd-PEPPSI) Complexes: Synthesis, Characterization and the Catalytic Activity in the Sonogashira Cross-coupling Reaction. *ChemistrySelect*, 4(19), 5585-5590.
- Erdoğan, H., Aktaş, A., Gök, Y., & Sarı, Y. (2018). N-Propylphthalimide-substituted bis-(NHC) PdX₂ complexes: synthesis, characterization and catalytic activity in direct arylation reactions. *Transition Metal Chemistry*, 43(1), 31-37.
- Filimonov, S. N., Liu, W., & Tkatchenko, A. (2017). Molecular seesaw: Intricate dynamics and versatile chemistry of heteroaromatics on metal surfaces. *The Journal of Physical Chemistry Letters*, 8(6), 1235-1240.
- Fortman, G. C., & Nolan, S. P. (2011). N-Heterocyclic carbene (NHC) ligands and palladium in homogeneous cross-coupling catalysis: a perfect union. *Chemical Society Reviews*, 40(10), 5151-5169.
- Glorius, F. (2006). N-heterocyclic carbenes in catalysis—An introduction.
- Gokanapalli, A., Motakatla, V. K. R., & Peddiahgari, V. G. R. (2020). Benzimidazole bearing Pd-PEPPSI complexes catalyzed direct C₂-arylation/heteroarylation of N-substituted benzimidazoles. *Applied Organometallic Chemistry*, 34(10), e5869.
- Gök, Y., Aktaş, A., Erdoğan, H., & Sarı, Y. (2018). New 4-vinylbenzyl-substituted bis (NHC)-Pd (II) complexes: Synthesis, characterization and the catalytic activity in the direct arylation reaction. *Inorganica Chimica Acta*, 471, 735-740.
- Hagui, W., Doucet, H., & Soulé, J. F. (2019). Application of palladium-catalyzed C (sp²)-H bond arylation to the synthesis of polycyclic (hetero) aromatics. *Chem*, 5(8), 2006-2078.
- Herrmann, W. A. (2002). N-heterocyclic carbenes: a new concept in organometallic catalysis. *Angewandte Chemie International Edition*, 41(8), 1290-1309.
- Herrmann, W. A., Schütz, J., Frey, G. D., & Herdtweck, E. (2006). N-heterocyclic carbenes: synthesis, structures, and electronic ligand properties. *Organometallics*, 25(10), 2437-2448.
- Hopkinson, M. N., Richter, C., Schedler, M., & Glorius, F. (2014). An overview of N-heterocyclic carbenes. *Nature*, 510(7506), 485-496.
- İmik, F., Yaşar, S., & Özdemir, İ. (2019). Synthesis and investigation of catalytic activity of phenylene-And biphenylene bridged bimetallic Palladium-PEPPSI complexes. *Journal of Organometallic Chemistry*, 896, 162-167.
- Jiao, L. Y., Yin, X. M., Liu, S., Zhang, Z., Sun, M., & Ma, X. X. (2020). 1, 2, 3-Triazol-5-ylidene bearing a pyridine auxiliary based bidentate PEPPSI type palladium (II) complex: Synthesis, structure, and application in the direct arylation of pyridine N-oxide. *Catalysis Communications*, 135, 105889.
- Kim, D., Choi, G., Kim, W., Kim, D., Kang, Y. K., & Hong, S. H. (2021). The site-selectivity and mechanism of Pd-catalyzed C (sp²)-H arylation of simple arenes. *Chemical science*, 12(1), 363-373.
- Lvov, A. G., Khusniyarov, M. M., & Shirinian, V. Z. (2018). Azole-based diarylethenes as the next step towards advanced photochromic materials. *Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews*, 36, 1-23.
- Mao, S., Shi, X., Soulé, J. F., & Doucet, H. (2020). Direct Arylations of Heteroarenes with Benzenesulfonyl Chlorides Using Pd/C Catalyst. *European Journal of Organic Chemistry*, 2020(1), 91-97.
- Mishra, K., & Lee, Y. R. (2019). Highly synergistic effect of bifunctional Ru-rGO catalyst for enhanced hydrogenative-reductive benzylation of N-heteroaromatics. *Journal of Catalysis*, 376, 77-86.
- O'Brien, C. J., & Kantchev, E. A. B. (2006). C. 35 Valente, N. Hadei, GA Chass, A. Lough, AC Hopkinson and M. G. Organ. *Chem. Eur. J*, 12, 4743.
- Organ, M. G., Chass, G. A., Fang, D. C., Hopkinson, A. C., & Valente, C. (2008). Pd-NHC (PEPPSI) complexes: Synthetic utility and computational studies into their reactivity. *Synthesis*, 2008(17), 2776-2797.
- Öfele, K. (1968). 1, 3-Dimethyl-4-imidazolinylden-(2)-pentacarbonylchrom ein neuer Übergangsmetall-carbenkomplex. *Journal of Organometallic Chemistry*, 12(3), P42-P43.
- Price, G. A., Hassan, A., Chandrasoma, N., Bogdan, A. R., Djuric, S. W., & Organ, M. G. (2017). Pd-PEPPSI-IPent-SiO₂: A Supported Catalyst for Challenging Negishi Coupling Reactions in Flow. *Angewandte Chemie*, 129(43), 13532-13535.
- Reddy, M. V. K., Anusha, G., & Reddy, P. V. G. (2020). Sterically enriched bulky 1, 3-bis (N, N'-aralkyl) benzimidazolium based Pd-PEPPSI complexes for Buchwald-Hartwig amination reactions. *New Journal of Chemistry*, 44(27), 11694-11703.
- Roger, J., Požgan, F., & Doucet, H. (2009). Ligand-less palladium-catalyzed direct 5-arylation of thiophenes at low catalyst loadings. *Green Chemistry*, 11(3), 425-432.
- Sarı, Y., Aktaş, A., Taslimi, P., Gök, Y., & Gülçin, İ. (2018). Novel N-propylphthalimide-and 4-vinylbenzyl-substituted

- benzimidazole salts: Synthesis, characterization, and determination of their metal chelating effects and inhibition profiles against acetylcholinesterase and carbonic anhydrase enzymes. *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*, 32(1), e22009.
- Shi, S., Lei, P., & Szostak, M. (2017). Pd-PEPPSI: A General Pd-NHC Precatalyst for Suzuki–Miyaura Cross-Coupling of Esters by C–O Cleavage. *Organometallics*, 36(19), 3784–3789.
- Slimani, I., Mansour, L., Özdemir, I., Gürbüz, N., & Hamdi, N. (2021). Synthesis, characterization and catalytic activity of PEPPSI-type palladium–NHC complexes. *Inorganica Chimica Acta*, 515, 120043.
- Sonar, P., Singh, S. P., Li, Y., Soh, M. S., & Dodabalapur, A. (2010). A low-bandgap diketopyrrolopyrrole-benzothiadiazole-based copolymer for high-mobility ambipolar organic thin-film transistors. *Advanced materials*, 22(47), 5409–5413.
- Song, A. X., Zeng, X. X., Ma, B. B., Xu, C., & Liu, F. S. (2020). Direct (hetero) arylation of heteroarenes catalyzed by unsymmetrical Pd-PEPPSI-NHC complexes under mild conditions. *Organometallics*, 39(19), 3524–3534.
- Šimůnek, O., Rybáčková, M., Svoboda, M., & Kvičala, J. (2020). Synthesis, catalytic activity and medium fluorine recycle of fluorine analogues of PEPPSI catalysts. *Journal of Fluorine Chemistry*, 236, 109588.
- Tu, T., Malineni, J., Bao, X., & Doetz, K. H. (2009). A Lutidine-Bridged Bis-Perimidinium Salt: Synthesis and Application as a Precursor in Palladium-Catalyzed Cross-Coupling Reactions. *Advanced Synthesis & Catalysis*, 351(7–8), 1029–1034.
- Türker, F., Bereket, İ., Celepci, D. B., Aktaş, A., & Gök, Y. (2020). New Pd-PEPPSI complexes bearing meta-cyanobenzyl-Substituted NHC: Synthesis, characterization, crystal structure and catalytic activity in direct C–H arylation of (Hetero) arenes with aryl bromides. *Journal of Molecular Structure*, 1205, 127608.
- Usta, H., Facchetti, A., & Marks, T. J. (2011). n-Channel semiconductor materials design for organic complementary circuits. *Accounts of chemical research*, 44(7), 501–510.
- Valente, C., Pompeo, M., Sayah, M., & Organ, M. G. (2014). Carbon–Heteroatom Coupling Using Pd-PEPPSI Complexes. *Organic Process Research & Development*, 18(1), 180–190.
- Wanzlick, H. W., & Schönherr, H. J. (1968). Direct synthesis of a mercury salt-carbene complex. *Angewandte Chemie International Edition in English*, 7(2), 141–142.
- Wei, J., Cao, B., Tse, C. W., Chang, X. Y., Zhou, C. Y., & Che, C. M. (2020). Chiral cis-iron (ii) complexes with metal-and ligand-centered chirality for highly regio-and enantioselective alkylation of N-heteroaromatics. *Chemical science*, 11(3), 684–693.
- Zhang, Y., Han, F., Zhang, M., Zhang, H., Li, Y., Wang, R., ... & Liu, G. (2020). Highly active Pd-PEPPSI complexes for Suzuki–Miyaura cross-coupling of aryl chlorides: an investigation on the effect of electronic properties. *Chemical Research in Chinese Universities*, 36(5), 859–864.



Global Solar Radiation Estimation with Sum of Sine Model

Ayse Gul Kaplan^{1*}

^{1*} Osmaniye Korkut Ata University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Mathematics, Osmaniye, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3131-9079),
aysegulkaplan@osmaniye.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.)

ATIF/REFERENCE: Kaplan, A. G. (2022). Global Solar Radiation Estimation with Sum of Sine Model. *European Journal of Science and Technology*, (40), 15-18.

Abstract

Renewable and clean energy sources are currently needed for the long-term growth of nations and to decrease the negative environmental effects of fossil fuels. One of the most significant sources of energy is solar energy. Understanding the radiation properties of the solar energy is crucial for making the most use of solar energy in a certain region. In addition, reliable solar energy measurements are necessary for research into climate change, one of the most pressing problems confronting humanity today. Nowadays, solar energy harvesting systems are widely used to satisfy the world's increasing energy needs. Satellite-based solar radiation forecasts currently provide the high spatial and temporal resolution, global, diffuse, and direct sunlight data needed for solar power system planning and efficient utilization. In this study, the solar radiation values of the determined area were estimated using sum of sine model for $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ in the Matlab program. Several statistical error analysis tests were used to evaluate the performance of the developed models. The estimated solar radiation values demonstrate how effectively the proposed prediction models performs.

Keywords: Solar energy, Solar radiation, Statistical error tests, Sum of sine model.

Sinüs Toplam Modeli ile Küresel Güneş Radyasyon Tahmini

Öz

Yenilenebilir ve temiz enerji kaynaklarına günümüzde ulusların uzun vadeli büyümesi ve fosil yakıtların olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması için ihtiyaç duyulmaktadır. En önemli enerji kaynaklarından biri güneş enerjisidir. Güneş enerjisinin radyasyon özelliklerini anlamak, belirli bir bölgede güneş enerjisinden en iyi şekilde yararlanmak için çok önemlidir. Ayrıca, günümüzde insanlığın karşı karşıya olduğu en acil sorunlardan biri olan iklim değişikliği araştırmaları için güvenilir güneş enerjisi ölçümleri gereklidir. Günümüzde dünyanın artan enerji ihtiyacını karşılamak için güneş enerjisi üretim sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Uydu tabanlı güneş radyasyon tahminleri şu anda güneş enerjisi sistemi planlaması ve verimli kullanımı için gereken yüksek uzaysal ve zamansal çözünürlük, küresel, yaygın ve doğrudan güneş ışığı verilerini sağlar. Bu çalışmada, Matlab programında $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ için sinüs toplam modeli kullanılarak belirlenen bölgenin güneş radyasyon değerleri tahmin edilmiştir. Geliştirilen modellerin performansını değerlendirmek için çeşitli istatistiksel hata analiz testleri kullanılmıştır. Tahmin edilen güneş radyasyon değerleri, önerilen tahmin modellerinin ne kadar etkili performans sergilediğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Güneş enerjisi, Güneş radyasyonu, İstatistiksel hata testleri, Sinüs toplam modeli.

* Corresponding Author: aysegulkaplan@osmaniye.edu.tr

1. Introduction

Because to rising populations, the depletion of fossil fuel reserves, and technological advancements, energy consumption has risen recently. The sun is without a doubt the primary source of energy for the entire planet. The energy of the sun travels through space on electromagnetic waves. The total solar radiation of the Sun that reaches the surface of the Earth varies depending on the curvature of the Earth, extra-atmospheric solar radiation, and atmospheric characteristics. For any analysis of solar systems, a precise assessment of the elements of global solar radiation is required. On the surface of the planet, the direct and diffuse solar radiation that make up global solar radiation can be measured (Kaplan, 2015). Solar energy technologies are domestic, clean, and renewable energy sources that will be crucial in the production of sustainable energy in the future. Turkey receives roughly 2640 hours of sunshine annually due to its location in the medium solar belt. The solar energy density (S) is 3,6 KWh/m² on a daily basis. Turkey has an overall gross solar energy potential of 8,8 MTEP with an annual maximum total solar radiation of 299 hours and 1460 KWh/m² in Southeast Anatolia and an annual minimum total solar radiation of 1971 hours and 1120 KWh/m² in the Black Sea region (Ozturk, Bezir & Ozek, 2009).

When the number of weather stations is taken into account, the statistics on solar radiation are few. A solar radiation model is typically employed in these circumstances to forecast the necessary data for solar radiation applications. Some parameters are used to construct a variety of empirical models for estimating global solar radiation. Extraterrestrial radiation, daylight, duration, temperature, soil temperature, relative humidity, number of wet days, altitude, latitude, and longitude, as well as total precipitation, cloudiness, and evaporation are among the factors that are examined (Togrul & Onat, 2000)(Jin, Yezheng & Gang, 2005)(Menges, Ertekin & Sonmete, 2006).

This work used the sum of sine model to create a novel solar radiation estimation model. The city of Antalya served as the study's setting, and Table 1 contains information on its geography.

Table 1. The study area geographical coordinates.

Variable	Value
Latitude	36,07 ° N
Longitude	29,20 ° E
Level of sea	39 m
Measurement height	10 m

2. Material and Method

2.1. Sum of Sine Model

The sum of sines model fits periodic functions and is given by

$$y = \sum_{i=1}^n a_i \sin(b_i x + c_i) \quad (1)$$

where a is the amplitude, b is the frequency, and c is the phase constant for each sine wave term. n is the number of terms in the series and $1 \leq n \leq 8$. This equation is closely related to the Fourier series described in Fourier Series. The main difference is that the sum of sines equation includes the phase constant, and does not include a constant (intercept) term (MathWorks Help Center).

In this section, the coefficients of Eq. 1 for selected region were calculated in Matlab program for $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ respectively. The used regional solar radiation data based on measured hourly one year and the developed model was given by;

Sum of Sine Model for $n = 1$

$$\frac{H}{H_0} = 2.026 \sin(0.1678 \frac{S}{S_0} + 6.479) \quad (2)$$

Sum of Sine Model for $n = 2$

$$\frac{H}{H_0} = 1.306 \sin\left(4.127 \frac{S}{S_0} + 4.634\right) + 0.676 \sin\left(6.401 \frac{S}{S_0} + 6.157\right) \quad (3)$$

Sum of Sine Model for $n = 3$

$$\frac{H}{H_0} = 0.99 \sin\left(7.11 \frac{S}{S_0} + 3.25\right) + 0.46 \sin\left(13.23 \frac{S}{S_0} + 2.44\right) + 0.14 \sin\left(13.23 \frac{S}{S_0} + 2.44\right) \quad (4)$$

In this study, a specific region's one-year data on sunlight hours and monthly average daily solar radiation on a horizontal plane were employed. The information was provided by the General Directorate of State Meteorology and was based on observations of sun radiation. The graphs of the developed models are shown in Figure 1, Figure 2, and Figure 3 for $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ respectively.

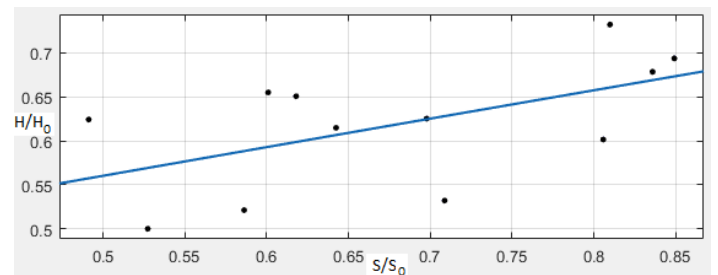


Figure 1. The graph of developed model by using sum of sine for $n = 1$

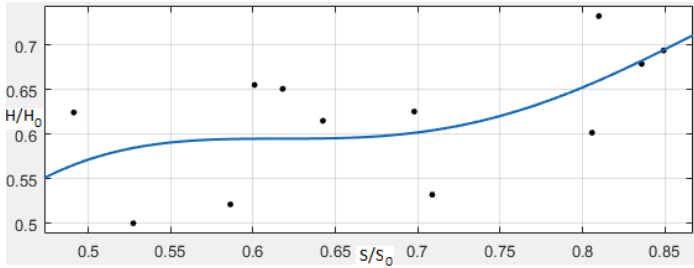


Figure 2: The graph of developed model by using sum of sine for $n = 2$

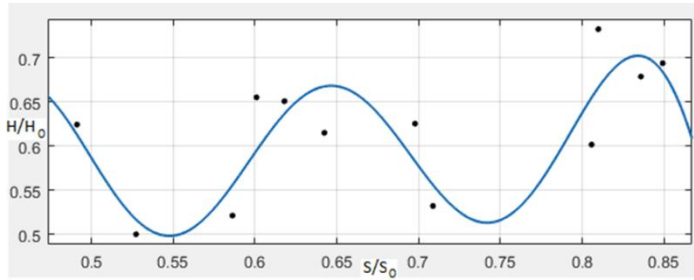


Figure 3: The graph of developed model by using sum of sine for $n = 3$

2.2. Statistical Error Tests

In the literature, the efficacy of solar radiation estimation models is evaluated using a variety of statistical error tests. In this investigation, three different statistical error tests were used (Kallioglu, 2014)(Aras, Balli & Hepbasli, 2006)(Ulgen & Hepbasli, 2004).

2.2.1. The sum of square of error (SSE)

The sum of square of error is calculated as follows (Oztürk, Ozek & Berkama, 2012). SSE must be equal to the ideal value of zero.

$$SSE = \sum_{i=1}^n (m_i - c_i)^2 \quad (5)$$

2.2.2. The analysis of variance (R^2)

The coefficient of determination indicates the extent to which one variable is bound to another. It is used to determine the linear relationship between the calculated and measured values. The value of this coefficient ranges from 0 to 1 and its ideal value is close to 1 (Khorasanizadeh, Mohammadi & Mostafaeipour, 2014).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (c_i - c_a) \times (m_i - m_a)}{\sqrt{[\sum_{i=1}^n (c_i - c_a)^2] \times [\sum_{i=1}^n (m_i - m_a)^2]}} \quad (6)$$

Here, c_a and m_a are respectively average of the measured and calculated values.

2.2.3. The root mean square error (RMSE)

The root mean square error is calculated as follows (Khorasanizadeh, Mohammadi & Mostafaeipour, 2014)(Sabzpooshani & Mohammadi, 2014). The ideal value for RMSE is equal to zero.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (m_i - c_i)^2} \quad (7)$$

3. Results and Discussion

In this study, new models was developed by using sum of sine model for $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ in Matlab program for solar radiation estimation of selected region. Three different statistical error tests were used to evaluate the effectiveness of the models that was developed.

The statistical error test results of developed models are given in Table 2. When the results are evaluated in general, it is seen in Table 2 that the statistical error test results change depending on n . When the results are generally evaluated, it has been observed that the performance of the developed model improves as the number of n increases.

Table 2. The statistical error test results of developed models.

n	SSE	R^2	RMSE
1	0.0386	0.3102	0.06549
2	0.03715	0.336	0.07869
3	0.01844	0.6704	0.0784

4. Conclusions and Recommendations

For the purpose of estimating the solar radiation of a chosen location, new models were developed in this study utilizing the sum of sine model for $n = 1$, $n = 2$, $n = 3$ in the Matlab software. Three different error analysis tests were applied to show the effectiveness of the developed models. According to the results obtained, the developed models have been shown to be quite effective.

The models developed for this study will be useful in determining the region's solar energy potential and will introduce a brand-new model to the literature. Because solar radiation measurement is currently one of the most important fields of renewable energy research, this work can help with future studies on the topic.

References

- Kaplan, Y.A., (2015). Overview of wind energy in the world and assesment of current wind energy policies in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 43 C, 562-568.

- Ozturk, M., Bezir, N.C., & Ozek, N., (2009). Hydropower–water and renewable energy in Turkey: sources and policy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13, 605-615.
- Togrul, I.N.T., & Onat, E., (2000). A comparison of estimated and measured values of solar radiation in Elazig, Turkey. *Renewable Energy*, 20, 243-252.
- Jin, Z., Yezheng, W., & Gang, Y., (2005). General formula for estimation of monthly average daily global solar radiation in China. *Energy Conversion and Management*, 46, 257-268.
- Menges, H.O., Ertekin, C., & Sonmete, M.H., (2006). Evaluation of global solar radiation models for Konya, Turkey. *Energy Conversion and Management*, 47, 3149-3173.
- MathWorks Help Center,
<https://ch.mathworks.com/help/curvefit/sum-of-sine.html>.
- Kallioglu, M.A., (2014). Improving a model for calculating daily global, diffuse and direct solar radiation on horizontal surfaces for Nigde. Master's thesis, Nigde University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Mechanical Engineering.
- Aras, H., Balli, O., & Hepbasli, A., (2006). Global solar radiation potential. *Energy Sources Part B-Economics Planning and Policy*, 1, 317-326.
- Ulgen, K., & Hepbasli, A. (2004). Solar radiation models. *Energy Sources*, 26, 521-530.
- Oztürk, M., Ozek, N., & Berkama, B., (2012). Comparison of some existing models for estimating monthly average daily global solar radiation for Isparta. *Pamukkale University Journal of Engineering Sciences*, 18, 13-27.
- Khorasanizadeh, H., Mohammadi, K., & Mostafaeipour, A., (2014). Establishing a diffuse solar radiation model for determining the optimum tilt angle of solar surfaces in Tabass, Iran. *Energy Conversion and Management*, 78, 805-814.
- Sabzpooshani, M., & Mohammadi, K., (2014), Establishing new empirical models for predicting monthly mean horizontal diffuse solar radiation in city of Isfahan, Iran, *Energy*, 69, 571-577.



Machine Learning and Ensemble Learning Based Method Using Online Employee Assessments to Identify and Analyze Job Satisfaction Factors

Ali Özdemir¹, Aytuğ Onan², Vildan Çınarlı Ergene^{3*}

¹Matematik / Fen Edebiyat Fakültesi, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9330-7084), acaozdemir@gmail.com

²Bilgisayar Mühendisliği / Mühendislik Fakültesi, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9434-5880), aytugonan@gmail.com

^{3*}Matematik / Fen Bilimleri Enstitüsü, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1220-3337), vildan.cinarli@gmail.com

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI:10.31590/ejosat.1173627)

ATIF/REFERENCE: Özdemir, A., Onan, A., & Çınarlı Ergene, V. (2022). Machine Learning and Ensemble Learning Based Method Using Online Employee Assessments to Identify and Analyze Job Satisfaction Factors. *European Journal of Science and Technology*, (40), 19-28.

Abstract

In this paper it was emphasized that machine learning techniques can achieve high performance in classification and work effectively and scalably with large data sets. The dataset used in this study was obtained from www.kaggle.com. A total of 67529 comments collected from people working at Google, Amazon, Netflix, Facebook, Apple and Microsoft were evaluated. The N-gram model is an important representation scheme in text mining. N-gram models are the unigram model (N = 1), bigram (N = 2), and trigram (N = 3). Three different weighting schemes as TP, TF, and TF-IDF, and three different weighting schemes for traditional machine learning-based analysis as N-gram model (bigram, unigram and trigram) was used. Five supervised learning algorithm was used to train models: Naive Bayes, Support Vector Machines (SVM), Logistic Regression (LR), K-Nearest Neighbor (KNN) and Random Forest (RF).

Keywords: machine learning, text classification, artificial intelligence, ensemble learning.

İş Memnuniyeti Faktörlerini Belirlemek ve Analiz Etmek için Çevrimiçi Çalışan Değerlendirmelerini Kullanan ilgili Makine Öğrenmesi ve Topuluk Öğrenmesi Tabanlı Yöntem

Öz

Bu çalışmada, makine öğrenmesi tekniklerinin sınıflandırmada yüksek performans elde edebileceği ve büyük veri setleri ile etkin ve ölçeklenebilir bir şekilde çalışabileceği vurgulanmıştır. Bu çalışmada kullanılan veri seti www.kaggle.com adresinden elde edilmiştir. Google, Amazon, Netflix, Facebook, Apple ve Microsoft'ta çalışan kişilerden toplanan toplam 67529 yorum değerlendirilmiştir. N-gram modeli, metin madenciliğinde önemli bir temsil şemasıdır. N-gram modelleri, unigram modeli (N = 1), bigram (N = 2) ve trigram (N = 3) şeklindedir. TP, TF ve TF-IDF olmak üzere üç farklı ağırlıklandırma şeması ve N-gram modeli (bigram, unigram ve trigram) olarak geleneksel makine öğrenmesi tabanlı analiz için üç farklı ağırlıklandırma şeması kullanılmıştır. Modelleri eğitmek için beş farklı denetimli öğrenme algoritması kullanılmıştır: Naive Bayes, Destek Vektör Makineleri (SVM), Lojistik Regresyon (LR), K-En Yakın Komşu (KNN) ve Rastgele Orman (RF).

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, metin sınıflandırma, yapay zeka, topluluk öğrenmesi.

1. Introduction

Web is a rich and progressively expanding source of information. Text classification suffers from the high dimensional feature space and feature sparsity problems. The use of conventional representation schemes to represent text documents can be extremely costly especially for the large text collections. In this regard, machine learning techniques are viable tools in representing document collections. The performance of the proposed sample selection method was evaluated on some basic classifiers with machine learning techniques by considering the online assessments of the employees in order to determine and analyze the job satisfaction factors. In addition the effectiveness of different representation structures are evaluated in order to represent the data sets effectively and the main results are obtained regarding the use of classification ensemble in the field of text mining.

2. Material and Method

2.1. Traditional Machine Learning Techniques

The N-gram model is an important representation scheme in text mining. N-gram models are the unigram model ($N = 1$), bigram ($N = 2$), and trigram ($N = 3$). In this part of the study, three different weighting schemes as TP, TF, and TF-IDF, and three different weighting schemes for traditional machine learning-based analysis as N-gram model (bigram, unigram and trigram) was used. Five supervised learning algorithm was used to train models: Naive Bayes, Support Vector Machines (SVM), Logistic Regression (LR), K-Nearest Neighbor (K-NN) and Random Forest (RF).

2.1.1. Naive Bayes (NB)

It is one of the simplest, understandable and easily applicable machine learning algorithms used in text classification. With this method the probability of belonging to the class value of the target attribute of a sample can be found [1].

2.1.2. Support Vector Machines (SVM)

It is a training algorithm used to generate learning, classification, clustering, density estimation and regression rules from the data. SVM can be used to solve the two-class and multi-class classification problem. SVM aims to find the closest examples of the classes while classifying the data and also maximize the perpendicular distances of these examples to the separating surface which will separate the two classes. The separator surface can have many different alternatives without changing its success on the dataset. The separating surface is at the same distance to both classes and distance is maximum [2].

2.1.3. Logistic Regression (LR)

It is a statistical method used to predict binary classes. Logistic Regression predicts the probability of an outcome that can only have two values. The prediction is based on the use of one or more predictors as numerical and categorical. Linear Regression is not suitable for values that can be expressed in a binary system such as yes/no. Because it can predict value outside of the range of 0 and 1. Logistic Regression produces a logistic curve limited to values between 0 and 1 [2].

2.1.4. K-Nearest Neighbor (K-NN)

In this method, the classification process is made according to the proximity relations between the objects. It is also known that the k-nn algorithm which has the advantage of ease of development, needs a large amount of memory space, the processing load and cost increase significantly as the data set and size increase. Thus the performance is affected by parameters and features such as the number of k neighbors [3].

2.1.5 Random Forest (RF)

It is a classification algorithm that creates multiple decision trees from the data in the part of the data set reserved for training. Random forest, also called ensemble learning method in the literature, decides the class of the given test input by using the classification results of a large number of decision trees by majority vote. First the algorithm creates a large number of decision trees using the training data. Then it places the test data into each tree to classify the part of the data set reserved for testing. In the final, algorithms evaluates the classification obtained from each tree and chooses the one with the highest value [4].

2.2. Ensemble Learning Algorithms

Ensemble learning algorithms is a machine learning workspace for assigning the class label to the samples to be classified based on the output of multiple learning algorithms rather than a single classification algorithm. Ensemble learning algorithms are expected to have better generalization abilities and lower risk of overfitting compared to base classifier algorithms [5].

Ensemble learning methods, namely AdaBoost algorithm, Bagging, Random space, Voting and Stacking were used in this paper.

2.2.1. AdaBoost Algorithm

It is a meta-algorithm formulated by Yoav Freund and Robert Schapire. The Adaboost algorithm is an iterative ensemble classifier that uses weak classifiers within the ensemble structure to improve its performance. In the Adaboost algorithm, the classifiers of the ensemble are added one by one where each subsequent classifier is trained using data that previous ensemble members failed to classify correctly. Selects the training set to train the current learning model based on the last training prediction [6].

2.2.2. Bagging Algorithm

Breiman is based on training different sub-dimensions of the training data set. In this method, different sub-samples are created from the training data set by changing the samples each time. Each sub-training set created is trained with a classifier. At the same time, all classifiers classify different sub-training sets. The bagging method uses the majority vote technique to combine the estimates of the classifiers. In this technique, the majority estimate given by the classifiers among the classification estimates of all the estimators is accepted as the classification estimation of the ensemble method. [7]

2.2.3. Random Space Algorithm (RS)

It is an ensemble learning algorithm in which basic learning algorithms are trained by taking samples from the training set as in the bagging algorithm. However, in obtaining different subsets from the training set, feature space-based partitioning is performed, not instance-based [8].

2.2.4. Voting

Ensemble learning method, the estimation of the majority by combining the estimations of different types of classifiers is accepted as the ensemble estimation. In fact, although the voting method is a combination technique, it has become a very common area of use in combining different types of classifiers. Classification of the same data set by different types of classifiers provides variation in estimations. The variation in estimates is an element that improves accuracy performance in the ensemble method. For this reason, high-performance predictions can be obtained in the case of diversity in voting ensemble methods in general [9].

2.2.5. Stacking

Stacking ensemble learning method developed by Wolpert is based on the principle of producing a higher performance estimation from these estimations by accepting the estimations of different types of classifiers as input for the meta classifier. Stacking ensemble learning method offers a two-stage learning process in this sense. In the first stage, predictions are obtained from the same training dataset with different types of classifiers. In the second stage, the predictions obtained from the first stage are processed in the meta classifier and the prediction of the ensemble learning model is obtained. This method, which generates ensemble estimation from estimations with meta classifier, has been developed to provide higher performance [10].

3. Results and Discussion

In order to calculate the performance of classification algorithms in the evaluation process, a number of model performance criteria frequently used in the literature were used [11].

The parameters used in the formulation of these criteria are defined as:

TP (True Positive): The number of comments that are positive and also considered positive by the classifier.

TN (True Negative): The number of comments that are negative and also considered negative by the classifier.

FP (False Positive): The number of comments that are negative but considered positive by the classifier.

FN (False Negative): The number of comments that are positive but considered negative by the classifier.

For experimental analysis, the text corpus was modeled using three weight schemes as TF, TP, and TF-IDF and three different N-gram models (bigram, unigram and trigram). In this
e-ISSN:2148-2683

way nine different configurations were obtained. The results obtained from the analyzes are shown in the tables below according to the Accuracy Values, Precision Values, Recall Values and F-measure Values.

Table 1. Accuracy Values

Algorithms	Unigram+ TP	Unigram+ TF	Unigram+ TF-IDF	Bigram+ TP	Bigram+ TF	Bigram+ TF-IDF	Trigram+ TF	Trigram+ TP	Trigram+ TF-IDF
KNN	80.09	80.7	80.51	79.27	79.82	79.48	76.89	78.78	78.1
SVM	82.33	82.64	82.55	82.35	82.46	82.39	82.14	82.28	82.22
LR	81.69	82.09	81.97	81.5	81.68	81.59	80.88	81.39	81.23
NB	83.34	83.63	83.57	83.44	83.5	83.48	83.31	83.41	83.34
RF	82.87	83.15	83.11	82.88	82.99	82.94	82.71	82.83	82.8
AdaBoost(KNN)	87.06	87.32	87.31	87.17	87.24	87.19	87.09	87.16	87.13
AdaBoost(SVM)	87.57	87.88	87.81	87.71	87.74	87.73	87.58	87.64	87.62
AdaBoost(LR)	87.33	87.57	87.55	87.46	87.5	87.48	87.35	87.42	87.38
AdaBoost(NB)	88.38	88.73	88.63	88.49	88.56	88.53	88.25	88.46	88.35
AdaBoost(RF)	87.92	88.21	88.14	88	88.04	88.02	87.91	87.97	87.93
bagging(KNN)	83.81	84.14	84.09	83.89	83.98	83.95	83.69	83.81	83.77
Bagging(SVM)	84.73	84.99	84.95	84.79	84.85	84.8	84.7	84.77	84.74
bagging(LR)	84.41	84.67	84.62	84.5	84.6	84.54	84.3	84.39	84.36
bagging(NB)	85.38	85.62	85.6	85.47	85.56	85.54	85.4	85.45	85.43
bagging(RF)	85.05	85.37	85.3	85.17	85.21	85.19	85.07	85.14	85.12
RS(KNN)	88.76	89.1	89	88.85	88.94	88.9	88.77	88.81	88.8
RS(SVM)	90.22	90.57	90.49	90.07	90.34	90.14	89.87	90	89.91
RS(LR)	89.53	89.81	89.8	89.61	89.67	89.64	89.42	89.57	89.48
RS(NB)	93.61	94.02	93.91	92.64	93.03	92.87	92.08	92.36	92.21
RS(RF)	91.3	91.93	91.73	91.01	91.3	91.08	90.68	90.92	90.8
Voting(Minimumprobability)	85.6	85.87	85.83	85.75	85.78	85.77	85.65	85.68	85.67
Voting(Maximumprobability)	85.89	86.15	86.12	85.99	86.07	86.06	85.9	85.97	85.95
Voting(Majorityvoting)	86.17	86.41	86.39	86.24	86.29	86.26	86.17	86.22	86.19
Voting(Productofprobability)	86.41	86.73	86.65	86.55	86.57	86.57	86.44	86.49	86.45
Voting(Averageofprobabilities)	86.79	87.05	87.01	86.9	86.98	86.93	86.8	86.85	86.83
Stacking	89.15	89.4	89.37	89.22	89.28	89.25	89.12	89.18	89.14

Table 2. Precision Values

Algorithms	Unigram +TP	Unigram +TF	Unigram +TF-IDF	Bigram +TP	Bigram +TF	Bigram +TF-IDF	Trigram +TF	Trigram +TP	Trigram +TF-IDF
KNN	0.81	0.82	0.81	0.80	0.81	0.80	0.78	0.80	0.79
SVM	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
LR	0.83	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82	0.82	0.82	0.82
NB	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
RF	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
AdaBoost(KNN)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
AdaBoost(SVM)	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.88	0.89	0.89
AdaBoost(LR)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
AdaBoost(NB)	0.89	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(RF)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
bagging(KNN)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Bagging(SVM)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
bagging(LR)	0.85	0.86	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
bagging(NB)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
bagging(RF)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
RS(KNN)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
RS(SVM)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
RS(LR)	0.90	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.90	0.90
RS(NB)	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93
RS(RF)	0.92	0.93	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
Voting(Minimumprobability)	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Maximumprobability)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Majorityvoting)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Productofprobability)	0.87	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Averageofprobabilities)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Stacking	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Table 3: Recall Values

Algorithms	Unigram+ TP	Unigram+ TF	Unigram+ TF-IDF	Bigram+ TP	Bigram+ TF	Bigram+ TF-IDF	Trigram+ TF	Trigram+ TP	Trigram+ TF-IDF
KNN	0.82	0.82	0.82	0.81	0.81	0.81	0.78	0.80	0.80
SVM	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
LR	0.83	0.84	0.84	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83
NB	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
RF	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.84	0.85	0.84
AdaBoost(KNN)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(SVM)	0.89	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(LR)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(NB)	0.90	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
AdaBoost(RF)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
bagging(KNN)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.85	0.86	0.85
Bagging(SVM)	0.86	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86	0.87	0.86
bagging(LR)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
bagging(NB)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
bagging(RF)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
RS(KNN)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
RS(SVM)	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
RS(LR)	0.91	0.92	0.92	0.91	0.92	0.91	0.91	0.91	0.91
RS(NB)	0.96	0.96	0.96	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94
RS(RF)	0.93	0.94	0.94	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93
Voting(Minimumprobability)	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.87	0.87
Voting(Maximumprobability)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Voting(Majorityvoting)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Voting(Productofprobability)	0.88	0.89	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Voting(Averageofprobabilities)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Stacking	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91

Table 4: F-measure Values

Algorithms	Unigram+ TP	Unigram+ TF	Unigram+ TF-IDF	Bigram+ TP	Bigram+ TF	Bigram+ TF-IDF	Trigram+ TF	Trigram+ TP	Trigram+ TF-IDF
KNN	0.81	0.82	0.82	0.80	0.81	0.81	0.78	0.80	0.79
SVM	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	0.84	0.83
LR	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.82	0.83	0.82
NB	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
RF	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84	0.84
AdaBoost(KNN)	0.88	0.89	0.89	0.88	0.89	0.89	0.88	0.88	0.88
AdaBoost(SVM)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(LR)	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
AdaBoost(NB)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
AdaBoost(RF)	0.89	0.90	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
bagging(KNN)	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
Bagging(SVM)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
bagging(LR)	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86	0.86
bagging(NB)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
bagging(RF)	0.86	0.87	0.87	0.86	0.87	0.86	0.86	0.86	0.86
RS(KNN)	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90
RS(SVM)	0.92	0.92	0.92	0.91	0.92	0.92	0.91	0.91	0.91
RS(LR)	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91
RS(NB)	0.95	0.95	0.95	0.94	0.94	0.94	0.93	0.94	0.94
RS(RF)	0.93	0.93	0.93	0.92	0.93	0.92	0.92	0.92	0.92
Voting(Minimumprobability)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Maximumprobability)	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87
Voting(Majorityvoting)	0.87	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.87	0.88	0.88
Voting(Productofprobability)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Voting(Averageofprobabilities)	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88	0.88
Stacking	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.91	0.90	0.91	0.90

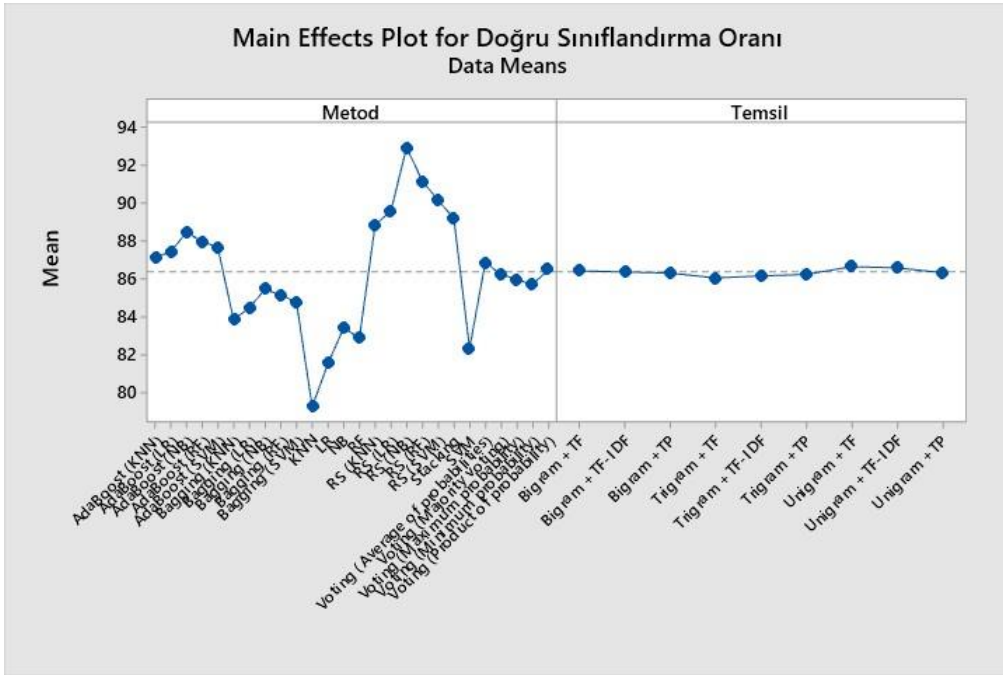


Fig. 1. Main effects plot for accuracy

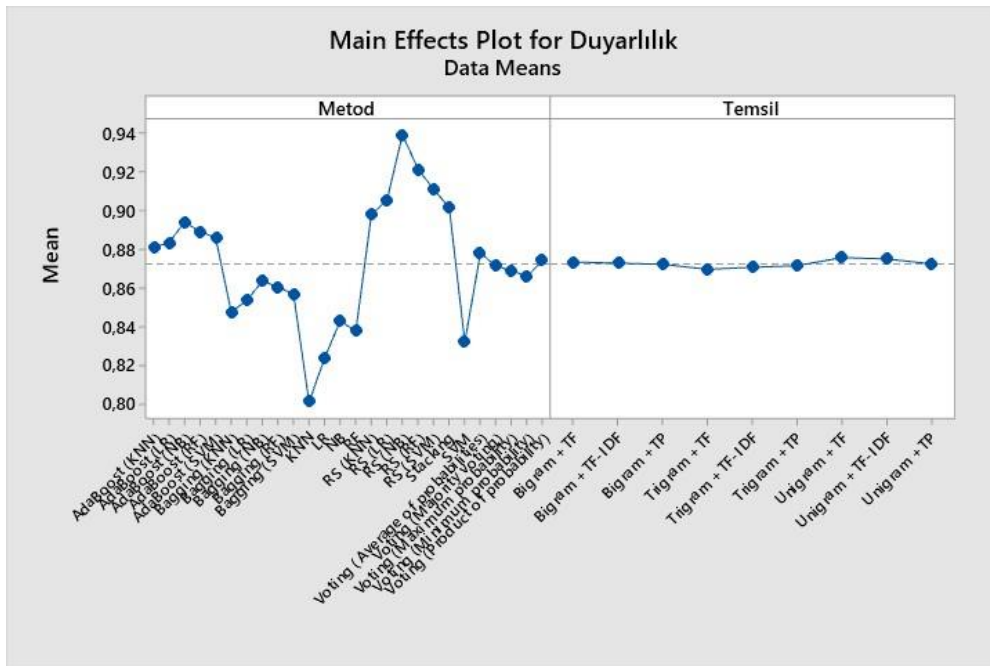


Fig. 2. Main effects plot for precision

4. Conclusions and Recommendations

In this paper classification was made with text mining in order to accurately analyze large datasets created with texts containing comments made by employees about the companies they work for. For this purpose K-Nearest Neighbor (K-NN), Support Vector Machine (SVM), Logistic Regression (LR), Naive Bayes (NB) and Random Forest (RF) machine learning algorithms were used. These algorithms are implemented with Python programming language and scikit - learn library. The results which shown the tables and graphics above were analyzed comparatively of by accuracy value, precision, recall and F-measure. When the results are compared and the performance values are analyzed, Random Space (RS) algorithm has got the highest success rate was obtained from the experiment with Naive Bayesian use. The highest accuracy value obtained from this experiment was 94.02 by using unigram and TF together as seen in Table 1., also precision value was 0.95, TP, TF and TF-IDF methods were used together with unigram as shown in Table 2; recall value was found with 0.96 success rate by using TP, TF and TF - IDF together with unigram and F -measure was found with 0.95 success rate by using TP, TF and TF-IDF methods together with unigram. Experimental results shows that Naive Bayes classification algorithm is more successful algorithm in text mining compared to other methods.

References

- [1] Kaynar, O., Yıldız, M., Görmez, Y., Albayrak, A. 2016. Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Duygu Analizi. International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP'16), 17-18 Eylül, Malatya, 1-8
- [2] Kazan, S., Karakoca, H. 2019. Makine Öğrenmesi ile Ürün Kategorisi Sınıflandırma. Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences, 2(2019), 1-10
- [3] Liu, H., & Zhang, S. (2012). Noisy data elimination using mutual k-nearest neighbor for classification mining. Journal of Systems and Software, 85(5), 1067-1074.
- [4] Kalaycı, T. E. (2018). Kimlik hırsızları web sitelerinin sınıflandırılması için makine öğrenmesi yöntemlerinin karşılaştırılması. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 24(5), 870-878.
- [5] Dietterich, T. G. (2000, June). Ensemble methods in machine learning. In International workshop on multiple classifiersystems (pp. 1-15). Springer, Berlin, Heidelberg
- [6] Onan A., Korukoğlu S., Bulut H., Ensemble of keyword extraction methods and classifiers in text classification, Expert Systems with Applications, 2016, 57, 232-247.
- [7] Breiman L. Random forests. MachLearn 2001, 45: 5-32
- [8] Ho, T. K. (1998). The random subspace method for constructing decision forests. *IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 20(8), 832-844
- [9] Polikar R. Ensemble learning. In: Zhang C, Ma Y (eds). Ensemble machine learning. Springer Science, Business Media, 2012: 1-34.
- [10] Wolpert DH. Stacked generalization. NeuralNetw 1992, 5: 241-59.
- [11] Kaynar, O., Yıldız, M., Görmez, Y., & Albayrak, A. (2016). Makine öğrenmesi yöntemleri ile Duygu Analizi. In International Artificial Intelligence and Data Processing Symposium (IDAP'16) (pp. 17-18)



Investigation of Covid-19 Infection with Clinical Data Using Decision Trees

Fırat Orhanbulucu^{1,2}, Fatma Latifoğlu^{2*}

¹ Inonu University, Department of Biomedical Engineering, Malatya, Turkey (ORCID: 0000-0003-4558-9667), firat.orhanbulucu@inonu.edu.tr

^{2*} Erciyes University, Department of Biomedical Engineering, Kayseri, Turkey (ORCID: 0000-0003-2018-9616), flatifoglu@erciyes.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1171818)

ATIF/REFERENCE: Orhanbulucu, F. & Latifoğlu, F. (2022). Investigation of Covid-19 Infection with Clinical Data Using Decision Trees. *European Journal of Science and Technology*, (40), 29-33.

Abstract

The coronavirus disease, namely Covid-19 infection, which was declared a worldwide epidemic by the World Health Organization (WHO) in 2020, was first seen in Wuhan, China in the last months of 2019 and has affected the whole world. Early diagnosis of this rapidly spreading epidemic is important to prevent the disease. For this reason, methods such as image processing, deep learning, and machine learning have become important to detect the epidemic early. In this study, it has been tried to classify individuals who test positive and negative for Covid-19 based on some laboratory test results with several Decision Tree methods. Since the original form of the data set has an uneven distribution, the data set has been balanced by applying the oversampling and undersampling methods used for such data sets as a pre-processing study. Balanced dataset and original dataset using 5-Fold Cross Validation (CV), 10-Fold Cross Validation and Leave-One-Out (LOO)-CV, Random Forest (RF), Random Tree (RT), J48, it was analyzed with alternating decision tree (ADTree) and Function Trees (FT) classifiers. As a result of the examination, the most successful result was shown by the RF classifier with 87.5% success rates using CV-5 in the original data set, 93.3% using CV-10 and LOO-CV in the oversampling method, and 79% using CV-5 in the undersampling method. In addition to success rates, sensitivity-specificity metrics, which are important for patient and healthy diagnosis, were examined in terms of each classification algorithm and CV value.

Keywords: Covid-19; Decision Tree; Random Forest; Oversampling.

Karar Ağaçları Kullanılarak Klinik Verilerle Covid-19 Enfeksiyonunun İncelenmesi

Öz

2020 yılında Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından dünya çapında salgın ilan edilen koronavirüs hastalığı yani Covid-19 enfeksiyonu, ilk olarak 2019 yılının son aylarında Çin'in Wuhan kentinde görülmüş ve tüm dünyayı etkisi altına almıştır. Hızla yayılan bu salgının erken teşhisi, hastalıktan korunmak için önemlidir. Bu nedenle görüntü işleme, derin öğrenme, makine öğrenmesi gibi yöntemler salgını erken tespit etmek için önemli hale geldi. Bu çalışmada çeşitli Karar Ağacı yöntemleri ile bazı laboratuvar test sonuçlarına göre Covid-19 testi pozitif ve negatif çıkan bireyler sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Veri setinin orijinal formu eşit olmayan bir dağılıma sahip olduğundan, bu tür veri setleri için kullanılan aşırı örnekleme ve eksik örnekleme yöntemleri bir ön işleme çalışması olarak uygulanarak veri seti dengelenmiştir. Dengeli hale getirilen veri seti ve orijinal veri seti 5-Fold Cross Validation (CV), 10-Fold Cross Validation ve Leave-One-Out (LOO)-CV kullanılarak Random Forest (RF), Random Tree (RT), J48, Alternating decision tree (ADTree) ve Function Trees (FT) sınıflandırıcıları ile incelenmiştir. İnceleme sonucunda en başarılı sonuç orijinal veri setinde CV-5 kullanılarak %87,5, aşırı örnekleme yönteminde CV-10 ve LOO-CV kullanılarak %93,3 ve eksik örnekleme yönteminde CV-5 kullanılarak %79 ile RF sınıflandırıcısı göstermiştir. Başarı oranlarının yanı sıra hasta ve sağlıklı teşhisi için önemli olan duyarlılık-özgüllük metrik değerleri her bir sınıflandırma algoritması ve CV değeri bakımından incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kovid19; Karar ağacı; Rastgele Orman; Aşırı Örnekleme.

*2Corresponding Author: flatifoglu@erciyes.edu.tr, +90 352 207 6666 (32977)

1. Introduction

Covid-19 infection, known as coronavirus disease, was first seen in Wuhan, China in the last months of 2019 and affected the whole world in 2020 [1]. This disease spread rapidly among people, causing a new epidemic in many countries. Coronavirus disease, which can be transmitted by small respiratory droplets, coughing, or sneezing when closely interacted with infected people, shows symptoms such as shortness of breath and cough. Although Covid-19 infection may show serious complications in some patients, some patients can overcome this disease asymptotically [1, 2].

It has been stated that machine learning methods or image processing methods that can be applied to chest or lung images can play an important role in defining Covid-19 disease [3]. In the literature, several studies have been conducted using machine learning and image processing methods for the detection or analysis of Covid-19 disease. In the study, the effect of coronavirus disease on the region, spreading rate, and weather conditions were examined using the Support Vector Regression (SVR) method [4]. In a study, Convolutional Neural Network (CNN) model has been proposed to automatically detect Covid-19 patients or healthy individuals from chest X-ray images. With the proposed model, the success rate was found to be 96.78% [5]. De Moraes Batista, et al. collected data from 235 patients in emergency care and tried to predict Covid-19 patients using five machine learning methods [6]. Uneven data distributions are seen especially in rare epidemic diseases such as Covid-19. Oversampling and undersampling methods are used to eliminate such unbalanced data distributions. In a study, it was tried to predict Covid-19 patients based on laboratory test results commonly collected from suspected Covid-19 case applications using the Synthetic Minority Sampling Method (SMOTE) and Artificial Neural Networks (ANN) algorithm. As a result of the study, the success rate was found to be 86% in the original data set, while it was observed that the success rate increased to 90% when the unbalanced data distribution was eliminated by using the SMOTE-based method [7]. It has also been observed that studies have been conducted to estimate the number of cases using machine learning methods [8].

In this study, individuals with negative (healthy) or positive (patient) Covid-19 test results, according to widely measured laboratory values, who were taken from people who applied to the hospital with the suspicion of Covid-19 were examined using decision trees methods. In the examination, decision trees such as Random Forest (RF), Random Tree (RT), J48, and Function Trees (FT), Alternating decision tree (ADTree) classification methods, which are frequently used in the patient-healthy distinction in Biomedical studies, were used. Since the data set examined in the study showed an unbalanced distribution, the unbalanced distribution was eliminated by applying oversampling and undersampling methods, and the balanced data set was examined with machine learning methods and compared with the results of the data set with the unbalanced distribution. Cross-Validation values, which are important in classification studies, were selected as 5, 10, and Leave One Out in the study, and a comparison was made in terms of accuracy, sensitivity, and specificity metric values.

2. Materials and Methods

2.1. Dataset

The data set used in the study was taken from the Kaggle platform, which is used as an open data set source for machine

learning studies. Information on the data set was obtained from patients who came to Israelita Albert Einstein Hospital in São Paulo, Brazil with suspicion of Covid-19 [9]. The data set consists of 5644 people in total. Of these 5644 people, 5086 have negative test results, 558 of them are positive people with positive test results. "Hematocrit, Hemoglobin, Platelets, Red Blood Cells, Mean Platelet Volume, Lymphocytes, Leukocytes, Mean Corpuscular Hemoglobin, Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, Basophils, Eosinophils, Monocytes, Red Blood cell Distribution Width laboratory measurement values" and patient ID quality, A total of 111 attribute values were entered into the data set, such as which service they were referred to or whether the patient was admitted to the normal room. As a result of the examination, it was found that 5050 people contained blank data or missing values and non-quantitative values that did not affect the analysis. The data set was downloaded to 594 people after discarding empty data and patient ID information without any effect, values such as which service the patient was referred to, whether the patient was admitted to the normal room, and empty values. Hematocrit, Hemoglobin, Platelets, Red Blood Cells, Mean Platelet Volume, Lymphocytes, Leukocytes, Mean Corpuscular Hemoglobin, Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration, Basophils, Eosinophils, Monocytes, Red Blood cell Distribution Width laboratory measurement values for 14 studies in total were quantitative. It has been examined. Of the 594 people, 513 were negative and 81 were positive (coronavirus patients). Figure 1 shows the distribution of the data to be examined in the study. Since the data showed an uneven distribution oversampling and undersampling processes were applied and the data were analyzed by balancing both upwards and downwards to make our classification result healthier.

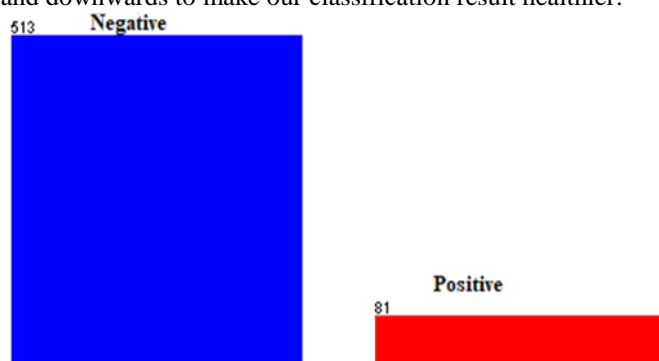


Figure 1. Distribution of the data to be examined.

2.2. Imbalance Process for Data

In order to prevent the imbalance in the data set, the oversampling and undersampling methods are applied to the data set as a preprocess. As Oversampling, Synthetic minority over-sampling technique (SMOTE) method, which is frequently applied in studies showing such unbalanced data distributions, and Spread Subsampling (SS) method as undersampling process were used.

2.2.1. Oversampling

The Oversampling method shows high speed sampling. This method makes samples in the minority class closer to the number of samples in the majority class by randomly generating samples synthetically according to their closest neighbors. The imbalance in terms of the number of samples produced and the number of samples between the majority class is eliminated. The advantage of this method is that there is no data loss, unlike the undersampling method [10]. Among the oversampling methods, the most frequently used method is the SMOTE method developed by Chawla, et.al in 2002 [11]. In the study, this method

was also preferred and the data set was balanced so that 513 negative-513 positives.

2.2.2. Undersampling

The undersampling sampling method removes the imbalance between classes by randomly removing the samples in the majority class to eliminate the imbalance in the data set. The disadvantage of this method is the possibility of discarding important data in the majority class [10, 12]. The SS undersampling method data set preferred in the study was set to be 81 negative and 81 positive.

In Figure 2, data distributions formed after SMOTE method (a) and SS method (b) are applied to the data set used in the study are shown.

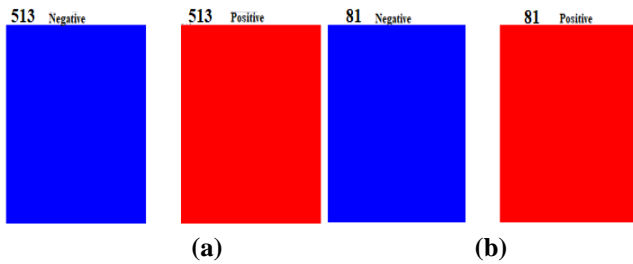


Figure 2. Data distribution analysis (a) SMOTE (b) Spread Subsampling

2.3. Classification

Classification is the process of distributing data to classes in a controlled manner after passing the training and testing phase. Primarily, the data to be trained is created and the distribution of the training data generated to the classification algorithm method is taught. Then, the classification process is performed most accurately by testing the data whose class is not known. The classification methods preferred from the biomedical studies and in the distinction between sick and healthy were used in the study. In the study, the classification processes were made using the Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) Version 3.8.3 program [13]. Some information about the classification methods used is given below.

2.3.1. Alternating decision tree (ADTree)

The Adtree algorithm consists of decision states that specify the outcome of an action. Detailed information about ADTree, which consists of decision node and forecast node layers, is given in [14].

2.3.2. Random Forest (RF)

The RF classification method was developed by Breiman, and this method extracts the small information contained in the data set and enables differentiation [15]. It has been stated that the RF method, which is also defined as the collection of decision trees, requires very little pre-processing and is successful on unstable data sets in studies [14-16].

2.3.3. Random Tree (RT)

The trees created as a result of the RT classification algorithm are randomly selected from the possible tree cluster, and there is a chance to sample each tree equally. It has been stated that the trees show a similar distribution and that the models created by many random trees can generally have a high rate of accuracy [17].

2.3.4. J48

J48 is a C4.5 decision tree developed by J. Ross Quinlan for classification of nonlinear and small size data [18]. Decision tree selection is important in solving the classification problem. In this method, a tree is created to create the classification model and the classification process is performed over the remaining data, ignoring the missing data [19].

2.3.5. Function Trees (FT)

FT is an algorithm that can be implemented with four different models. The FT algorithm can be viewed as a generalization of multivariate trees and can fix data in a sample space by dividing it [20].

3. Research Results

In this study, healthy or sick individuals were classified using RF, RT, J48, ADTree, FT machine learning methods according to the results of the Covid-19 test in line with the laboratory values obtained by measuring from those who applied to the hospital with the suspicion of Covid-19. Since data belonging to positive (patient) and negative (healthy) classes were unevenly distributed at the beginning, SMOTE and SS procedures were applied as a pre-treatment. As a result of the SMOTE method, the minority class was multiplied and the unbalanced distribution between the two classes was equalized with 513 people in both classes. As a result of the SS method, the data in the majority class was reduced and the data was adjusted so that 81 people were in both classes. As a result of the classification process, data distribution at the beginning, resulting from SMOTE analysis and SS analysis were examined in terms of 5-10-fold Cross-Validation (CV) and Leave-One-Out (LOO) CV. In the 10-fold cross-validation method, the data is divided into 10 equal parts and 10% of the data is divided into parts as the test, 90% is the training data, and then the trained training parts are used to predict the tested part. The result of the classification is estimated by repeating this process 10 times and taking the average of the results. Similarly, in the 5-fold cross-validation process, the data is divided into 5 equal parts and the remaining 4 layers for a solid test are used as a training set and this process is repeated 5 times. In the LOO-CV process, which is preferred in cases where the number of samples is less in the literature, the data set as much as the sample number is divided into pieces, and each sample is used as both training and test data.

According to the Confusion Matrix is given in Figure 3, the accuracy, sensitivity, and precision metric values were calculated from equation (1) (2) (3) for the classification algorithm and CV values used in the study. Accuracy value refers to the rate of successfully classified sample, Sensitivity value refers to the number of positive samples correctly classified, ie disease diagnosis rate. Specificity metric value is used to measure the proportion of correctly classified negative models, that is, the determination of healthy individuals [21]. The results resulting from the calculations are shown in Table 1.

		Predicted Class	
		Negative	Positive (Covid-19)
Actual Class	Negative	True Negative (TN)	False Positive (FP)
	Positive (Covid-19)	False Negative (FN)	True Positive (TP)

Figure 3. Confusion Matrix

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FN+FP} \tag{1}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP+FN} \tag{2}$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \tag{3}$$

Table 1. Classification Results

Pre-Processing Procedure	Classification Method	10-Fold CV			5-Fold CV			LOO-CV		
		Ac (%)	Sp (%)	S (%)	Ac (%)	Sp (%)	S (%)	Ac (%)	Sp (%)	S (%)
Original Data Set	ADTree	86.2	93.0	43.2	85.2	93.2	34.6	86.2	91.8	50.6
	J48	86.7	94.5	38.3	86	93.4	39.5	84.3	92	35.8
	RF	86.8	96.5	24.7	87.5	96.9	28.4	87.2	96.5	28.5
	RT	83.6	90.4	40.7	83.5	89.7	44.4	84.3	91.4	39.5
	FT	86.2	95.0	29.6	87.3	93.2	50.6	86.5	93.0	45.7
Oversampling (SMOTE)	ADTree	84.4	79.9	88.9	84.7	81.5	87.9	84.2	80.5	87.9
	J48	85.3	82.7	88.1	84	81.1	86.9	85.2	81.3	89.3
	RF	93.3	92	94.5	93	92.2	94	93.3	91	95.7
	RT	86.1	85	87.3	84.5	82.7	86.4	85	83.2	86.9
	FT	84.9	83	86.9	83.9	80.5	87.3	85.8	82.8	88.7
Undersampling (SS)	ADTree	74.1	75.3	72.8	73.4	74.1	72.8	74.1	72.8	75.3
	J48	73.4	67.9	79	70.9	65.4	76.5	69.1	69.1	69.1
	RF	76	72.8	79	79	77.8	80.2	77.8	75.3	80.2
	RT	76.5	76.5	76.5	70.9	76.5	65.4	71.6	77.8	65.4
	FT	74.7	70.4	79.0	72.8	65.4	80.2	79	71.6	86.4

Ac: Accuracy, Sp: Specificity, S: Sensitivity, LOO-CV: Leave-One-Out Cross-Validation

4. Discussion and Conclusion

In this study, the data set created as a result of the laboratory test samples taken from people who applied to the hospital with the suspicion of Covid-19 was in its original form, accuracy with the ADTree, J48, RF, RT, and FT classification algorithms, which were balanced as a result of applying SS from Oversampling methods and Undersampling methods, Analyzed for sensitivity and specificity. In the analysis process, the number of CVs was determined as 5, 10, and LOO-CV, which is generally preferred.

As a result of the examination, the RF classification algorithm gave successful results both in its original form and in the balanced form of the data set. The success rate was 86.8% in the original data distribution, 93.3% with SMOTE analysis, and 76% in data distribution after SS analysis. It is stated in the literature that the RF algorithm gives successful results in unbalanced data distributions [16, 22]. In the study, a 93.3%

success rate was obtained in the RF classifier, especially with SMOTE analysis, and a result that supports the literature has been presented. When Table 1 was examined, it was seen that the sensitivity rate in the original classification results was lower than the results obtained as a result of the application of SMOTE and SS methods. When the unbalanced distribution that occurred in the original state was eliminated, it was seen in the study that the success rate in the classification procedures increased with the sensitivity rate, which is especially important for the diagnosis of the patient. It has been observed that the downward balancing of the data set with the Undersampling method reduces the success rate in contrast to the oversampling method. When the values in Table 1 are examined in terms of CV, no significant differences were observed in success rates.

In the study using a similar data set in the literature, the data set was examined with the original state and SMOTE analysis with the ANN algorithm, and it was observed that SMOTE analysis increased the success rate [7]. Similarly in the

literature, in another study conducted on data sets obtained as a result of blood count, RF, ANN, and glmnet classifiers were used to detect Covid-19 positive-negative carriers. As a result of the classification, success rates were found as 86% for RF, 80% for ANN, and 84% for glmnet [22]. It is stated in the literature that Covid-19 can be detected as a result of image processing methods, as well as Covid-19 can be detected with laboratory test results [5-8, 22].

In this study, it was stated that the oversampling-undersampling pretreatment methods are important to obtain healthier results for the analysis of data with the unbalanced distribution. As a result of this study, it was seen that the rapidly spreading coronavirus disease can be detected with some samples taken from the laboratory, especially due to the high success rate of the RF classification algorithm in the analysis made as a result of the SMOTE analysis.

References

- [1] Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., ... & Tan, W. (2020). A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*. (DOI: 10.1056/NEJMoa2001017)
- [2] Hu, Z., Song, C., Xu, C., Jin, G., Chen, Y., Xu, X., ... & Shen, H. (2020). Clinical characteristics of 24 asymptomatic infections with COVID-19 screened among close contacts in Nanjing, China. *Science China Life Sciences*, 63(5), 706-711. (<https://doi.org/10.1007/s11427-020-1661-4>)
- [3] Elaziz, M. A., Hosny, K. M., Salah, A., Darwish, M. M., Lu, S., & Sahlol, A. T. (2020). New machine learning method for image-based diagnosis of COVID-19. *Plos one*, 15(6), e0235187. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0235187>)
- [4] Yadav, M., Perumal, M., & Srinivas, M. (2020). Analysis on novel coronavirus (COVID-19) using machine learning methods. *Chaos, Solitons & Fractals*, 139, 110050. (<https://doi.org/10.1016/j.chaos.2020.110050>)
- [5] Apostolopoulos, I. D., & Mpesiana, T. A. (2020). Covid-19: automatic detection from x-ray images utilizing transfer learning with convolutional neural networks. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 1. (<https://doi.org/10.1007/s13246-020-00865-4>)
- [6] de Moraes Batista, A. F., Miraglia, J. L., Donato, T. H. R., & Chiavegatto Filho, A. D. P. (2020). COVID-19 diagnosis prediction in emergency care patients: a machine learning approach. *medRxiv*. (<https://doi.org/10.1101/2020.04.04.20052092>)
- [7] Yavaş, M., Güran, A., & Uysal, M. Covid-19 Veri Kümesinin SMOTE Tabanlı Örnekleme Yöntemi Uygulanarak Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 258-264. (<https://doi.org/10.31590/ejosat.779952>)
- [8] Ahmad, A., Garhwal, S., Ray, S. K., Kumar, G., Malebary, S. J., & Barukab, O. M. (2020). The number of confirmed cases of covid-19 by using machine learning: Methods and challenges. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 1-9. (<https://doi.org/10.1007/s11831-020-09472-8>)
- [9] Einstein Data4u, E. Hospital Israelita Albert Einstein, Sao Paulo, Brazil. Diagnosis of Covid-19 and its clinical spectrum, URL: <https://www.kaggle.com/einsteindata4u/datasets>, (accessed 08/10/2020)
- [10] Yildirim, P. (2016). Pattern classification with imbalanced and multiclass data for the prediction of albendazole adverse event outcomes. *Procedia Computer Science*, 83, 1013-1018. (<https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.04.216>)
- [11] Chawla, N. V., Bowyer, K. W., Hall, L. O., & Kegelmeyer, W. P. (2002). SMOTE: synthetic minority over-sampling technique. *Journal of artificial intelligence research*, 16, 321-357. (<https://doi.org/10.1613/jair.953>)
- [12] Hernandez, J., Carrasco-Ochoa, J. A., & Martínez-Trinidad, J. F. (2013, November). An empirical study of oversampling and undersampling for instance selection methods on imbalance datasets. In *Iberoamerican Congress on Pattern Recognition* (pp. 262-269). Springer, Berlin, Heidelberg. (https://doi.org/10.1007/978-3-642-41822-8_33)
- [13] Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter*, 11(1), 10-18. (<https://doi.org/10.1145/1656274.1656278>)
- [14] Freund, Y., & Mason, L. (1999, June). The alternating decision tree learning algorithm. In *icml* (Vol. 99, pp. 124-133).
- [15] Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32. (<https://doi.org/10.1023/A:1010933404324>)
- [16] Buettner, R., Sauer, S., Maier, C., & Eckhardt, A. (2015, January). Towards ex ante prediction of user performance: a novel NeuroIS methodology based on real-time measurement of mental effort. In *2015 48th Hawaii International Conference on System Sciences* (pp. 533-542). IEEE. (DOI: 10.1109/HICSS.2015.70)
- [17] A. ONAN, "Comparative Performance Analysis of Decision Tree Algorithms in the Corporate Bankruptcy Prediction", *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, vol. 8, no. 1, 2015. (<https://doi.org/10.17671/btd.36087>)
- [18] Quinlan, J. R. (1994). The minimum description length principle and categorical theories. In *Machine Learning Proceedings 1994* (pp. 233-241). Morgan Kaufmann. (<https://doi.org/10.1016/B978-1-55860-335-6.50036-2>)
- [19] Pradeep, K. R., & Naveen, N. C. (2016, December). Predictive analysis of diabetes using J48 algorithm of classification techniques. In *2016 2nd International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I)* (pp. 347-352). IEEE. (DOI: 10.1109/IC3I.2016.7917987)
- [20] Gama, J. (2004). Functional trees. *Machine learning*, 55(3), 219-250.
- [21] Hossin, M., & Sulaiman, M. N. (2015). A review on evaluation metrics for data classification evaluations. *International Journal of Data Mining & Knowledge Management Process*, 5(2), 1. (DOI: 10.5121/ijdkp.2015.5201).
- [22] Banerjee, A., Ray, S., Vorselaars, B., Kitson, J., Mamelakis, M., Weeks, S., ... & Mackenzie, L. S. (2020). Use of machine learning and artificial intelligence to predict SARS-CoV-2 infection from full blood counts in a population. *International immunopharmacology*, 86, 106705. (<https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.106705>).



Lityum Esaslı Piller İçin Veri Toplama Ve İşleme Sistem Tasarımı

Fatma Yıldırım Dalkıran^{1*}, Yusuf Kaya²

^{1*} Erciyes Üniversitesi, Havacılık Ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8663-241X), fatmay@erciyes.edu.tr

² Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2069-2078), yusuf.ky@gmail.com

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173993)

ATIF/REFERENCE: Yıldırım Dalkıran, F., Kaya, Y., (2022). Lityum Esaslı Piller İçin Veri Toplama Ve İşleme Sistem Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 34-40.

Öz

En basit tanımı ile kimyasal enerjiyi elektrik enerjisine çeviren pillerin kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Savunma sanayiden endüstriyel alana, bireysel kullanımdan toplumsal kullanıma kadar her alanda mobil teknolojilerin hızla gelişmesi, yüksek enerji yoğunluğuna, düşük hacme ve ağırlığa sahip depolama sistemlerinin önemini artırmıştır. 1990 yılına kadar kurşun asit, Ni-Cd ve Ni-MH altyapısına sahip depolama sistemleri yoğun olarak kullanılmakta iken mobil telefon alanında elde edilen hızlı teknolojik gelişmeler, daha hafif ve yüksek enerji yoğunluğuna sahip pil ihtiyacını ön plana çıkarmıştır. Bu konuda Li-Ion piller, mobil cihazlarda bir devrime sebep olmuş ve bu piller, mobilitenin önemli olduğu her alanda hızla yayılmıştır. Li-Ion piller sahip olduğu avantajlar ile yaygınlaşırken, diğer taraftan tehlikeli yönleri ile de endişeye sebep olmuştur ve kullanımında bir dizi önlemlerin alınması zorunluluğunu beraberinde getirmiştir. Önlemlerin belirlenmesi için ise kullanımda olan Li-Ion pillerin verilerinin toplanması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada deneysel düzenek kurularak, şarj ve deşarj esnasındaki pil verileri toplanmış ve işlenmiştir. Ayrıca farklı elektriksel ve sıcaklık şartları altında çalışan pillerin toplanan verileri, pil performansının belirlenmesinde ve kapasite seviyesinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Pil, Veri, Depolama, Enerji, Kapasite.

Data Collection and Processing System Design for Lithium Based Batteries

Abstract

With basic definition, batteries are energy storage systems that convert chemical energy into electrical energy. The usage areas of batteries are increasing day by day. The rapid development of mobile technologies in every field has increased the importance of storage systems with high energy density, low volume, and weight. Until 1990, lead acid, Ni-Cd and Ni-MH storage systems were used extensively. However, rapid technological developments in the field of mobile telephony have revealed the need for lighter and higher energy density batteries. Li-Ion batteries have revolutionized mobile devices in this area, and these batteries have spread rapidly in every field where mobility is important. On the other hand, they also caused concern with their dangerous aspects and a series of precautions had to be taken in their use. In order to determine the precautions, the data of the Li-Ion batteries in use should be collected and evaluated. In this study, battery data during charging and discharging by setting up experimental setup were collected and processed. In addition, data of batteries operating under different electrical and temperature conditions were collected. The collected data were used to determine battery performance and calculate capacity level.

Keywords: Battery, Data, Storage, Energy, Capacity

* Sorumlu Yazar: fatmay@erciyes.edu.tr

1. Giriş

Pil teknolojileri her geçen gün hayatın daha fazla içerisinde yer almaktadır. Telefonlarda, diz üstü bilgisayarlarda, tablet ve taşınabilir bütün cihazlarda olduğu gibi günümüzde şebeke seviyesinde depolama sistemleri olarak ev, ofis ve üretim sahalarında yaygın şekilde kullanılmaktadır. İnsan ve diğer canlıların yaşam alanlarında bu kadar yoğun kullanılan enerji depolama sistemlerinin davranışlarının analiz edilmesi, güvenli kullanım alanlarının ve sınırlarının belirlenmesi, ömür tahminlerinin yapılması önem arz etmektedir.

Günlük yaşamımızda olduğu gibi havacılık uygulamalarında da piller yoğun olarak kullanılmaktadır. Sabit kanat ve döner kanat olarak tanımlanan hava araçlarında, hacim ve ağırlık sınırlamalarından dolayı lityum esaslı piller tercih edilmektedir. Zor çalışma koşullarına sahip döner kanat ve çok motorlu drone'lar, sivil kullanımda, hobi uygulamalarında ve güvenlik güçlerinin saha operasyonlarında vazgeçilmez olmuşlardır. Ayrıca, bu hava araçlarının yer kontrol istasyonları da mobil olmakta ve enerjisi, lityum esaslı pillerden sağlanmaktadır. Söz konusu araçların uçuş süreleri ve manevra kabiliyetleri, piller ile doğrudan ilişkili olup sektörde önemli bir pazar payına sahiptirler.

Lityum pillerin şarj, deşarj ve bekleme esnasında gerilim, akım ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve pillerin kapasite hesaplamalarının yapılması ile ilgili literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan birinde veri toplama sistemi tasarlanmış ve bu sistem ile gerilim, akım ve ısı çiftlerinden elde edilebilecek her tip veri alınmış ve bu veriler, LCD ekranda gösterilmiştir. Aynı zamanda Ethernet, Modbus ve RS485 gibi farklı haberleşme protokolleri ile veri, bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Daogang ve ark., 2009). Li ve ekibi, yaptıkları çalışmada, pil verilerini toplayarak, pil ömür ve pil sağlık durumu tahminlerini yapmışlardır. Çalışmalarında, prognostik yöntemler kullanılarak yapılan tahminler ile pil ömür beklentilerinin önceden belirlenmesi sağlanmıştır (Li ve ark., 2019). Başka bir çalışmada mevcut teknikler ve gelecek trendler dikkate alınarak verisi toplanan bataryalar için durum tahmini yapılmak istenmiştir. Batarya durumu ile kastedilen parametreler, şarj durumu, enerji durumu, güç durumu, sıcaklık durumu, sağlık durumu ve güvenlik durumu olarak sıralanabilir (Hu ve ark., 2019). Bir diğer çalışmada fotovoltaiik sistemler için, düşük maliyetli, Labview tabanlı, veri toplama sistemi geliştirilmiştir. Sistem, sürekli olarak gerilim, akım ve güç değerlerini izlemiştir. Ayrıca veri toplama sistemi, gerçek test şartlarında karakteristiklerin elde edilmesine ve ortaya çıkan radyasyonun hesaplanmasına da imkân tanımıştır (Rezk ve ark., 2017). Haq ve ekibi ise doğrudan veri toplama sistem tasarımı yerine batarya yönetim sistem tasarımı konusuna odaklanmıştır (Haq ve ark., 2015). Söz konusu çalışmada, lityum demir fosfat tipi pillerin şarj durum ölçümü için akım sayma yöntemi ve pil dengeleme için de pasif dengeleme yöntemi kullanılmıştır. Başka bir çalışmada batarya ile benzer elektriksel parametrelere sahip olan solar sistemler için mikroişlemci tabanlı bir veri toplama sistemi tasarlanmıştır (Mukaro&Carelse, 1999). Çalışmada solar sistem üzerinden analog-dijital dönüştürücüler aracılığı ile toplanan veriler, bilgisayara aktarılmadan önce bir seri EEPROM hafızaya kaydedilmiş ve bütün parametrelerin ölçümleri tamamlandıktan sonra EEPROM hafızasındaki bilgiler, RS232 kullanılarak bilgisayar ortamına iletilmiştir.

Bu çalışmada Li-Ion pillerin muhtelif şartlar altında şarj ve deşarj karakteristikleri ortaya konulmuş ve analiz için veri tabanı

oluşturulmuştur. Analiz için temel oluşturacak verilerin toplanması için donanım tasarımı ve yazılımı geliştirme faaliyetleri yürütülmüştür. Tasarlanan donanım ile pilin elektriksel ve fiziksel değerleri elde edilmiş ve elde edilen değerler, bilgisayar ortamında hazırlanan bir yazılım ara yüzü ile gösterilerek, analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada gerilim, akım ve sıcaklık ölçüm yöntemleri ikinci bölümde yer almaktadır. Ayrıca bu bölümde veri toplama kartından ve hazırlanan bilgisayar yazılım arayüzünden de bahsedilmiştir. Üçüncü bölümde şarj/deşarj işlemlerinde veri toplama ve elde edilen deneysel sonuçlar ile pilin çevrim testi için veri toplama ve elde edilen sonuçları yer almaktadır. Son bölümde de elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

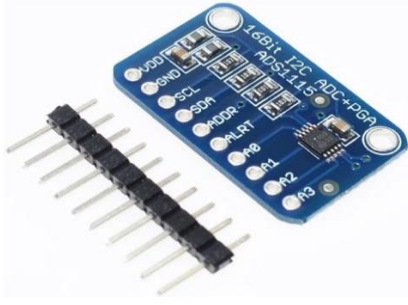
2.1. Ölçüm Yöntemleri

Pillerde veri toplama sistemleri, genel olarak akım, gerilim ve sıcaklık ölçüm sonuçlarını toplarlar. Performans ve kapasite tahmini gibi hesaplama ve öngörülerde bu üç temel ölçüm sonucuna ihtiyaç duyulur. Nem, basınç gibi fiziksel büyüklüklerinin de ölçülmesi ve kaydedilmesi mümkün iken bu çalışmada söz konusu değerlerin sabit kaldığı varsayılmıştır. Ölçümlerde elektriksel ve fiziksel değerlerin elde edilmesi için sensörler, dönüştürücüler, veri işleyici işlemci, kayıt için bilgisayar yazılımı ve veri tabanı kullanılmıştır. Sensör ve ölçüm modüllerinden elde edilen veriler, veri toplama ana kartına gönderilmiştir. Veri toplama ana kartı, UART protokolünü kullanarak USB bağlantı noktasından bilgisayara bağlanmaktadır. Bilgisayarın seri portuna iletilen ölçüm değerleri, bilgisayar yazılımı sayesinde alınmış ve bilgisayar ortamında işlenmiştir. Elde edilen verilerden öngörü ve tahminlerin çıkarılması için ise matematiksel modelleme yöntemi kullanılmıştır. Elde edilen veriler, bilgisayar yazılımı sayesinde Excel dosyasına kaydedilmiş ve grafiklere dönüştürülerek analiz altyapısı oluşturulmuştur.

3.6V nominal gerilime 3500mAh nominal kapasiteye sahip olan Li-Ion pilin şarjı, güç kaynağı ile, deşarjı ise elektronik yük ile yapılmıştır. Şarj ve deşarj işlemleri süresince veri toplama işlemi de gerçekleştirilmiştir. Gerilim ölçümü, ADS115 analog-dijital dönüştürücü modülü, akım ölçümü şönt direnci, sıcaklık ölçümü ise termistör kullanılarak yapılmıştır. Elde edilen ölçüm değerleri işlemci tabanlı veri toplama ana kartına, bu kartta kaydettiği ölçüm değerlerini bağlı olduğu bilgisayar yazılım arayüzüne göndermiştir. Bilgisayar yazılım arayüzü verileri, Excel dosyasına kaydederek, grafiklerinin çizdirilmesi sağlamıştır.

2.1.1. Analog-Dijital Dönüştürücü ile Gerilim Ölçüm Yöntemi

Pil geriliminin ölçülmesinde analog-dijital dönüştürücüler kullanılmıştır. Bu çalışmada kullanılan ve Şekil 1'de de gösterilen ADS1115 analog-dijital dönüştürücü modülü, gerilim seviyesini analog olarak ölçmektedir ve 16-bit ile dijital veriye dönüştürmektedir. 5V referans voltajı kullanıldığında $7,6295 \times 10^{-5}$ V hassasiyette gerilim ölçümü yapılabilmektedir. Haberleşme protokolü olarak I2C kullanılmıştır (MCU-Turkey, 2014).



Şekil 1. ADS1115 gerilim ölçüm modülü (Figure 1. ADS1115 voltage measurement module)

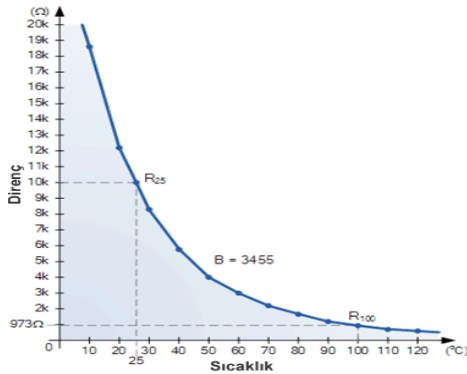
2.1.2. Şönt Direnci ile Akım Ölçüm Yöntemi

Bu yöntemde şönt direncinin taşıdığı akıma göre üzerinde genellikle mV mertebesinde bir gerilim meydana gelmektedir. Gerilimin bilinen sabit şönt direnci değerine bölünmesi ile akım hesaplanmaktadır. Direncin kutuplarında oluşan pozitif ve negatif gerilimin yönüne göre akımın şarj veya deşarj akımı olduğu diğer bir ifade ile akımın yönü tespit edilmektedir.

Şönt direnci üzerinden okunan analog gerilim değeri, analog-dijital dönüştürücü modülleri ile dijital veriye çevrilmekte ve veri toplama ana kartına iletilmektedir. Çevrim ve iletim belirli periyotlarla yapılmakta ve veri toplama sisteminin grafik oluşturmasında kullanılmaktadır (Wago, 2022).

2.1.3. Termistör ile Sıcaklık Ölçüm Yöntemi

Termistörler ile sıcaklık ölçümünün uygulamaları basit olmasından dolayı yaygın şekilde kullanılır. Termistör, 10K Ω , 100K Ω gibi birkaç değerde üretilmesine karşın, en yaygın kullanılan değeri, 10K Ω ' dur. NTC termistör direnç değeri, sıcaklığın yükselmesi ile düşer. Diğer bir ifade ile sıcaklık ile ters orantılı değişen bir direnç yapısına sahiptirler (EPOWER, 2022). Şekil 2' de termistörlerin tipik bir sıcaklık-direnç karakteristiği verilmiştir.



Şekil 2. 10K NTC için sıcaklık – direnç grafiği (Aydın, 2019) (Figure 2. Temperature-time graphic for 10K NTC(Aydın, 2019))

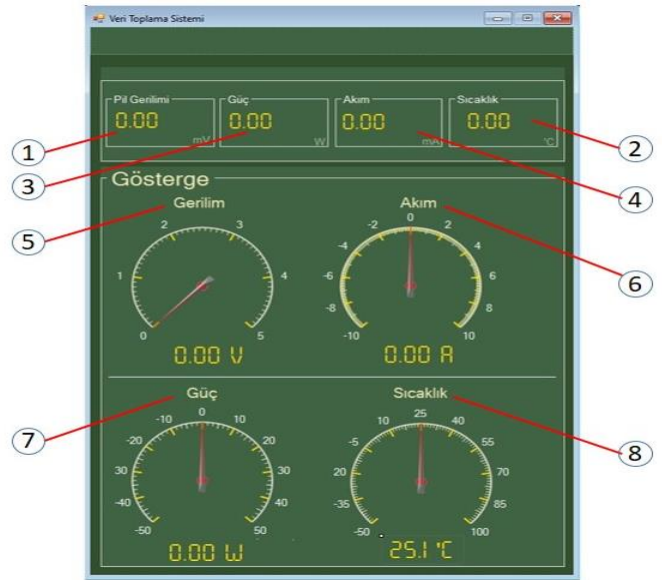
2.2. İşlemci Tabanlı Veri Toplama Kartı

Veri toplama kartı, yüksek performans ve hıza sahip ARM tabanlı işlemci modüldür. Üzerinde 128-Mbit SDRAM, 128-Mbit Quad-SPI flash hafıza, ses, mikrofon, USB, μ SD kart, Arduino Uno bulunmaktadır. Bu kart, 180MHz/225 DMIPS işlem hızı ve TFT ekran desteğine sahiptir (STMicroelectronics, 2022). Pilin şarj işlemi veya deşarj işlemi gerçekleşirken modüller tarafından gerilim, akım ve sıcaklık değerleri ölçülmektedir. Modüllerin aktif edilmesi ve hangi sıklıkla ölçüm yapılacağı, ARM tabanlı

işlemciye sahip veri toplama ana kartı tarafından belirlenmektedir (Wikipedia, 2022).

2.3. Hazırlanan Bilgisayar Yazılım Arayüzü

Bu çalışmada pilin şarjı ve deşarjı için deneysel düzenekler kurulmuş olup, bu düzenekten elde edilen verilerin bilgisayar ekranında gösterilmesi için Şekil 3' de verilen ve tanımlamaları Tablo 1' de yapılan, C# programlama dili ile geliştirilen yazılım arayüzü hazırlanmıştır. Hazırlanan arayüz sayesinde elde edilen veriler, kolay anlaşılır şekilde ekrana yansıtılmıştır. Veri toplama sürecinde veri toplama ana kartı ile bilgisayar ortamındaki arayüz yazılımı haberleşerek, modüllerden alınan ölçümler, bilgisayar ortamındaki yazılıma aktarılmıştır. Yazılım, aktarılan pil gerilim, akım ve sıcaklık verilerini bir Excel sayfasına veya kendi oluşturduğu veri tabanına kaydetmiştir. C# programlama dili ile geliştirilmiş olan bu yazılım, sadece veri toplama ana kartından aldığı ölçüm değerlerini değil, batarya yönetim sisteminden aldığı dinamik verileri de gösterebilmektedir.



Şekil 3. Hazırlanan yazılım arayüzü (Figure 3. The prepared software interface)

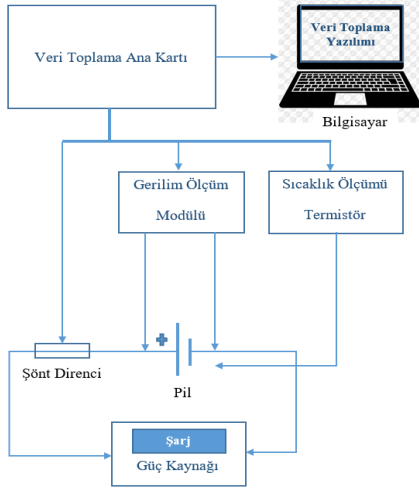
Tablo 1. Yazılım Arayüzündeki Tanımlamalar (Table 1. Descriptions in the software interface)

No	Özellik	Tanım
1	Gerilim	Pilin Anlık Gerilim Değeri
2	Sıcaklık	Pil Sıcaklığı
3	Güç	Şarj/Deşarj Gücü
4	Akım	Şarj/Deşarj Akımı
5	Gerilim Göstergesi	Pil Gerilimi İçin Kadranlı Gösterge
6	Akım Göstergesi	Şarj/Deşarj Akımı İçin Kadranlı Gösterge
7	Güç Göstergesi	Şarj/Deşarj Gücü İçin Kadranlı Gösterge
8	Sıcaklık Göstergesi	Pil Sıcaklığı İçin Kadranlı Gösterge

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

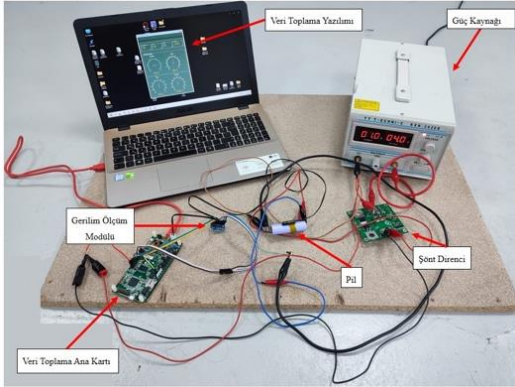
3.1. Şarj İşleminde Veri Toplama ve Elde Edilen Deneysel Sonuçlar

Li-Ion pillerin şarj edilmesinde birkaç yöntem olmasına rağmen genel olarak sabit akım/sabit gerilim şarj yöntemi kullanılmaktadır. Pillerin şarjı için Şekil 4’ de verilen blok şema, Şekil 5’ de gösterilen deneysel şarj düzeneğinin oluşturulmasında referans olarak kullanılmıştır (Kaya, 2022:60).



Şekil 4. Veri toplama sisteminin şarj için blok şeması (Figure 4. Block diagram of data acquisition system for charging)

Güç kaynağı, şarj cihazı olarak kullanılmış ve çıkış değerleri 4.2V ve 1A’ e ayarlanmıştır (Engineers Edge, 2022). Şarj süresince akım, gerilim ve sıcaklık ölçüm değerleri bir Excel dosyasına kaydedilmiştir.

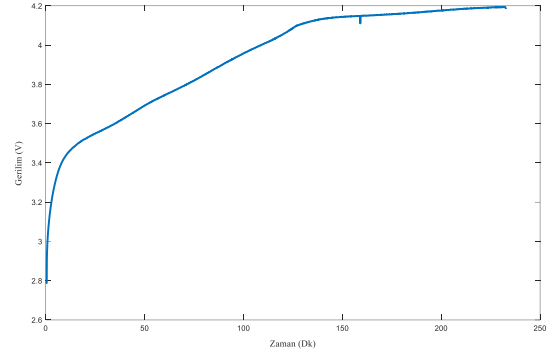


Şekil 5. Şarj esnasında akım, gerilim ve sıcaklık ölçümü için kurulan deneysel düzenek (Figure 5. Experimental setup for measurement of current, voltage and temperature during charging)

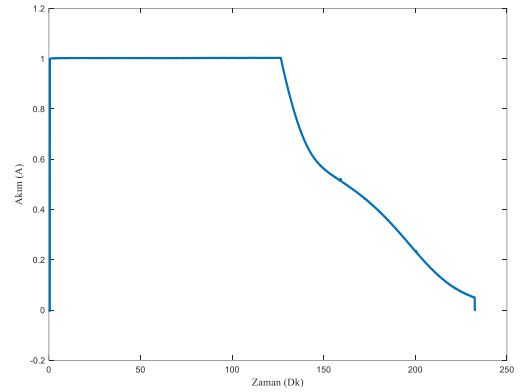
Li-Ion pilin şarj esnasındaki akım, gerilim ve sıcaklık ölçüm değerleri, Şekil 5’ de gösterilen deneysel düzenden alınmıştır. Şekil 6, şarj esnasında zamana göre gerilimin değişim grafiğini göstermekte olup, bu grafikte şarjın iki aşamadan oluştuğu görülmektedir. Sabit akım uygulandığı süreçte gerilimin yükselişte olduğu, sabit gerilim aşamasında ise gerilimin sabit kaldığı görülmüştür.

Şarj esnasında akımın zamana göre değişim grafiği Şekil 7’ de verilmiş olup, grafikte akım, ilk aşamada sabit kalmış, ikinci

aşamaya geçildiğinde gerilimin sabitlenmesi ile akım düşmeye başlamıştır.



Şekil 6. Li-Ion pilin şarj esnasında zamana göre gerilimin değişim grafiği (Figure 6. The voltage versus time variation graphic of Li-Ion battery during charging)



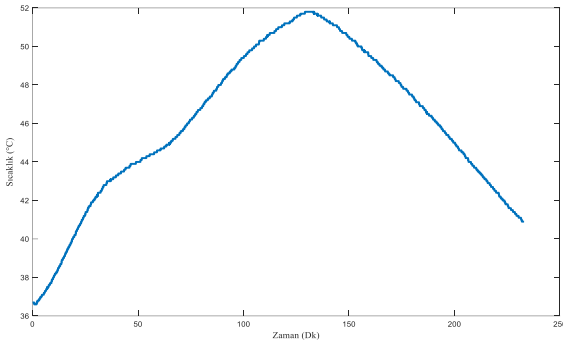
Şekil 7. Li-Ion pilin şarj esnasında zamana göre akımın değişim grafiği (Figure 7. The current versus time variation graphic of Li-Ion battery during charging)

Sıcaklık ölçümü için Şekil 8’ de gösterilen bağlantı şekli kullanılmış olup, termistör, pile ısı ölçüm doğruluğunu artırmak için geniş yüzeyden temas ettirilmiştir. Bu düzenden elde edilen verilerle oluşturulan grafik Şekil 9’ da yer almaktadır. Grafikte görüldüğü gibi akımın sabit ve en yüksek olduğu ilk aşamada pil sıcaklığı da yükselmeye başlamıştır. Gerilimin sabitlenmesi ve akımın düşmesi ile pil sıcaklığı da düşmüştür.

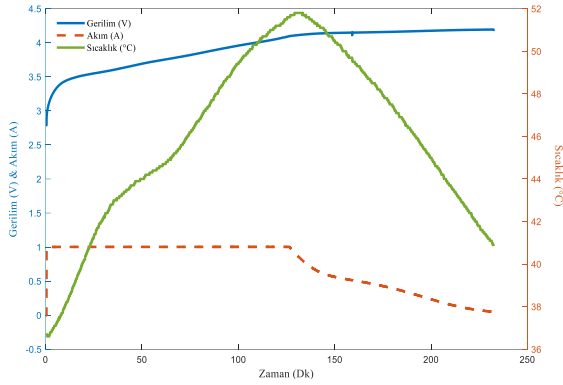


Şekil 8. Termistörün Li-Ion pil yüzeyine bağlantı şekli (Figure 8. Connection of thermistor to Li-Ion battery surface)

Şarj süresince akım, gerilim ve sıcaklık ölçümlerinden elde edilen verilerin birlikte gösterimi Şekil 10’ da verilmiştir. Akım, gerilim ve sıcaklık değerlerinin birbirlerine göre durumunu görmek ve analiz etmek bakımından önemli bir grafikdir. Şarjın ilk aşamasında akımın yüksek ve sabit olması, gerilimin ve sıcaklığın yükselişte olması, ikinci aşamada ise akımın ve sıcaklığın düşüşe geçerek gerilimin sabit kalması dikkat edilmesi gereken bir husustur.



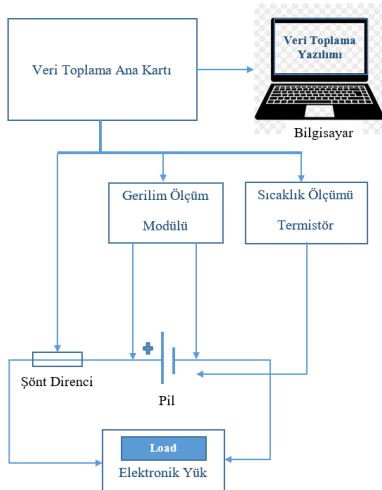
Şekil 9. Li-Ion pilin 1A/4.2V ile şarjı esnasında zamana göre sıcaklığın değişim grafiği (Figure 9. The temperature versus time variation graphic of Li-Ion battery with 1A/4.2V during charging)



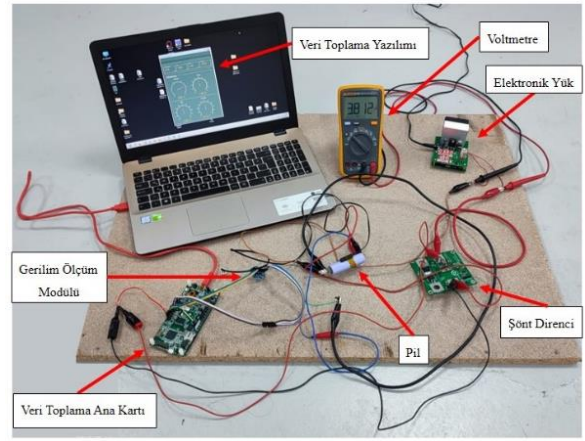
Şekil 10. Li-Ion pilin şarj esnasında gerilim, sıcaklık ve akım değerlerinin zamana göre değişim grafiği (Figure 9. The voltage, temperature and current versus time variation graphic of Li-Ion battery during charging)

3.2. Deşarj İşleminde Veri Toplama ve Elde Edilen Deneysel Sonuçlar

Piller, akım, güç, sabit gerilim ve direnç ile deşarj edilebilirler (Battery University, 2021). Söz konusu yöntemlerden akım ve güç ile deşarj yöntemi en çok kullanılanlardır. Bu çalışmada deşarj işlemi için akım ile deşarj özelliğini sağlayacak elektronik yük tercih edilmiş ve elektronik yük çıkışı bir pil için gerekli olan değerlere ayarlanmıştır. Pilin deşarjı için Şekil 11’de verilen blok şema, Şekil 12’de yer alan deşarj düzeneğinin oluşturulmasında kullanılmıştır (Kaya, 2022:60).

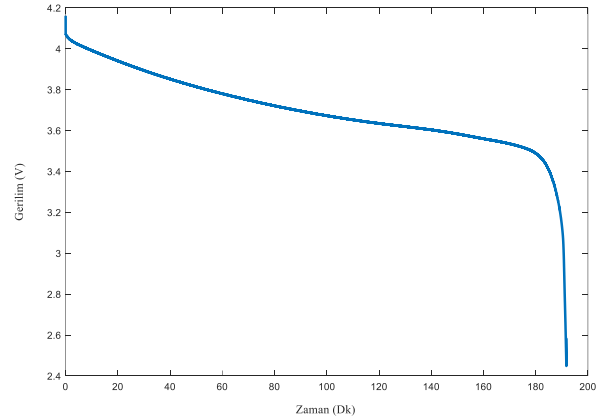


Şekil 11. Veri toplama sisteminin deşarj için blok şeması (Figure 11. Block diagram of data acquisition system for discharging)
e-ISSN: 2148-2683



Şekil 12. Deşarj esnasında akım, gerilim ve sıcaklık ölçümü için kurulan deneysel düzenek (Figure 12. Experimental setup for measurement of current, voltage and temperature during discharging)

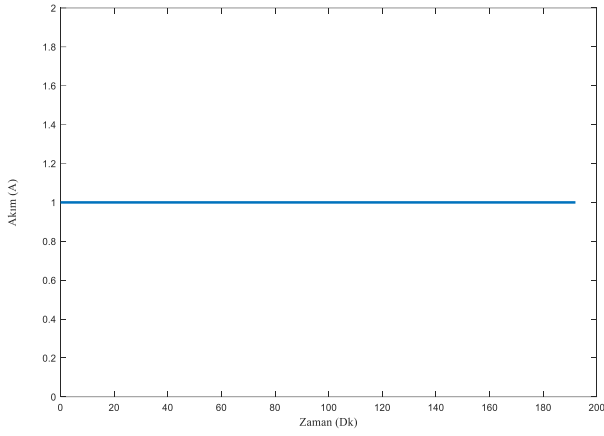
Elektronik yük, pili deşarj etmekte kullanılmış ve yük değeri sabit akım olarak 1A’ e ayarlanmıştır. Deşarj süresince akım, gerilim ve sıcaklık ölçüm değerleri bir Excel dosyasına kaydedilmiştir. Kaydedilen değerlerden elde edilen gerilimin zamana göre değişim grafiği Şekil 13’de verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere deşarjın başlaması ile pilde anlık gerilim düşüşü olmuş ve 4.05V seviyesinden sonra genel olarak yatay bir grafik elde edilmiştir. Pil, deşarj süresince en uzun süre olarak ortalama 3.6V nominal gerilim seviyelerinde kalmıştır.



Şekil 13. Li-Ion pilin 1A ile deşarjı esnasında zamana göre gerilimin değişim grafiği (Figure 13. The voltage versus time variation graphic of Li-Ion battery with 1A during discharging)

Deşarj işlemi, 2.5V seviyesinde sonlandırılmış olup deşarj süresi, 192 dakika olarak ölçülmüştür. 192 dakika 3.2 saate karşılık gelmekte olup deşarj kapasitesi 3200mAh olarak hesaplanmıştır. Bu deşarj kapasite değeri, C (Kapasite)= I (Akım) x H (zaman) formülü kullanılarak bulunmuştur. Şekil 14’de deşarj süresince sabit kalan deşarj akımının zamana göre değişimi yer almaktadır. Sabit akım ile deşarj, kapasite hesaplamalarında kolaylık sağladığından genellikle kullanılan bir yöntemdir.

Deşarj işleminde sıcaklık ölçümü için Şekil 8’deki bağlantı şekli kullanılmıştır. Deşarj esnasında sıcaklığın değişim grafiği Şekil 15’de gösterilmiş olup, bu grafikte deşarjın ilk başladığı anda sıcaklığın hızla yükseldiği görülmektedir. Daha sonra sıcaklık, kısa bir süre yatay seyir izledikten sonra deşarj sonuna yaklaşırlarken tekrar yükselişe geçmiştir.



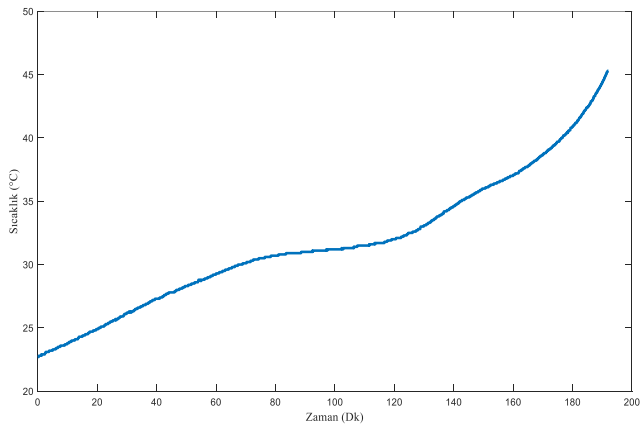
Şekil 14. Li-Ion pilin 1A ile deşarjı esnasında zamana göre akımın değişim grafiği (Figure 14. The current versus time variation graphic of Li-Ion battery with 1A during discharging)

3.3. Pilin Çevrim Testi İçin Veri Toplama ve Elde Edilen Sonuçlar

Piller için kapasite ölçümü deşarj işlemi yapılmaktadır. Veri toplama çalışması süresince kapasite ölçümü pillere sürekli uygulanmış ve bu sayede ömür testleri de yapılmıştır. Bir tam şarjı takip eden tam bir deşarj işlemi, bir çevrim olarak tanımlanmaktadır (Wenzl, 2009). Çevrim işlemi, pilin nominal kapasitesinin %60' ına düşünceye kadar sürmektedir (Garcia, 2021). %60 kapasiteye erişildiğinde elde edilen çevrim sayısı, pilin çevrim ömrü olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışma kapsamında kullanılan pil, kullanım ömrünün sonu olan %60 kapasiteye kadar çevrim ömrü testine tabi tutulmuştur. Çevrim ömrünün deneysel sonuçlarından elde edilen gerçek eğri, MATLAB' ın eğri uydurma yönteminden elde edilen eğri ile kıyaslanmıştır ve Şekil 16' da gösterilmiştir.

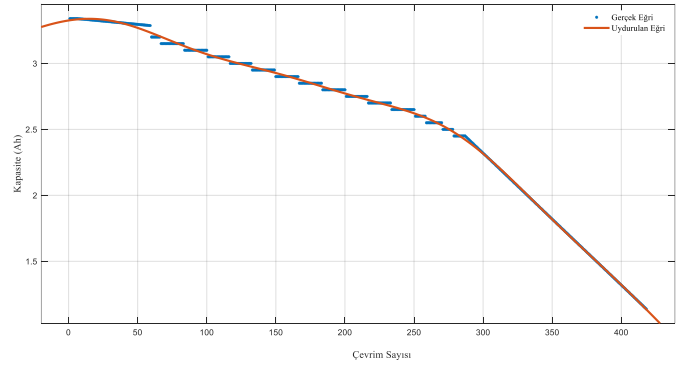
MATLAB' da eğri uydurma yöntemi, eğri uydurma toolbox' ı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçek verilerin giriş olarak kullanıldığı bu yöntemde uydurulan eğrinin elde edilen denklemi aşağıda yer almaktadır.

$$f(x)=3.538\sin(0.00378x+1.295)+0.3965\sin(0.008261x+3.597)+0.08917\sin(0.02318x+1.495)+0.01737\sin(0.04904x+0.3885) \quad (1)$$



Şekil 15. Li-Ion pilin 1A ile deşarjı esnasında zamana göre sıcaklığın değişim grafiği (Figure 15. The temperature versus time variation graphic of Li-Ion battery with 1A during discharging)

Gerçek verilerden elde edilen eğri ile uydurulan eğri arasındaki ortalama karesel hata, 0,00022 olarak hesaplanmıştır. Şekil 16' daki grafikte ilk elde edilen kapasite değeri 3200mAh' dir. Takip eden yaklaşık 60 çevrimde başlangıç kapasitesine yakın bir değer elde edilmiştir. 60 çevrimden sonra elde edilen kapasite değeri düşmeye başlamış ve 290 çevrime kadar lineer sayılabilecek bir düşüş eğimi elde edilmiştir. Takip eden çevrimlerde ise elde edilen kapasitede düşüş hızı artmıştır.



Şekil 16. Li-Ion pilin 700mA (0.2C) ile deşarjı işleminde çevrim sayısına göre kapasitenin değişim grafiği (Figure 16. The capacity versus cycle number variation graphic of Li-Ion battery with 700mA (0.2C) during discharging)

4. Sonuç

Lityum pillerin şarj, deşarj ve bekleme esnasında gerilim, akım ve sıcaklık değerlerinin ölçülmesi ve pillerin kapasite hesaplamalarının yapılması ile ilgili literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların birçoğu hazır Labview yazılımı kullanılarak yapılmıştır ve bu çalışmalarda genel olarak veri toplama sistemi çalışmalarında yenilenebilir enerji sistemlerinin takip edilmesi hedeflenmiştir. Literatür çalışmalarına kıyasla bu çalışmada kurulan deneysel düzenekler ile lityum pillerin şarj ve deşarj esnasındaki gerilim, akım ve sıcaklık değerleri ölçülmüştür. Geliştirilen veri toplama sistemi ile çok daha fazla sayıda veri kaydedilmiş ve bu verilerden grafikler elde edilmiştir. Sistemden elde edilen bu veriler ile lityum pillerin kapasiteleri de hesaplanmıştır. Ayrıca, bu çalışmada veri toplama sistemine bir yazılım arayüzü hazırlanmış ve bu arayüz, verilerin anlık alınmasını ve takip edilmesini kolaylaştırmıştır. Söz konusu arayüz, donanımsal olarak elde edilen gerilim, akım, sıcaklık ve güç değerlerinin bilgisayar ekranında gösterilmesini ve veri tabanına kaydedilmesini sağlamıştır. Geliştirilen yazılım arayüzünde sadece veri toplama ana kartı ile değil, batarya yönetim sistemleri ile haberleşme altyapısı da oluşturulmuştur.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından FYL-2020-10353 proje kodu ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Aydın, M. (2019). Termistör Nedir & Nasıl Çalışır. Erişim adresi <https://www.derstagram.com/termistor-nedir-nasil-calisir/>
- Battery University (2021). BU-501a: Discharge characteristics of Li-ion. Erişim adresi <https://batteryuniversity.com/article/bu-501a-discharge-characteristics-of-li-ion>

- Daogang, P., Zhang, H., Zhang, K., Li, H., & Xia, F. (2009). Research and development of the remote I/O data acquisition system based on embedded ARM platform. *International Conference on Electronic Computer Technology*, (341-344. ss), Macau, China.
- EEPOWER (2022). NTC thermistor. Erişim adresi <https://eepower.com/resistor-guide/resistor-types/ntc-thermistor/#>
- Engineers Edge (2022). Float charging – battery. Erişim adresi https://www.engineersedge.com/battery/float_charging.htm
- Garcia, L.J. (2021). *Cubesat Handbook: From Mission Design to Operations-Electric Power Systems*, Academic Press, 185-197.
- Haq, N.I., Saputra, R.H., Edison, F., Kurniadi, D., Leksono, E., & Yulianto, B. (2015). State of charge (SoC) estimation of LiFePO₄ battery module using support vector regression. *Proceedings of the Joint International Conference on Electric Vehicular Technology and Industrial, Mechanical, Electrical and Chemical Engineering (ICEVT & IMECE)*, (16-21. ss), Surakarta, Indonesia.
- Hu, X., Feng, F., Liu, K., Zhang, L., Xie, J., & Liu, B. (2019). State estimation for advanced battery management: Key challenges and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 114.
- Kaya, Y. (2022). *Lityum esash piller için veri toplama ve işleme sistem tasarımı*, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Li, Y., Liu, K., Foley, M.A., Zülke, A., Berecibar, M., Nanini-Maury, E., Miero, J.V., & Hoster, H.E. (2019). Data-driven health estimation and lifetime prediction of lithium-ion batteries: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 113.
- MCU-Turkey (2014). ADC (Analog Digital Converter) kullanımı üzerine. Erişim adresi <https://www.mcu-turkey.com/adc-kullanimi-uzerine/>
- Mukaro, R., & Carelse, X.F. (1999). A microcontroller-based data acquisition system for solar radiation and environmental monitoring. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 48, 1232-1238.
- Rezk, H., Tyukhov, I., Al-Dhaifallah, M., & Tikhonov, A. (2017). Performance of data acquisition system for monitoring PV system parameters. *Measurement*, 104, 204-211.
- STMicroelectronics (2022). STM32 32-bit Arm Cortex MCUs. Erişim adresi <https://www.st.com/en/microcontrollers-microprocessors/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus.html>
- Wago (2014). Akım ölçümü için geliştirilmiş 4 etkin yöntem. Erişim adresi <http://blog.wago.com.tr/akim-olcumu-icin-gelistirilmis-4-etkin-yontem/>
- Wenzl, H. (2009). Batteries-Capacity. *Encyclopedia of Electrochemical Power Sources*, 395-400.
- Wikipedia (2022). STM32. Erişim adresi <https://en.wikipedia.org/wiki/STM32>



Örnek Bir Sis Farında LED Soğutulmasında Özgün Tasarım ve Kanatçıklı Yapılı Doğal Taşınımın Zorlanmış Taşınım ile Nümerik Karşılaştırılması

M. Emre Bayraktar¹, İrfan Karagöz², K. Furkan Sökmen^{3*}, Erol Kocabıyık⁴, Mehmet Mercan⁵, Ali Ergin⁶

Bosch Sanayi ve Ticaret A.Ş., (ORCID: 0000-0001-6164-6447), emrbayraktar@gmail.com

²Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7442-2746), karagoz@uludag.edu.tr

^{3*} Bursa Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri ve Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8647-4861), furkan.sokmen@btu.edu.tr

⁴Feka Otomotiv Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1573-0693), erol.kocabiyik@fekaautomotive.com,

⁵Feka Otomotiv Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9066-9490), mehmer.mercan@fekaautomotive.com

⁶Rubida Mühendislik Enerji Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1682-6961), ali.ergin@rubida.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173709)

ATIF/REFERENCE: Bayraktar, M. E., Karagöz, İ., Sökmen, K. F., Kocabıyık, E. Mercan, M. & Ergin, A.. (2022). Örnek Bir Sis Farında LED Soğutulmasında Özgün Tasarım ve Kanatçıklı Yapılı Doğal Taşınımın Zorlanmış Taşınım ile Nümerik Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 41-48.

Öz

Aydınlatma ürünlerinde kullanılan elektronik bileşenler ve LED'ler estetik kaygılara ve tasarıma bağlı olarak giderek daha sınırlı hacimlerde çalışmaya başlamıştır. Bu durum LEDlerden giderek daha yüksek ışık şiddeti talep edilmesine yol açmıştır. Bu da LED'lerin çalışma sıcaklığının yükselmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden yüksek güçlerde çalışan LED'ler için ısı yönetim konusu önemli hale gelmiştir. LED'lerin soğutulmasında ısı kanatçığı kullanılarak doğal taşınım yönteminden sıkça yararlanılabilmektedir Ancak sis farı gibi ürünlerde hacmin küçülmesi doğal taşınım yöntemini yetersiz bırakmaktadır. Böyle durumlarda zorlanmış taşınım alternatif bir çözümdür. Bu çalışmada örnek bir sis farında doğal taşınım ve zorlanmış tasarım karşılaştırılması nümerik olarak yapılmıştır. Doğal taşınımında sis farında dış havadan faydalanacak şekilde kanatçıklı tasarım ve hiçbir tasarım değişikliğinin olmadığı doğal taşınım çözümlenmesi yapılırken zorlanmış tasarımda fan tanımı ile 10 m/s'lik hava hızı oluşturularak analiz sonuçları alınmıştır. Ayrıca farklı fan hızlarında ısı tranfer katsayısı ve sıcaklık sonuçları alınmış ve literatürle doğrulanmıştır. Çalışmada analizlerimiz farklı bir geometri üzerinde testlerle doğrulanarak yapılmıştır. Analizlerde eleman sayısından bağımsızlık çalışması yapılmıştır. Nümerik analizler ANSYS 2022 R2 yazılımı ile yapılmıştır. Zorlanmış taşınımında farklı fan hızları içinde sonuçlar alınmıştır. Zorlanmış taşınımında elde edilen sonuçlar literatürle doğrulanırken. Özgün tasarım ve kanatçık ile LED soğutulmasında zorlanmış taşınım performansının yakalandığı hatta kanatçık etkisi ile daha iyi sonuçlar elde edildiği tespit edilmiştir. Doğal taşınımında LED T_j sıcaklığı 170 °C iken zorlanmış taşınımında 149 °C fakat tasarım değişikliği ve kanatçık ilavesi ile T_j değeri doğal taşınımında 133 °C'ye kadar düşürülebildiği çalışmada tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: LED soğutması, Doğal taşınım, Zorlanmış Taşınım, Nümerik Analiz, CFD, Kanatçık, Tasarım.

Numerical Comparison of Original Design and Finned Natural Convection with Forced Convection in LED Cooling in a Sample Fog Light

Abstract

Electronic components and LEDs used in lighting products have started to work in more and more limited volumes due to aesthetic concerns and design. This has led to the demand for increasingly higher luminous intensity from LEDs. This causes the operating temperature of the LEDs to increase. Therefore, thermal management has become important for LEDs operating at high power. Natural convection method can be used frequently by using heat fins for cooling LEDs. In such cases, forced convection is an alternative solution. In this study, the comparison of natural convection and forced design in a sample fog light was made numerically. In natural

* Sorumlu Yazar: furkan.sokmen@btu.edu.tr

convection, the design with fins to benefit from the outside air in the fog lights and the natural convection analysis where there is no design change, the analysis results were obtained by creating the fan definition in the forced design and the air velocity of 10 m/s. In addition, the heat transfer coefficient and temperature results at different fan speeds were obtained and verified with the literature. In the study, our analyzes were carried out by verifying with tests on a different geometry. In the analysis, independence from the number of elements was studied. Numerical analyzes were performed with ANSYS 2022 R2 software. Results were obtained at different fan speeds in forced discharge. While the results obtained in forced transport are confirmed by the literature. It has been determined that the forced convection performance is achieved in LED cooling with the original design and fin, and even better results are obtained with the fin effect. It has been determined in the study that while the LED T_j temperature is 170 °C in natural convection, it is 149 °C in forced convection, but with the design change and the addition of fins, the T_j value can be reduced to 133 °C in natural convection.

Keywords: LED cooling, Natural convection, Forced Convection, Numerical Analysis, CFD, Fin, Design.

1. Giriş

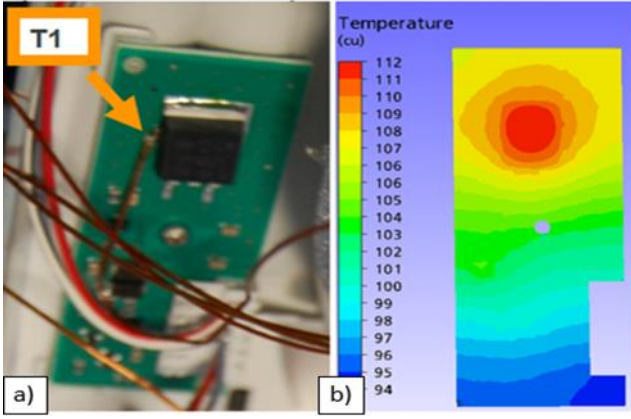
LED'ler sahip oldukları yüksek verimlilikleri, uzun ömürlü olmaları ve düşük güç tüketimleri gibi önemli avantajları sayesinde günümüzde birçok aydınlatma uygulamalarında kullanım alanı bulmuştur (Mills, 2003). Cep telefonlarının ekran aydınlatması, LCD ekranların aydınlatılması, büyük işaret lambaları ve göstergeler ve otomobil iç ve dış aydınlatma üniteleri kullanım alanlarına örnek verilebilir. Günümüzde LED'lerden giderek daha yüksek ışık şiddeti elde edilmek istenmektedir. Böyle bir sistemden yüksek verim elde edilebilmesi için de optik ve termal tasarım giderek önemli hale gelmektedir. Üretilen ısı verimli bir yöntemle uzaklaştırılmadığı sürece LED'lerdeki ışık yayma verimliliği düşecektir. LED'in çalışma sıcaklığı düşürüldüğünde ise daha yüksek verim elde edilecektir. Ancak artan talepler doğrultusunda daha yüksek güç tüketen LED'ler daha küçük hacimler içerisinde kullanılmak istenmektedir. Bu da LED'ler için ısı tasarımı zorlaştırmaktadır (Lui ve diğ., 2016). Arık ve diğ. (2006) LED'lerde meydana gelen ısı problemleri anlamak için sonlu elemanlar yöntemini kullanarak LED üzerindeki bölgesel sıcak noktaların etkisini incelemişlerdir [3]. Arık ve diğ. (2006) LED'lerin sistem düzeyinde ısı tasarımını araştırdığı diğer çalışmada ise farklı malzemeden üretilmiş LED'lerin termal performanslarını incelemişlerdir. Yüksek iletim katsayısına sahip malzeme olan silisyum karbürün, safire göre 2 kat daha iyi ısı performansına sahip olduğu bulunmuştur (Arık ve diğ., 2006). Bir diğer çalışmada ısı dağıtıcısına sahip LED'li spot modülü geliştirmişlerdir. Doğal taşınım ile soğutma yapılan bu çalışmada silindirik boruda dikey kanatlara sahip ısı dağıtıcısı kullanılarak LED'in konumlandırılma problemi çözülmüştür (James, 2013). Bir diğer çalışmada doğal taşınım ile soğutmanın olduğu LED'li bir sistemde PCB'nin değişik açılarda bulunmasının ısı transferi üzerindeki etkisini incelemişlerdir (Yung ve diğ., 2010). Bazı araştırmacılar termoelektrik soğutucu kullanarak LED soğutma sistemi tasarımlarını incelemişlerdir. Literatürde başka bir çalışmada termoelektrik soğutucuya sahip sistemi ısı dağıtıcısı ve fan bulunan soğutma sistemi ile karşılaştırılmıştır (Daliang, 2010). Buna göre termoelektrik soğutucunun, ısı dağıtıcısı ve fan içeren sisteme göre hava hızının 3,6m/s olduğu durumda ve LED gücünün 35W'dan az olduğu durumlarda daha verimli olduğu görülmüştür (Chun ve diğ., 2007). Termoelektrik soğutucu kullanılan bir diğer çalışmada ise silikon esaslı termoelektrik soğutucu bulunan LED soğutma sisteminin ısı direnci düşüreceği görülmüştür (Yi, 2017). LED'li sistemlerde ısı tasarım yapılırken sonlu elemanlar yönteminden sıklıkla yararlanılmıştır. Sonlu elemanlar yöntemini kullanarak yaptıkları çalışmada 10 adet LED, PCB'nin arkasında kapalı bir hacim ve dikey kanatçıkların bulunduğu bir sistemde farklı ısı taşınım katsayıları ile ısı dağılımının değişimini incelemişlerdir. Isı taşınım katsayısını arttırmak için bir fanın kullanılmasıyla LED sıcaklığının düşürüldüğü görülmüştür (Yi, 2017). Sonlu elemanlar yönteminin kullanıldığı bir diğer çalışmada ise ısı

dağıtıcısında bulunan kanatçıkların sayısı, genişlikleri ve uzunluklarının ısı tasarıma etkisi araştırılmıştır. Bu çalışmaya göre kanatçıkların uzunlukları artırıldığında LED sıcaklığının düştüğü, ancak kanatçık kalınlığı artırıldığında ise arttığı görülmüştür. Kanatçık sayısı ve uzunluğunun artırılmasıyla LED sıcaklığının belirli bir değere kadar düşürülebileceği ancak bu değerden sonra çok küçük değişiklik gözlemlendiği tespit edilmiştir (Yi, 2017). Jen (2009) çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak LED'li sistemlerin termal performanslarını araştırmıştır (Jen, 2009). Literatürde soğutma sisteminde akışkan olarak hava yerine sıvı kullanılan çeşitli çalışmalar da mevcuttur. Bu çalışmaların birinde çalışmada sıvı soğutmalı bir sistem geliştirmişlerdir. Yaptıkları karşılaştırmada hava ile soğutmanın yetersiz kalabildiğini göstermişlerdir. Çalışmada ısı verimi iyileştirebilmek için sıvı akışımı ve soğutma sisteminde kullandıkları ısı dağıtıcısını optimize etmişlerdir (Lai ve diğ., 2009). Su soğutmalı bir diğer sistemde ompa ile suyun sirkülasyonun sağlandığı sistemde LED'lerin bulunduğu yüzey ile temas edip ısınan su ısı dağıtıcısı ve fan yardımı ile soğutulmaktadır (Lui, 2012). Literatürde yapılan elektronik soğutma teknikleri üretim ve bakım maliyetleri göz önüne alındığında doğal taşınım ile soğutmanın ilk tercih olduğu yetersiz soğutmaya karşın fan ile zorlanmış taşınım metoduna başvurulduğu görülmektedir. Bu çalışmada örnek bir LED aydınlatma sisteminin zorlanmış taşınım ve doğal taşınım ile soğutulması incelenmiştir. Her iki soğutma sisteminden elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Ayrıca zorlanmış taşınım ile kullanılan fanın hızı artırılarak soğutma performansının etkileri inceleniş ve literatürle karşılaştırılmalı olarak verilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Doğrulama Çalışması

Yapılacak analizlerden önce çalışmada kullanılan LED'in aynısının kullanıldı farklı bir devre üzerinde analiz doğrulama çalışması yapılmıştır. Şekil.1'de görülen 1,3 W güce sahip LED üzerine bağlanan ve ölçüm parametreleri Tablo.1'de verilen K tipi termokupl (T1) Şekil.1 a'daki konuma bağlanmıştır. Şekil 2.a'daki iklimlendirme fırınında yapılan test ve analiz sonuçları Tablo.2'de verilmiştir.



Şekil 1 a) Led devresi b) Analiz doğrulama çalışması

Tablo 1 Ekipmanların çalışma aralıkları

Ekipman	Marka	Çalışma Aralığı °C	Hata
Climatic Oven	Angelantoni CST 157 2T	-80 +220	+/-0,1 °C
Thermometr	APPA-50	-40 +204	+/-2,2 °C
Thermocouples	Standart (K type)	0 1000	+/-2,2 °C

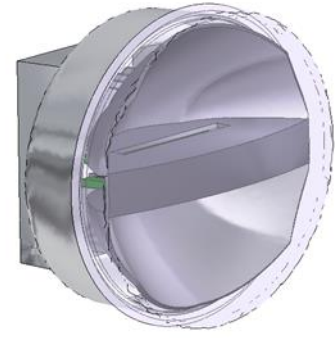


Şekil 2 a) İklimlendirme fırını b) Termometre

Tablo 2 Termokupl bağlanan noktadaki test ve analiz sonuçları

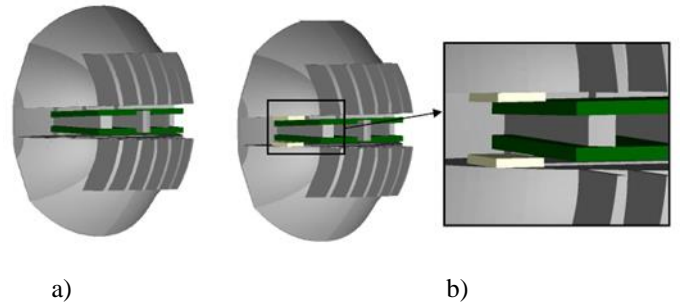
Test Temperature	CFD Result
110,45 °C	110-111 °C

Yapılacak analizlerde soğutulmak istenen LED, araçlarda yüksek güç gerektiren sis farı içinde konumlandırılmıştır. Genel manada sis farlarında klasik ampuller kullanılmaktadır. Sis farlarında kullanılan ampullerin güçleri yüksektir. Bu yüzden kullanılacak LED'in powerled olarak bilinen yüksek güce sahip LED olması gerekmektedir. Sis far geometrisi Şekil 3'de verilmiş olduğu gibi gövde, lens, reflektör ve iki adet baskılı devre kartından (PCB) oluşmaktadır.



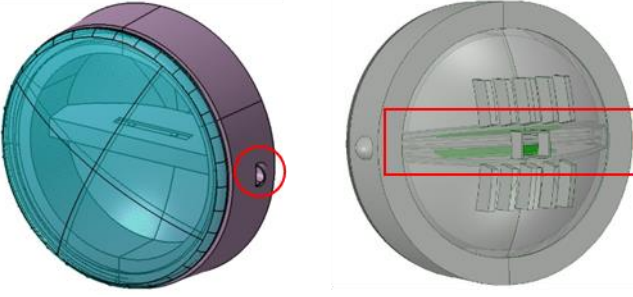
Şekil 3 Sis farının geometrisi

Gövde farın bütün iç komponentlerini taşıyan parçasıdır. Malzemesi krom kaplamalı PC-ABS'dir. Lens, şeffaf ve genellikle ampul kullanıldığında cam olarak üretilen fakat LED kullanımı ile plastikten üretilmesi planlanan parçadır. Bu çalışmada lens malzemesi PC olarak kabul edilmiştir. Reflektör, ışığın kontrollü olarak yol üzerine dağıtılmasını sağlayan parçadır. Malzemesi alüminyum seçilmiştir. Reflektörün arka bölümünde ısı transferinin olacağı toplam yüzey alanını arttırmak için kanatçıklar kullanılmıştır. PCB, LED'ler ile doğrudan temas halinde olan, LED devrelerini taşıyan ve iletimle ısı transferi ile sıcaklığı dağıtan önemli bir parçadır. Tasarımı yapılırken ısı transferi yüzey alanı göz önünde bulundurulmuştur. Gerçek uygulamada devre üzerinde bulunan sürücü entegreler, kondansatörler, dirençler ve diğer devre elemanlarının akış üzerindeki etkisinin çok küçük olduğu kabul edilerek geometrik tasarımda ihmal edilmiştir ve basitleştirilmiş PCB geometrisi kullanılmıştır. PCB malzemesi, çift tarafı bakır ile kaplanmış FR4 malzemedir. LED'ler basitleştirilerek ve OSRAM firmasına ait OSLO Black Flat modelindeki büyüklükler dikkate alınarak 2 boyutlu olarak tasarlanmıştır. Analizlerde 2 adet PCB ve her PCB'de 2 adet LED olmak üzere toplam 4 adet LED kullanılmıştır. Zorlanmış taşınım durumunun araştırıldığı analizlerde kullanılan fanlı tasarım Şekil 4 b'de görülmektedir. Burada kullanılan 12x12x2mm boyutlarındaki radyal fanlar PCB üzerinde LED'lerin bulunduğu yüzeye paralel yönde hava akımı oluşturmaktadırlar.



Şekil 4. (a) Fansız tasarım (b) Fanlı tasarıma ait görünüş

Ayrıca çalışmamızda zorlanmış taşınım alternatif olması hedeflenen Şekil 5 a'da görülen kırmızı daire işaretli kulakçıklardan araç hızıyla beraber dış havayı kapalı hacim içine alan yeni tasarım yapılmıştır. İçeri alınan hava Şekil 5 b'de kırmızı dikdörtgen içinde gösterilen PCB'lere temaslı tasarlanan kanatçıkların üzerinden akıtılmakta ve LED soğutması hedeflenmektedir.



Şekil 5 a) Yeni kulakçıklı tasarım b) Kanatçık tasarımı

2.2. Hesaplamalı Çalışma

Bu çalışmada analizi için ANSYS 2022 R2 genel amaçlı HAD ticari kodu kullanılmıştır. Doğal taşınım analiz için hacim içi laminer doğal taşınım, üç boyutlu ve sürekli rejimde hava akışı kabul edilmiştir. Far bileşenlerindeki iletim etkileri (conjugate effects) dikkate alınmıştır. Doğal taşınım için Boussinesq yaklaşımı, radyasyon etkilerinin dikkate alınmasında da Monte Carlo yaklaşımı kullanılmıştır. Zorlanmış taşınım analizde radyal fandan yararlanılmıştır. Fan momentum kaynağı olarak tanımlanmıştır. Akışta türbülans etkilerini hesaplayabilmek için SST türbülans modeli kullanılmıştır. Çözüm ağından bağımsızlık araştırması için yaklaşık 499523, 1102564, 2048621 ve 3086472 hücreye sahip 4 farklı çözüm ağı oluşturulmuştur. Her bir çözüm ağı için doğal taşınım durumu analizi yapılmıştır. Sonuçlar çözüm ağı karşılaştırma amacı için kullanılacağından zorlanmış taşınım durumu için bu analizlerin tekrar edilmesine gerek duyulmamıştır. Karşılaştırma, ısı transferi için kritik olan LED'ler üzerindeki sıcaklıklar değerlendirilerek yapılmıştır. Analizlerden elde sonuçlarda 2048621 eleman sayısından sonra LED sıcaklığının çok değişmediği tespit edilmiştir. Bu sebeple analizlerde yaklaşık 2.000.000 elemana sahip çözüm ağı kullanılmıştır. Şekil 6.a'da reflektör ve gövdenin üzerindeki yüzey elemanlarının gösterimi bulunmaktadır. Şekil 6.b'de ise hacim elemanları görülmektedir. Çalışmada çözüm ağı oluşturulurken hacimde tetrahedral tipi elemanlardan, yüzeyde ise üçgen elemanlardan yararlanılmıştır. Bunun temel sebebi geometrinin nispeten kompleks yapıda olması ve tetrahedral elemanlı çözüm ağının oluşturulmasının bu tip geometrilerde çok daha hızlı ve işlevsel olmasından kaynaklanmaktadır. Amaç çözüm ağının sonuca etkisini minimuma indirmektir. Farklı çözüm ağları ile tekrarlanan analizlerin sonuçları Tablo 3'te verilmiştir.



Şekil 6 a) Yüzey elemanlar b) Hacim elemanlarının bulunduğu çözüm ağı

Tablo 3 LED üzerindeki en yüksek sıcaklık

Hücre Sayısı	CFD Sıcaklık (°C)
499523	168,09

1102564	169,02
2048621	170
3086472	170,61

Analizler ANSYS 2022 R2 yazılımı ile yapılmıştır. Bu yazılım hesaplamalı akışkanlar mekaniğinin temeli olan kütle, momentum ve enerji korunumu yasalarının formülasyonu olarak bilinen Navier-Stokes denklemlerini çözmektedir. Denklemler, akışkanın yapısını tanımlayan akışkan durumu denklemleriyle ve akışkan yoğunluğunun, viskozitenin ve ısıl iletkenliğin empirik bağımlılıkları ile desteklenir. Kararlı hal koşulları için geçerli denklemler kütle korunum denklemi, momentum denklemi ve termal enerji korunum denklemdir (Raypah ve diğ., 2016).

2.3. Sınır Şartları

Analizlerde akışkan olarak hava kullanılmış olup akışın sıkıştırılmaz ve kararlı rejimde olduğu kabulü yapılmıştır. Kullanılan sınır şartları da bu doğrultuda zamandan bağımsız olarak tanımlanmıştır. Analizler sabit sıcaklıkta bir ortam içerisinde yapılmıştır. Bu benzetimin yapılabilmesi için far dışındaki hava hacmini çevreleyen küre şeklinde bir hesaplama hacmi oluşturulmuştur. Bu hacim çevreyi temsil etmektedir. Bu hacme otomotiv üreticilerinin şartnamelerinde LED'li tasarımlar için test parametresi olarak koyduğu 80 °C ortam sıcaklığı tanımlanmıştır. Analizlerde ısı kaynağını olan LED için yüzeylere 1,3 W güç tanımlanmıştır. Her bir LED için sabit ısı akısı sınır şartı olarak tanımlanmıştır. LED üzerinde ve gövde, reflektör, lens ve PCB gibi diğer bütün katı yüzeylerde kayma olmayan duvar sınır şartı kullanılmıştır (Tablo 4).

Zorlanmış taşınım durumunu araştırmak için yapılan analizlerde kullanılan radyal fanın tek yönde hava akımı oluşturduğu kabulü yapılmıştır. Bunun amacı çalışmada çözüm süresini kısaltmak ve çözümü basitleştirmektir. Bu doğrultuda fandan dolayı akışta oluşacak girdap (swirl) etkisi ihmal edilmiştir. Fan, ANSYS 2022 R2 içerisindeki momentum kaynağı koşullandırılması ile modellenmiş olup fan çıkış yüzeyinde yüzeye dik yönde ortalama 10 m/s hava akımı oluşturmaktadır.

Tablo 4 Sınır şartları

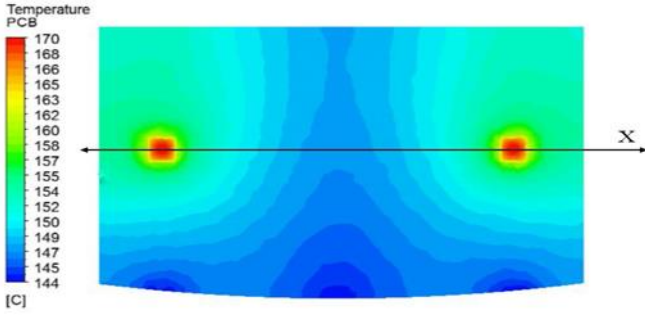
Ambient Temperature	80 °C
LED Power (Each Led)	1,3 W
Fan (Air velocity)	≈10 m/s

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

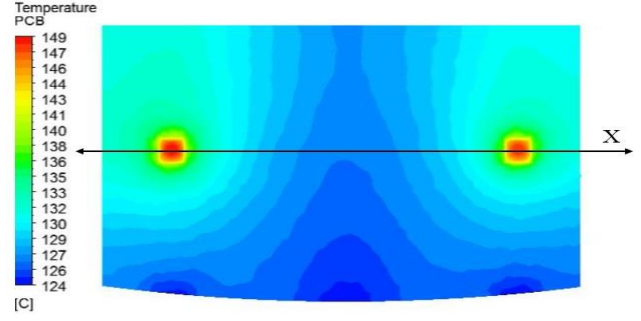
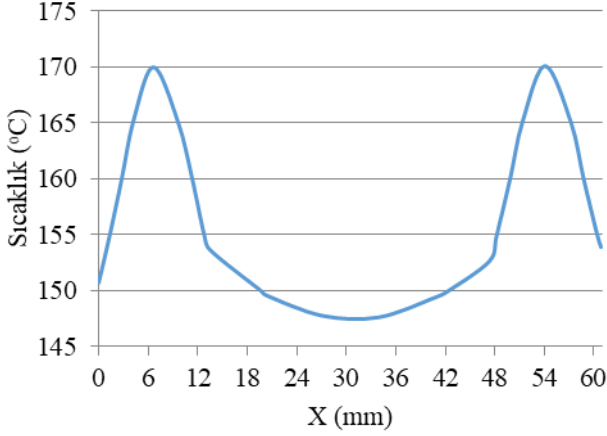
3.1. Araştırma Sonuçları

3.1.1. Doğal Taşınım Sonuçları

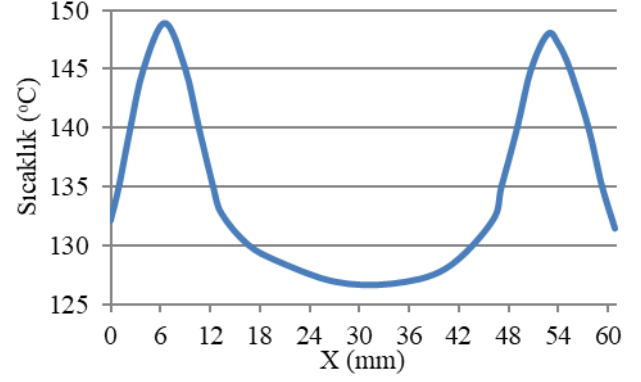
LED'lere tanımlanmış olan ısı kaynağı koşullandırmasından dolayı LED'lerin üzerinde bulunduğu PCB'de sıcaklık artışı olmuştur. PCB üzerinde oluşan sıcaklık dağılımı Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 7 Doğal taşınımda PCB üzerinde sıcaklık dağılımı



Şekil 9 Zorlanmış taşınımında PCB üzerindeki sıcaklık dağılımı



Şekil 10 Zorlanmış taşınımında x doğrusu üzerinde sıcaklık değişimi

Şekil 8 Doğal taşınımında X doğrusu üzerinde sıcaklık değişimi

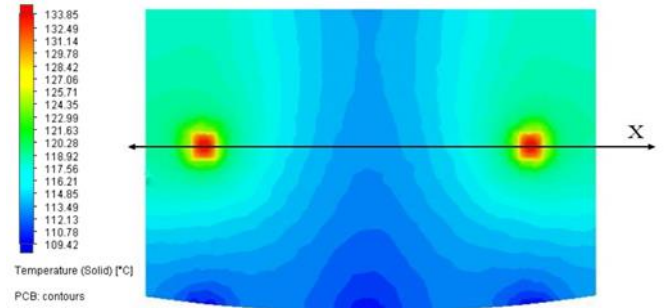
Şekil 8'de PCB üzerinde LED'lerin üzerinden geçen hayali bir x doğrusu üzerinde sıcaklık değişimi grafiği görülmektedir. Buna göre her iki LED üzerinde de sıcaklık yaklaşık 170 °C'ye ulaşırken LED'den uzaklaştıkça sıcaklık azaldığı tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan LEDlerin Tj sınır değeri 150 °C'dir. Bu sonuçlara göre doğal taşınım ile LED'lerin aydınlatma görevini yapamayacağı anlaşılmıştır. Ürünün çalışması ve aydınlatma görevini yapabilmesi için soğutmanın zorlanmış taşınım ile yapılması düşünülmüştür.

3.1.2. Zorlanmış Taşınım Sonuçları

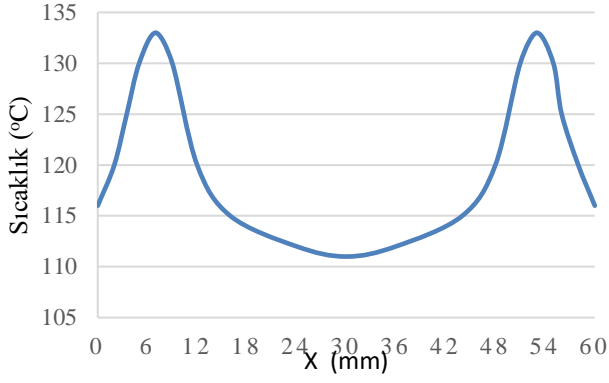
Bu analizde zorlanmış taşınımı oluşturabilmek için 2 adet fan kullanılmıştır. Fanlar LED'lerin bulunduğu yüzeye paralel yönde hava akımı oluşturacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 4 b). PCB üzerinde oluşan en yüksek sıcaklık 149 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 9). X doğrusu üzerindeki sıcaklık değişimine göre akış yönünde PCB üzerindeki sıcaklığın arttığı söylenebilir. Fan tarafında bulunan LED üzerinde sıcaklık 148 °C iken diğer LED üzerinde 149°C olduğu görülmektedir (Şekil 10). PCB üzerindeki en düşük sıcaklık ise Şekil 9'daki ölçekte görüldüğü gibi 124 °C olarak hesaplanmıştır (Şekil 9).

LED'lerin üzerinden geçen hayali bir x doğrusu üzerinde sıcaklık değişimi grafiği Şekil 12'de görülmektedir.

Yeni tasarım ile doğal taşınım ve kanatçıklı yapı ile elde edilen PCB üzerindeki sıcaklık dağılımı Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11 Yeni tasarım ve doğal taşınımında x doğrusu üzerinde sıcaklık değişimi

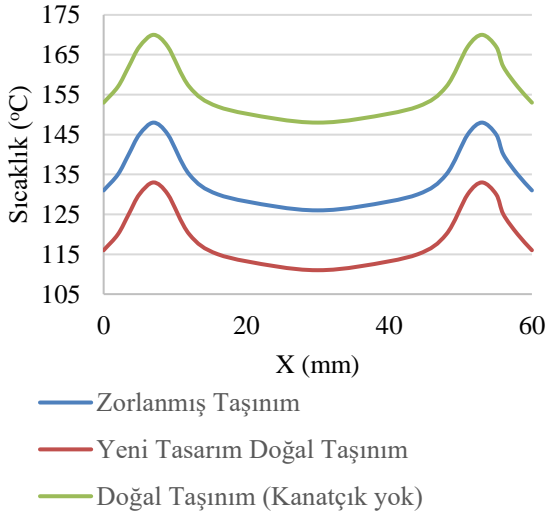


Şekil 12 Yeni tasarım doğal taşınımında x doğrusu üzerindeki sıcaklık değişimi

3.2. Tartışma

3.2.1. Zorlanmış ve Doğal Taşınımın Karşılaştırılması

Analizler sonucunda üç durum arasındaki sıcaklıklar açısından en büyük fark LED'ler üzerinde çıkmıştır. Doğal taşınım durumunda 170 °C'yi bulan LED sıcaklığı, zorlanmış taşınımın etkisi ile 21 °C kadar düşürülerek 149 °C olarak hesaplanmıştır. Tasarım değişikliği yapılan doğal taşınımında ise ledler 133 °C ile en düşük sıcaklık değerine ulaşmıştır. Her iki doğal taşınım durumunda 2 LED sıcaklığı birbirine eşit hesaplanmıştır ancak zorlanmış taşınımında fana daha yakın bulunan LED üzerinde sıcaklık yaklaşık 1 °C daha düşük hesaplanmıştır. LED'ler üzerinden geçen x doğrusundaki sıcaklıkların karşılaştırılması Şekil 13'de verilmiştir.



Şekil 13 PCB üzerinden geçen x doğrultusundaki sıcaklık değişimi karşılaştırılması

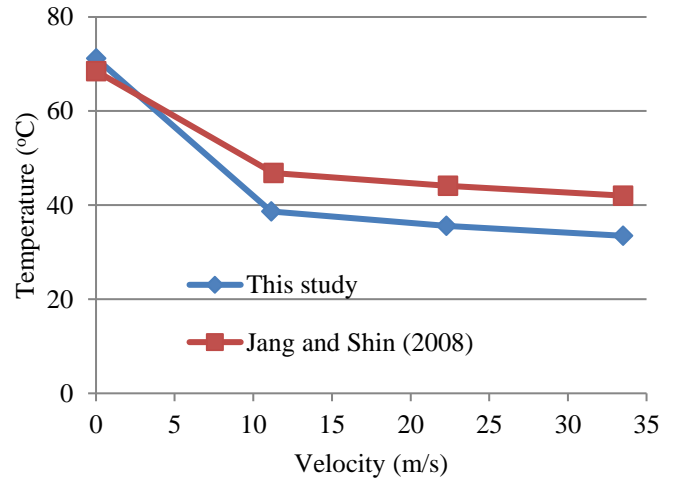
Tablo 5'de iki taşınım durumu için PCB üzerinde hesaplanan en yüksek sıcaklık, ortalama ısı taşınım katsayısı ve ortalama Nusselt sayısı verilmiştir. Ortalama ısı taşınım katsayısı doğal taşınım durumunda 3,57Wm²/K iken zorlanmış taşınımında 35,59Wm²/K olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5 Isı transferi ile ilgili parametreler

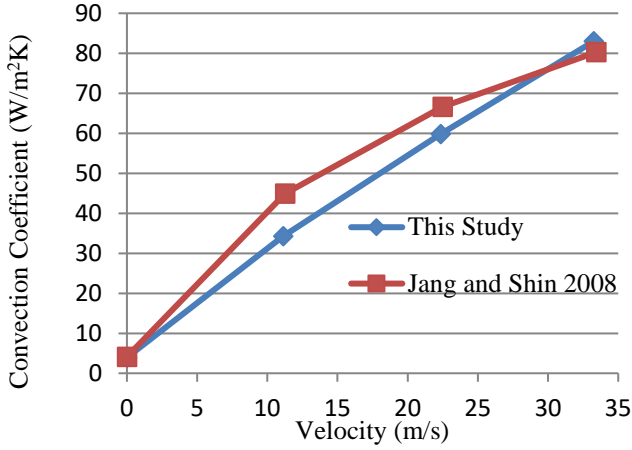
	Temp. (°C)	Conv. Coeff. (W/m ² K)	Nu
Natural Convection	170	3,57	6,09
Forced Convection	149	35,9	99,74

3.2.2. Farklı Fan Hızlarının Değerlendirilmesi

Zorlanmış taşınım durumunda farklı fan hızlarının ısı transferine etkisinin araştırılması amacıyla üç farklı fan hızı ile analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde Jang ve Shin (2008) LED'li otomobil farı için yaptıkları termal analizler çalışması referans alınmıştır. Fan hızı olarak makalede yer alan 3 farklı değer kullanılmıştır. Jang ve Shin (2008) hava akımını aracın hareketinden elde ederken bu çalışmada fan kullanılmıştır [14]. Analizler Jang ve Shin (2008) çalışmasında olduğu gibi sadece PCB ve LEDler üzerinde yapılmış analize sis farı dahil edilmemiştir. Şekil 12'de LED sıcaklığının fan hızının değişimi görülmektedir. İki çalışmada da hızın artması ile sıcaklığın azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada yapılan analizlerde 11 m/s hızına kadar sıcaklık yaklaşık 22°C azalmıştır. Jang ve Shin (2008)'e ait çalışmada ise 11m/s hızında bu çalışmaya kıyasla, sıcaklıkta 30°C'nin üzerinde düşüş olmuştur. Bunun nedenin LEDlerin konumları aralarındaki mesafe, analiz eleman yapısı farklılığı gibi sebeplere bağlandığı düşünülmektedir. İki çalışmada da belirli bir hızdan sonra sıcaklık düşüşü azalmıştır. Şekil 15'de ise her iki çalışma için ısı taşınım katsayısının hız ile değişimi verilmiştir.



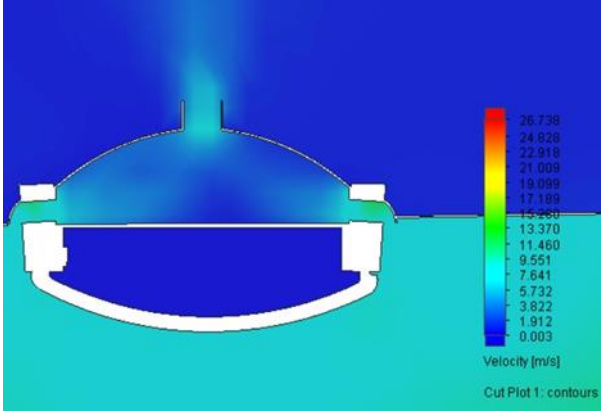
Şekil 14 Hız - sıcaklık değişim grafiği



Şekil 15 Hız ısı taşınım katsayısı değişim grafiği

3.2.2. Kanatçıklı Yeni Tasarım ile Doğal Taşınım ile Zorlanmış Taşınım Karşılaştırılması

Şekil 5 a ve b’de görülen kulakçıklı ve kanatlı tasarımda LED sıcaklıklarının kanatçiksız doğal taşınımına göre ve zorlanmış taşınım uygulamasına göre daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Yeni tasarımda kulakçıklardan içeri giren havanın içeri girme hızının 7,5-9,5 m/s arasında olduğu tespit edilmiştir (Şekil 16).



Şekil 16 Yeni tasarımda kulakçıklardan giren hava hızı

Yeni tasarımda dikkat çeken nokta havanın iç hacme giriş hızı 7,5-9,5 m/s iken zorlanmış taşınım analizlerinde hava hızı 10 m/s olarak tespit edilmiştir. Beklenen zorlanmış taşınımında led sıcaklıklarının daha düşük çıkmasıdır. Zorlanmış taşınımında ısı taşınım katsayısı 35,59 W/m²K iken yeni tasarımda ısı taşınım katsayısı 15,17 W/m²K olarak hesap edilmiştir. Buna rağmen kanatçıklı yapıda led sıcaklıkları en düşük değerdedir. Bunun nedeninin kanatçık tasarımı ve kanatçıkların PCBlerin arka yüzüne temas edecek şekilde tasarlanmasıdır.

4. Sonuç

Çalışmada zorlanmış taşınım ile soğutmanın LED’li bir otomobil sis farı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Aynı otomobil doğal taşınım (kanatçiksız-kulakçiksız) ve kanatçıklı ve kulakçıklı tasarımda da incelenerek üç durum arasındaki farklar araştırılmıştır. Zorlanmış taşınım durumunda farklı fan hızlarının LED sıcaklıkları üzerindeki etkileri tespit edilmiştir. Zorlanmış taşınımın LEDlerin ömrü ve aydınlatma şiddetini koruması manasında doğal taşınımına (kanatçiksız-kulakçiksız) göre daha etkili olduğu görülmüştür. Fakat zorlanmış taşınımın oluşturulması maliyet açısından ve tasarım açısından pek tercih

edilmemektedir. Bu sebeple kulakçıklı ve kanatçıklı tasarım ile dış hava hızından faydalanan, ısınan kanatçıkları soğutma mantığına dayanan yeni tasarımda soğutmanın daha verimli yapıldığı tespit edilmiştir. Fan tipi ve hızının değiştirilmesi zorlanmış taşınımını ne kadar avantajlı hale getirişe getirsin tasarım değişiklikleri, doğal taşınımın yüksek ısı iletkenliğine sahip malzeme kullanımı ile birleştirilmesi ile daha iyi sonuçlar alındığı çalışmada elde edilen önemli bir çıkarımdır.

5. Teşekkür

Bu yayında test imkanlarını kullanmamıza izin veren Feka Otomotiv Mamulleri Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ne ve analiz imkanlarını kullanmamıza izin veren Rubida Mühendislik Enerji San. ve Tic. LTD.ŞTİ’ye teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Arik. M., and Weaver. S., (2006), “Chip-Scale Thermal Management of High-Brightness LED Packages”. Fourth International Conference on Solid State Lighting.
- Arik. M., Becker. C.A., Weaver. S. E., and Petroski. J., (2004) “Thermal Management of LEDs: Package to System”. Third International Conference on Solid State Lighting 5187:64.
- Bayraktar.M.E., (2013), “Otomobil Led Aydınlatma Ürünlerinin Zorlanmış Taşınım İle Soğutulması” Yüksek Lisans Tezi Makina Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Chun.K. L J., Ming. D., Yu. C. K., and Kuo. S. L., (2007), “High Efficiency Silicon-Based High Power LED Package Integrated with Micro- Thermoelectric Device”. in Proceedings of Technical Papers - International Microsystems, Packaging, Assembly and Circuits Technology Conference, IMPACT.
- Daliang. Z., Wang. H.Q.C., and Xiao. Z., (2010). “Thermal Performance of Heatsink and Thermoelectric Cooler Packaging Designs in LED.” 11th International Conference on Electronic Packaging Technology and High Density Packaging, ICEPT-HDP.
- James. P., (2013), “Understanding Longitudinal Fin Heat Sink Orientation Sensitivity for Light Emitting Diode (LED)”, Lighting Applications.
- Jang. S., and Shin. M. W., (2008), “Thermal Analysis of LED Arrays for Automotive Headlamp With a Novel Cooling System”. IEEE Transactions On Device And Materials Reliability, Vol. 8, No. 3.
- Jen. W.C., (2009), “Advanced Thermal Enhancement and Management of LED Packages.” International Communications in Heat and Mass Transfer.
- Lai. Y., Cordero. N., Barthel. F., Tebbe, F., Kuhn. J., Apfelbeck. R., and Würtenberger. D., (2009), “Liquid Cooling of Bright LEDs for Automotive Applications”. Applied Thermal Engineering.
- Liu. S., Lin. T., Luo. X., Chen. M., and Jiang.X, (2006) “A Microjet Array Cooling System For Thermal Management of Active Radars and High-Brightness LEDs.”. Electronic Components and Technology Conference.
- Lui. Y. B., (2012), “On Thermal Structure Optimization of a Power LED Lighting.” Procedia Engineering 29:2765–69.
- Mills A., (2003), “Solid State Lighting”. World of Expanding Opportunities at LED 2002.” III-Vs Review.
- Raypah. M., Dheepan. E., Devarajan. M., and Sulaiman. F. (2016), “Investigation on Thermal Characterization of Low Power SMD LED Mounted on Different Substrate Packages.” Applied Thermal Engineering 101:19–29.

- Yi. B. L., (2012), “*On Thermal Structure Optimization of a Power LED Lighting*”. *Procedia Engineering* 29:2765–69.
- Yung. K. C., Liem. H., Choy. H. S., and Lun. W. K., (2010) “*Thermal Performance of High Brightness LED Array Package on PCB.*” *International Communications in Heat and Mass Transfer*.



Condensation Zone Estimation and Determination and Comparison of Condensation by Numerical Analysis in Vehicle Lighting System

Kemal Furkan Sökmen^{1*}, Erol Kocabıyık², Yunus Meşeci³, Onur Rençber⁴

^{1*} Bursa Technical University, Faculty of Eng. and Natural Sci, Department of Mechanical Engineering, Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8647-4861), furkan.sokmen@btu.edu.tr

² Feka Automotive Products Industry and Trade Inc., Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1573-0693), erol.kocabiyik@fekaautomotive.com

³ Feka Automotive Products Industry and Trade Inc., Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8480-1379), yunus.meseci@fekaautomotive.com

⁴ Rubida Engineering Energy Industry and Trade Inc., Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3254-5358), onur.rencher@rubida.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173732)

ATIF/REFERENCE: Sökmen, K. F., Kocabıyık, E., Meşeci, Y. & Rençber, O. (2022). Condensation Zone Estimation and Determination and Comparison of Condensation by Numerical Analysis in Vehicle Lighting System. *European Journal of Science and Technology*, (40), 49-54.

Abstract

The condensation problem in automobile lighting system risks driving and driver safety. Condensation is the main cause of problems such as insufficient lighting. In our study, the problem of condensation in vehicle headlights is discussed. The region where condensation will occur was estimated from the results obtained from the temperature analysis. The amount of condensed mass was calculated by the calculation method. Calculations were confirmed by numerical analysis. In the analyzes made in ANSYS 2022 R2 software, the transmission effects (conjugate effects) in the headlight components were taken into account. Boussinesq approach was used for natural convection and Monte Carlo approach was used for considering radiation effects. Mesh independence was studied. Thermal analyzes were made at ambient temperature $T_{\infty}=5$ °C and RH: 95% independent of time. As a result of the analysis, the indoor air temperature distribution, air flow profiles were examined and an estimate was made where the condensation would occur. Then, the thermal analysis results were read as the initial condition, and it was kept for 300 seconds. Water at 3 °C was sprayed onto the lens. Condensation formation analyzes were made in terms of time. After the formation of condensation, the power was turned on to the lighting elements and it was expected that the condensation would be removed within 1800 seconds as per the specification. The region where condensation is predicted and the region with condensation in the analyzes are compatible with the literature.

Keywords: Condensation, heat transfer, computational fluid mechanics, vehicle lighting, mass transfer

Araç Aydınlatma Sisteminde Yoğuşma Bölgesi Tahmini ve Yoğuşmanın Sayısal Analiz ile Belirlenmesi ve Karşılaştırılması

Öz

Otomobil aydınlatma sistemindeki yoğuşma sorunu, sürüş ve sürücü güvenliğini riske atmaktadır. Yetersiz aydınlatma gibi sorunların ana nedenleri arasında yoğuşma önemli bir problemidir. Çalışmamızda araç farlarında yoğuşma sorunu ele alınmıştır. Sıcaklık analizinden elde edilen sonuçlardan yoğuşmanın meydana geleceği bölge tahmin edilmiştir. Yoğunlaşan kütle miktarı hesaplama yöntemi ile hesaplanmıştır. Hesaplamalar sayısal analizle doğrulanmıştır. ANSYS 2022 R2 yazılımında yapılan analizlerde far bileşenlerinde ısı iletim etkileri dikkate alınmıştır. Doğal taşınım için Boussinesq yaklaşımı, radyasyon etkilerini dikkate almak için Monte Carlo yaklaşımı kullanılmıştır. Eleman sayısından bağımsızlık çalışması yapılmıştır. Termal analizler, $T_{\infty}=5$ °C ortam sıcaklığında ve zamandan bağımsız olarak RH: %95 tanımlanarak yapılmıştır. Analiz sonucunda iç ortam hava sıcaklık dağılımı, hava akış profilleri incelenmiş ve yoğuşmanın nerede olacağı tahmini yapılmıştır. Daha sonra termal analiz sonuçları başlangıç koşulu olarak tanımlanmış ve 300 saniye lens üzerine 3 °C'de su püskürtülmüştür. Zamana bağlı yoğuşma oluşum analizleri yapılmıştır. Yoğuşma oluştuktan sonra aydınlatma elemanlarına güç tanımı yapılmıştır. Şartnameye göre 1800 saniye içinde yoğuşmanın giderilmesi beklenmiştir. Analizlerde yoğuşmanın tahmin edildiği bölgede oluştuğu, yoğuşmanın oluştuğu bölge literatür ile uyumlu çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğuşma, ısı transferi, Hesaplamalı akışkanlar mekaniği, taşıt aydınlatma, kütle transferi.

* Corresponding Author: furkan.sokmen@btu.edu.tr

1. Introduction

Nusselt (1914) is one of the pioneers in the field of condensation. Nusselt worked on calculating the heat transfer between the vertical plate and the stagnant condensed water vapor with simple theoretical analysis. Dehbi and Guentay (1997) derived a theoretical estimate of the rate of heat and mass transfer in a vertical condenser tube consisting of a mixture of steam and non-condensable gas. In the study, the algebraic equation for the film layer thickness is derived and the heat and mass transfer analogy is examined to understand the condensation rate. Liu et al. (2003) based on the estimation of when and where the condensation will occur, a time dependent condensation calculation was made. In this study, the condensation on the cube surface was investigated numerically and experimentally using the commercial Japanese CFD software STREAM 4.0 [3]. A theoretical and experimental study was first conducted by Preihs (2006) directly related to automobile headlights. In the study, the dew point temperature and the condensation area were estimated. It is concluded that the condensation area is sufficiently compatible with the estimated measurements for a two-dimensional geometry. In the study, the condensation model was first developed and validated experimentally, and then the effect of ventilation on condensation was investigated. They observed that condensation was significantly reduced by adding an air intake to the control volume and by properly positioning the vents. Deponi et al. (2009) dealt with the condensation problem in vehicle lighting systems in their study. The analysis made in the study was compared with the experimental data and the results were confirmed. Condensation is based on mass transfer with heat transfer. It has been determined that especially the condensation on the headlight affects the photometric values of the headlight negatively. It has been stated that the things to be considered in the study are the changing density values of the indoor air, the temperature values and the temperature of the outside air. It is stated that the ventilation holes that help prevent condensation and circulate the air in the headlight should be modeled in the condensation analysis. At the end of the study, it was determined that the analysis results and the test results were compatible. It has been determined that there is condensation in the areas where the air is compressed. Erik (2006) tried to predict the condensation removal event in the transient regime using computational fluid dynamics. In the study, they developed a new droplet condensation-evaporation model. With the developed model, time dependent evaporation simulation was made using CFD code. As a result of the study, it was determined that the model based on droplet condensation and evaporation gave appropriate results. Another study on condensation using computational methods was done by Touichirou et al. (2005). However, most of these studies are based on the estimation of the characteristic of the fog formed from the speed profiles on the windshield. Hassan et al. (1999) estimated the demisting process of the windshield based on the time-dependent film layer acceptance. Shozawa et al. (2005) study is important in that it is directly related to condensation in vehicle lighting systems. They developed a numerical calculation method on this subject and then applied it to the condensation analysis in the headlight [9]. Oxyzoglou (2018), Herridge (2003) and Okada et al. (2001) conducted studies on condensation analysis in vehicle lighting systems.

The aim of this study is to estimate the region where condensation will occur, without the need for a long-term condensation analysis, and to find the approximate amount of

condensation by calculation. The calculation method in the study was verified by numerical analysis. With the calculation method and approach, it is aimed to gain from long-term analysis time.

2. Material and Method

When the saturated steam comes into contact with a surface at a temperature lower than the saturation temperature at the same pressure, it begins to condense. If the condensation continues without condensing drops on the surface, it is called drop condensation. If the condensed drops combine on the surface and form a film, it is called film condensation. As the film formed on the surface becomes thicker, the heat transfer resistance increases. In the case of drop condensation, the thermal resistance is very small. In the case of drop condensation, the heat transfer is approximately 10 times higher than in film condensation. However, it is not possible to provide drop condensation on surfaces. Because a special substance or surface should be used to prevent the condensation drops from coming together. Therefore, unless otherwise stated, condensation will be used to mean film condensation. Under the subject of condensation mass transfer, it is heat and mass transfer that depends on relative humidity, flow pattern, fluid and surface temperatures.

2.1. Condensation on vertical plate

When condensation is examined in a vertical plate in terms of heat transfer, it is examined under the name of Nusselt theory, since it was first analyzed analytically by Nusselt. Known as film theory or Nusselt theory, this analytical analysis is based on some assumptions. These acceptances; The steam is low velocity or stagnant, the fluid properties are constant, and the liquid vapor surface is neglected by viscous friction. With these assumptions, the plate temperature is taken as T_y and the saturated steam temperature is taken as T_d . The condensed liquid film will get thicker and thicker from the top of the plate and will flow towards the bottom of the plate under the influence of weight. There are weight forces acting downwards and forces due to density change. In the upward direction, there are viscous frictional forces acting. If the balance of the forces acting on a volume element taken in the flow area is written and the necessary boundary condition assumptions are made, Equation.1 for the mass fluid flow rate depending on $\delta=\delta(x)$ liquid film thickness, Equation.2 for the film thickness is used [13].

$$m(x) = \frac{g\rho_s(\rho_s-\rho_b)\delta^3}{3\mu_s} \quad (1)$$

$$\delta(x) = \left[\frac{4\mu_s k_s (T_d - T_y) x}{g(\rho_s - \rho_b) \nu_s h_{sb}} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

In order to describe the heat convection coefficient in the case of film condensation, if conduction along the length of the plate is neglected, the condensation heat generated during condensation will be transferred from the plate surface by conduction. For the average heat convection coefficient in the L-length plate, it is expressed as in Equation.3 from the previous description and integration [13-14].

$$h_m = 0.943 \left[\frac{g\rho_s(\rho_s-\rho_b)h_{sb}k_s^3}{\mu_s(T_d-T_y)L} \right]^{1/4} \quad (3)$$

Thermo-physical properties in these equations should be taken at $T_f=(T_d+T_y)/2$. In case of condensation in a vertical pipe

or plate, the amount of condensed liquid on a pipe or plate of unit width, m_{1L} , is found from the expression in Equation:4:

$$m_{1L} = \frac{h_m(T_\infty - T_y)}{h_{sb}} \quad (4)$$

The number Re is described as in Equation.5. Depending on the Reynolds number, the heat transfer coefficient can be found from Equation 6 [13-14].

$$Re_\delta = 4 \frac{mL}{\mu_s} \quad (5)$$

$$\frac{h_m(v_s^2/g)}{k_s} = 1.47 Re_\delta^{-1/3} \Rightarrow Re_L \leq 30 \quad (6)$$

In addition to these relations, based on the combination of heat and mass transfer, the flow is laminar or turbulent, after determining by the Re number, natural flow is assumed on the vertical plate and for laminar flow [13-14].

$$Nu = 0,59(Gr.Pr)^{1/4} \quad (7)$$

For turbulent flow;

$$Nu = 0,13(Gr.Pr)^{1/3} \quad (8)$$

The reason for accepting a vertical plate is that the lens element is considered a vertical plate [13-14].

$$Nu = Sh = \frac{hL}{k} \quad (9)$$

$$Sc = Pr \quad (10)$$

$Gr.Sc > 109$ Turbulent, $Gr.Sc < 109$ Laminar control and the system determined to be laminar or turbulent is solved according to equations 9 and 10. The expression of the condensed mass over Nusselt-Sherwood and Prandtl-Schmidt analogy is given in Equation.11. [13-14].

$$m_b = h_m(C_w - C_\infty) \quad (11)$$

2.1. Numerical Analysis and Boundary Conditions

In this study, numerical analysis was performed with the help of ANSYS 2022 R2 software. In-volume, laminar natural convection, three-dimensional and steady-state air flow is accepted. In thermal analyzes and condensation analyzes, the ambient temperature is 5 °C and the relative humidity is defined as 95%. The conduction effects (conjugate effects) on the headlight components are taken into account. Boussinesq approach was used for natural convection and Monte Carlo approach was used for considering radiation effects. In the Monte Carlo method, a photon is irradiated with random access (Fluent Users Guide). It is repeated N times according to the maximum number of photons determined in the analysis. Detailed information on the equations solved and the approaches used can be found in the ANSYS 2022 R2 Solver Theory Guide (Flunet Theory Guide). The analyzes are given in Table 1, respectively. In order to determine whether condensation occurs or not, water was sprayed at 3 °C and 0.5 m/s speed for 300 seconds as in Figure 1 and condensation formation was expected.

Table 1: Analysis Order and Boundary Conditions

Phase	Initial Conditions	Analysis	Bulbs	Analysis Type
1st	T _{amb} =5 °C, RH=%95	Thermal	On	Steady-State
2nd	Results of 1st	Washing	Off	300 s
3rd	Results of 2nd	Defogging	On	3600 s

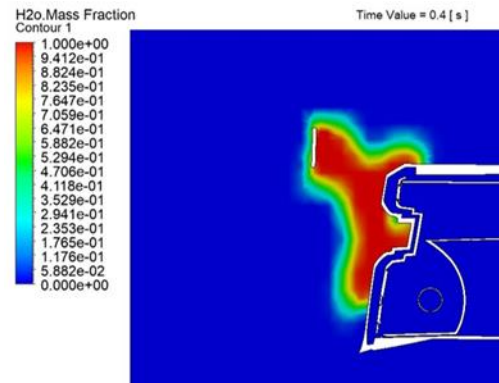


Figure 1 : Condensation analysis Water spray image at 3 °C

2.3. Numerical Analysis and Boundary Conditions

The mesh image of the design, which is the subject of our study, is given in Figure 2. The study independent of the number of elements was made in thermal analysis. In thermal analysis, the number of elements was determined as 5325874, 7528961, 11548265 and 13286595. In the thermal analysis results, it was determined that the part temperatures did not change after 11548265 element number and the results were taken over 11548265 elements. In Figure 3, the variation of the temperature of the lens part depending on the number of elements is given.



Figure 2: Mesh Image Consisting of 11548265 Elements

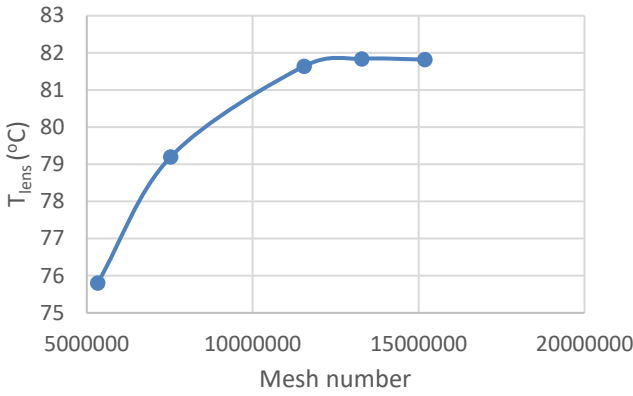


Figure 3: Temperature Results with Consisting of 11548265 Elements

3. Results and Discussion

3.1. Results

Since condensation will occur on the lens part, the temperature of the lens part is given as a result in our study. Lens temperature distribution according to the thermal analysis result is given in Figure 4.

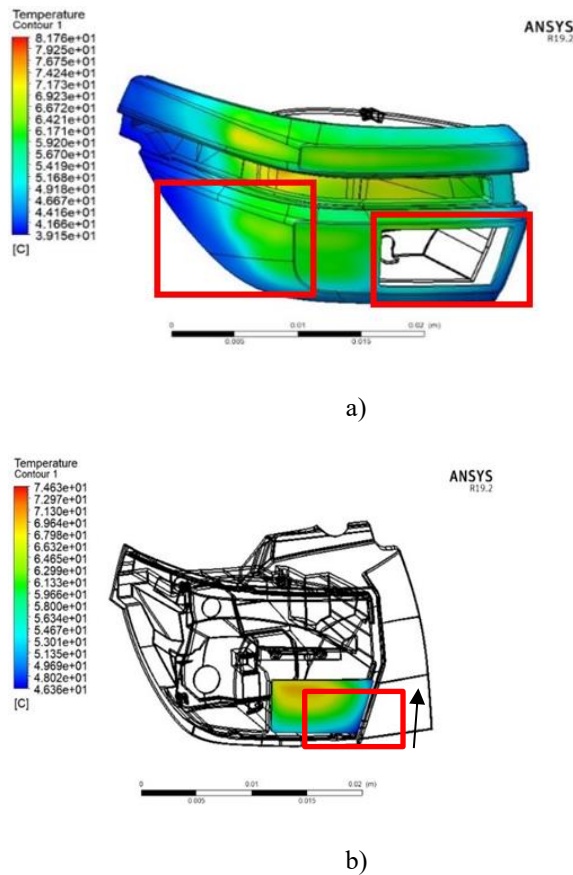


Figure 4. a) Main Lens Temperature Distribution b) Small Lens Temperature Distribution

According to the results obtained on the lens in the temperature analysis, it was predicted that condensation would occur in the regions related to the red frame in Figure 4. For the condensation sample calculation, the lens is considered as a flat plate and in Figures 4a and 4b, 25 mm upwards plate is accepted from the bottom right. The lens surface temperature in the condensation predicted region was again determined as 48 °C in

Figure 4 a and b. The relative humidity of the air in the headlight interior volume was taken as 95% as in the analysis. H₂O mass flux was calculated as $9,3 \times 10^{-6}$ kg/m²s.

After the thermal analysis results, the water spray analysis, which is the 2nd phase analysis, was performed. In this analysis phase, condensation formation was observed with the bulbs closed for 300 seconds. It was determined that the condensation started in the 88th second. (Figure 5).

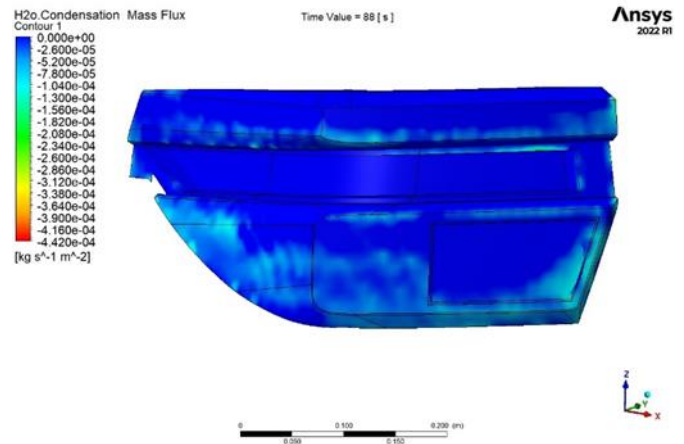


Figure 5: Lens on 88th second Condensation Formation

After 300 seconds, the analysis passed to Phase 3 and the bulbs in the system were powered. According to the OEM standard, the condensation formed was expected to disappear within 1800 seconds. It has been determined that the condensation starts to disappear from the 400th sec and completely disappears in the 800th sec. The 400th, 500th, 600th and 800th sec results are given in Figure 6 a, b, c, d, respectively.

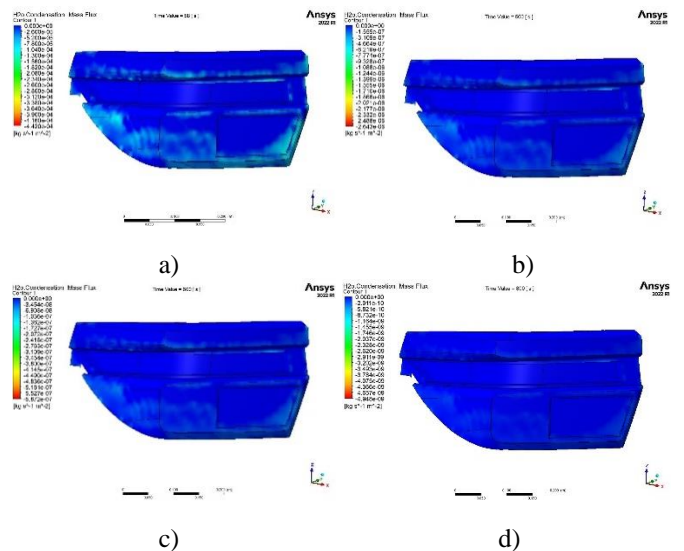


Figure 6: Humidity Results a) 400th sec b) 500th sec c) 600th sn d)800th sec

The H₂O mass flux obtained as a result of the analyzes was determined as $9,8 \times 10^{-6}$ kg/m²s.

The amount of condensation at variable humidity rates was determined by the calculation method and is given in Figure 7.

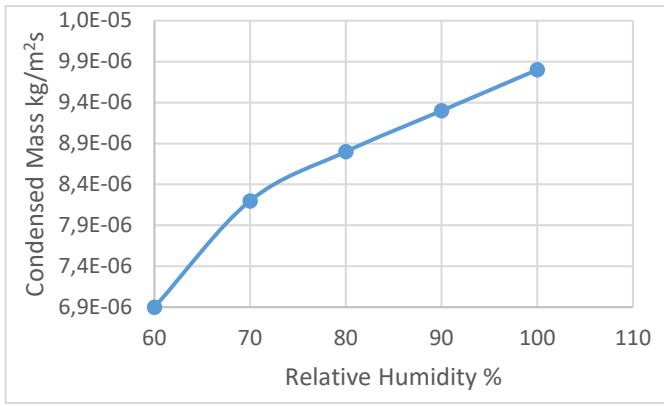


Figure 7. Condensation amount at variable RH (95%)

With the calculation method, condensation values that may occur at 95% relative humidity for different surface temperatures were also calculated and given in Figure 8.

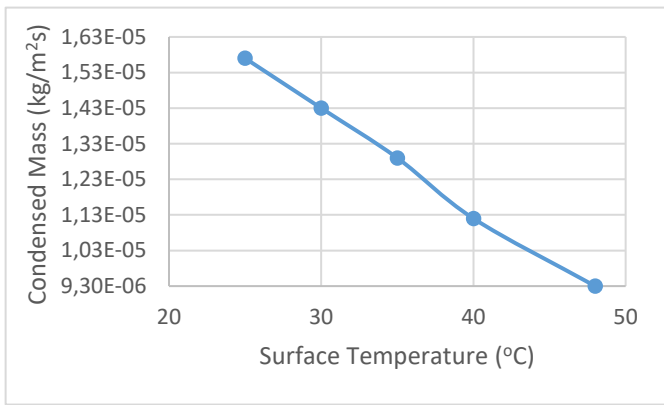


Figure 8. Condensation amount at constant RH (95%) based on variable lens surface temperature

3.2. Discussion

Considering the results obtained, it has been determined that the regions where condensation is likely to occur are regions with low air circulation and high humidity values. It has been determined from Figure 9 a and b that similar results were obtained by Okada et al. (2002) and Deponti et al. (2009).

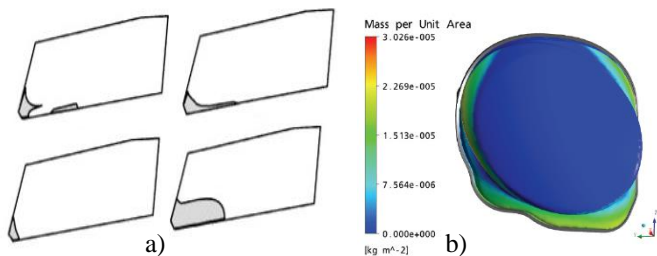


Figure 9. a) Okada et al. (2002) condensation region b) Deponti et al. (2009) analyze result

In Figure 8a, Okada et al. (2002) determined that there is condensation at the headlight corner points where the air movement and temperature are low. Yet in Figure 8b, Deponti et al. (2009) determined that the condensation formed on a sample fog lamp is in regions with low temperature and very slow air movement.

Yet in the study of Brunberg and Aspelin (2011) it was determined that condensation occurs in regions where the air movement is less and the temperature is lower than the general, as can be seen in Figure 9 a and b. In this study as well, condensation was detected in regions with low temperature values and regions with high humidity.

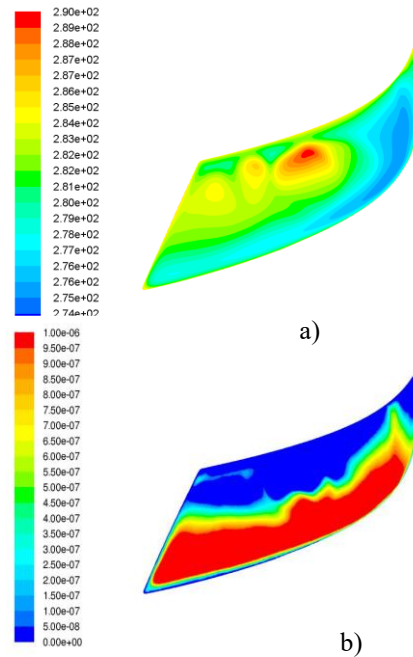


Figure 9. a) Temperature distribution on the outer lens (K) b) Water film thickness [m] on the lens

In particular, Okada et al. (2002) suggested in his study that the positions of the ventilation holes should be designed to ensure that the air coming out of the bulbs reaches the areas where there is a risk of condensation. In our study, it was observed that the condensation value, which started at the 88th second, was detected less at the 300th second with the help of ventilation holes, which supports the literature. In the study, graphs of the amount of condensation that may occur depending on the variable RH value and different surface temperature are given. While this study validates the literature, it has revealed to find the answer to the question of whether condensation will occur by calculation and perhaps to pass on design development without the need for condensation analysis.

4. Conclusions and Recommendations

As a result of this important data obtained, it is necessary to increase the temperature of the surface where condensation is predicted. Besides geometric design requirement has been put forward that will ease the air circulation in the region and help the hot air reach the surface. The condensation analysis in our study was analysed on a 24-core computer in 19 days. With the calculation method, the possible condensation location and amount can be determined within 1-2 days. The advantages that numerical analyzes bring to our science world and industry are indisputable. In our study, we show that certain predictions can be made in a much shorter time with the calculation method. In addition, we have shown that computation and numerical analysis are compatible with each other.

In our study, it has been demonstrated by both calculation and numerical analysis that the risk of condensation is high in regions

with low temperature and high humidity. The importance of surface temperature, which has a risk of condensation, is also demonstrated by Figure 8 data.

5. Acknowledge

We would like to thank Feka Automotive Mamulleri Industry and Trade Company for allowing us to use the testing facilities in this publication, and Rubida Engineering Energy Company for allowing us to use the analysis facilities.

References

- Çengel Y., (2002), Heat Transfer, A Practical approach, Second Edition, McGraw-Hill, NewYork.
- Dehbi. A. & Guentay. S. A., (1997), “Model for the Performance of a Vertical Tube Condenser in the Presence of Non-Condensable Gases”. Nuclear Engineering and Design, 177 (1-3), pp. 41-52.
- Deponti. A, Damiani. F., Brugali L., Bucchieri L., Zattoni S., Alaimo., (2009), J., “Modelling of condensate formation and disposal inside an automotive headlamp”. EnginSoft Newsletter, Year 6, no.2, Italy.
- Erik. P., (2006), Automotive headlamp – analytical solution and measurements of condensation inside a headlamp, General Motors.
- Fluent 12, Users Guide
Fluent 12, Theory Guide
- Hassan. M.B., Petitjean C., Deffieux J.C., Gilotte P., (1999) “Windshield Defogging Simulation with Comparison to Test Data”. SAE paper 1999-01-120.
- Herridge M., (2003), “Condensation simulations of automotive lighting assemblies”, SAE World Congress, Detroit.
- Incropera/Dewitt/Bergman/Lavine, Fundamental of heat and mass transfer, sixth edition. Wiley.
- Liu. J., Aizawa. Y., Yoshino. H., (2003), “Experimental And Cfd Studies On Surface Condensation”. 8th International IBPSA Conference August 11-14, Eindhoven, Netherlands
- Nusselt. W., (1916) “Des Oberflächenkondensation des Wasserdampfes”. Z.Vereines Deutsch. Ing. 60, pp. 541-564, 569-575.
- Okada Y., Nouzawa, T., Nakamura T., (2001), “CFD Analysis of the flow in an automotive headlamp” Mazda motor company, Hiroshima, Japan
- Oxyzoglou, I., Tejero, A., (2018) “Prediction of Condensation forming in Automotive Headlights using CFD” TOYOTA Motor Europe, Zaventem, Belgium
- Preihs E., (2006), “Analytic Solution and Measurements of Condensation inside a Headlamp”, Proc. Nordic COMSOL Conference, Copenhagen.
- Shiozawa, T., Ohishi, M., Yoneyama, M., Sakakibara, K., Goto, S., Tsuda, N. ve Kobayashi, T. (2005). “Analysis of Moisture and Natural Convection Inside An Automotive Headlamp By Using CFD SAE World Congress and Exhibition, Detroit, MI, USA”. (Session: Automotive Lighting Technology (Part 3 of 4) Automotive Lighting Engineering Analysis I: Modeling SP-1932).
- Touichirou. S., Ohishi. M., Yoneyama. M., Sakakibara. K., Tsuda. N., Kobayashi. T., (2005), “Analysis of moisture and natural convection inside an automotive headlamp by using CFD”, SAE world congress, Detroit, 2005-01-1449.



Türkçe Tweetlerden Makine Öğrenmesi ile Meslek Tahmini

İslam Mayda

Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5584-0259),
islam.mayda@stu.khas.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1168269)

ATIF/REFERENCE: Mayda, İ. (2022). Türkçe Tweetlerden Makine Öğrenmesi ile Meslek Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 55-60.

Öz

Sosyal medya platformlarının yaygınlaşması ve kullanıcı sayılarının hızla artmaya devam etmesiyle birlikte sosyal medyada üretilen veri miktarı da hızlı bir şekilde büyümektedir. Bu veriden bilgi çıkarmaya yönelik yapılan bilimsel çalışmaların hedeflerinden biri de meslek tahminidir. Sosyal medya kullanıcılarının meslek bilgisi, akıllı öneri sistemleri başta olmak üzere birçok farklı alanda kullanılabilir. Bu çalışmada da Türkçe tweetler kullanılarak meslek tahmini yapılması amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında öncelikle 25.000 Türkçe tweetten oluşan meslek veri kümesi oluşturulmuş ve kamuya açık olarak paylaşılmıştır. Bu veri kümesi üzerinde çeşitli ön işleme adımları uygulanmış, hem kelimelerin kendileri hem de kelime kökleri kullanılarak özellik kümeleri çıkarılmıştır. Yapılan testlerde tweetler hem tekil olarak hem de 5'li ve 10'lu gruplar halinde birleştirilerek kullanılmıştır. Destek Vektör Makinesi ve Lojistik Regresyon yöntemlerinin uygulandığı deneylerde özellik seçimi yapılarak testler tekrar edilmiştir. Tekil tweetlerle yapılan deneylerde en iyi sonuç %74,90 doğruluk oranı olarak elde edilirken, 5'li gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerde %96,20 ve 10'lu gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerde %99,00 doğruluk oranları en iyi performanslar olarak raporlanmıştır. Testlerde kelime köklerinin kullanılmasının kelimelerin kendilerini kullanmaya göre daha yüksek başarı gösterdiği ve özellik seçiminin genel olarak başarıyı yükselttiği görülmüştür. Çalışmanın sonunda, alınan bu sonuçlar tartışılmış ve gelecek çalışmalara dair öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Meslek tahmini, Meslek tespiti, Makine öğrenmesi, Doğal dil işleme, Twitter.

Predicting Occupation with Machine Learning from Turkish Tweets

Abstract

With the spread of social media platforms and the rapid increase in the number of users, the amount of data produced in social media is growing rapidly. One of the goals of scientific studies to extract information from this data is occupation prediction. Social media users' occupation information can be used in many different areas, especially in smart suggestion systems. In this study, it is aimed to make occupation prediction using Turkish tweets. Within the scope of the study, an occupation dataset consisting of 25,000 Turkish tweets was created and shared publicly. Various preprocessing steps were applied on this dataset, and feature sets were extracted using both the words themselves and the word roots. In the tests, tweets were used both singularly and combined in groups of 5 and 10. In the experiments in which Support Vector Machine and Logistic Regression methods were applied, tests were repeated by feature selection. While the best result was obtained as 74.90% accuracy in the experiments with singular tweets, the best performances were reported as 96.20% accuracy in experiments with tweets combined in groups of 5, and 99.00% accuracy in experiments with tweets combined in groups of 10. It has been seen that the using of word roots in the tests has higher success than using the words themselves, and the feature selection generally increases the success. At the end of the study, these results were discussed and suggestions for future studies were presented.

Keywords: Occupation prediction, Profession identification, Machine learning, Natural language processing, Twitter.

1. Giriş

Günümüz dünyasında sosyal medya hayatımızın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. İstatistiklere göre dünya çapında 2022 Temmuz itibarıyla 4,7 milyar sosyal medya kullanıcısı mevcuttur ve bu sayı da küresel nüfusun %59'una karşılık gelmektedir (Kepios, 2022). Kullanıcılar sosyal medya platformlarında her türlü duygu, düşünce, bilgi ve görüşlerini paylaşmaktadır. Milyarlarca kullanıcının metin, fotoğraf, video ve ses gibi farklı şekillerde yaptığı paylaşımlarıyla büyük veri oluşmaktadır. Bu veriden çeşitli amaçlarla bilgi çıkarımı üzerine özellikle son yıllarda çok sayıda bilimsel çalışma yapılmıştır.

Yaygın olarak kullanılan sosyal medya sitelerinin biri de dünya genelinde 400 milyondan fazla aktif kullanıcıya sahip olan Twitter'dır (Statista, 2022). Bir mikroblog servisi olan Twitter, bir bilginin hızlı bir şekilde geniş kitlelere yayılmasına imkân sağlarken, bu özelliğiyle gündemi oluşturmada önemli bir konuma sahiptir. Twitter kullanıcılarının gerçekte kim olduğu, yaşı, cinsiyeti, lokasyonu, milliyeti, eğitim durumu, politik görüşü, kişilik özellikleri gibi birçok özelliğini tahmin etmeye yönelik yapılan araştırmalar literatürde yer almaktadır. Üzerinde çalışılan konulardan biri de kullanıcıların mesleğinin tahmin edilmesidir. Bir Twitter kullanıcısının, daha geniş bir ifadeyle, bir sosyal medya kullanıcısının mesleğinin tahmin edilebilmesi akıllı öneri sistemleri başta olmak üzere birçok amaç için kullanılabilir. Örneğin, kullanıcılara mesleklerine özel içerikler, etkinlikler, ürünler veya reklamlar sunulabilir. Kullanıcılarla aynı meslekteki diğer kullanıcı profilleri, takip etmeleri için kendilerine önerilebilir. Ayrıca, kullanıcıların meslek bilgisi sosyal medya üzerindeki kamuoyu araştırmalarında da kullanılabilir. Mesela, COVID-19 ile ilgili atılan tweetlerden doktorların paylaştığı tweetler filtrelenip, sadece ilgili meslek grubunun bu konu üzerindeki görüşleri analiz edilebilir. Ya da bir kurumsal şirket, sosyal medyada kendisi ile ilgili yapılan paylaşımlarda hangi meslek gruplarının olumlu, hangi meslek gruplarının olumsuz görüşlerde bulunduğunu bilmek isteyebilir.

Bu araştırmada, Twitter kullanıcılarının paylaşımları kullanılarak meslekleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yapılan literatür taramasında, Türkçe metinler üzerinde meslek tahmini çalışmasına rastlanmamıştır. Bu çalışmanın Türkçe tweetler üzerinde yapılması açısından bu anlamda bir ilk olduğu düşünülmektedir. Makalenin bundan sonraki bölümlerinde öncelikle literatürde yer alan diğer dillerdeki metinler üzerinde yapılmış meslek tespiti çalışmaları incelenecek, daha sonra bu çalışmada kullanılan Türkçe veri kümesi ve uygulanan metodoloji açıklanacak, son olarak araştırma kapsamında yapılan deneylerin sonuçları sunulacak ve gelecek çalışmalara yönelik görüşler paylaşılacaktır.

2. Literatür Taraması

Literatürde yer alan sosyal medyada meslek tahmini üzerine yapılan çalışmaların sayısının yaş, cinsiyet, lokasyon, vb. özelliklerin tahminine yönelik çalışmalardan çok daha az olduğu görülmüştür. Bu bölümde, konuyla ilgili daha önce yayınlanmış olan az sayıdaki çalışma özetlenecektir.

Zhou ve diğerleri (2012) Çin'in en büyük mikroblog sitesi Sina Weibo*'dan 4 farklı sektörden 500'er kullanıcının verileri üzerinde bir sınıflandırma çalışması yapmıştır. Spor, eğlence, bilişim teknolojileri ve emlak sektörlerinden olan bu kullanıcıların kendi paylaştıkları, cevapladıkları, retweet ettikleri mesajlardan ve takipleşme ilişkilerinden çeşitli özellikler çıkarılmış ve Sıralı Minimal Optimizasyon (Sequential Minimal Optimization) sınıflandırıcı ile deneyler gerçekleştirilmiştir. Farklı özellik kümeleri ile yapılan deneylerde sınıf bazında en yüksek F-ölçüm değerlerinin 0,65-0,80 arasında değişkenlik gösterdiği raporlanmıştır.

Huang ve diğerleri (2015) yine Sina Weibo kullanıcıları üzerine bir meslek tahmini çalışması sunmuştur. Ulaşım, finans, devlet, eğitim, eğlence, elektronik, emlak, medya, sağlık, hizmet, kamu yararı ve diğer olmak üzere 12 sektörden farklı oranlarda toplanmış 65.828 kullanıcı hesabıyla geniş bir veri kümesi oluşturulmuştur. Özellik çıkarımında hem mesaj içeriklerinden hem de kullanıcılar arasındaki etkileşimlerden faydalanılmıştır. Naive Bayes, Karar Ağacı, Destek Vektör Makinesi, Lojistik Regresyon yöntemlerinin ve farklı özellik kümelerinin kullanıldığı deneyler sonucunda en iyi başarı 0,80 civarında F-ölçüm değeri olarak alınmıştır. Bu çalışmada, kullanıcıların kendilerine benzer kullanıcılarla etkileşim kurma eğiliminde olması durumunu ifade eden homofili (homophily) terimine özellikle vurgu yapılmış ve bunun meslek tahmini çalışmasında kullanılabilceği belirtilmiştir.

Preoțiu-Pietro ve diğerleri (2015) tarafından yapılan araştırmada 9 farklı meslek grubundan 5.191 Twitter kullanıcısı üzerinde çalışma gerçekleştirilmiştir. Özellik olarak kullanıcının takipçi sayısı, takip ettiği hesap sayısı, toplam tweet sayısı, içinde etiket geçen tweetlerinin oranı, bir günde attığı ortalama tweet sayısı gibi kullanıcı seviyesindeki niteliklerin yanı sıra tweetlerin içerikleri de kullanılmıştır. Lojistik Regresyon, Destek Vektör Makinesi ve Gauss Süreci (Gaussian Process) yöntemlerinin uygulandığı testlerde en iyi sonuç, Gauss Süreci yöntemiyle %52,7 doğruluk değeri olarak elde edilmiştir. Pan ve diğerleri (2019) kendi çalışmaları için, aynı veri kümesindeki 4.557 kullanıcının takip ettiği kullanıcıları ve takipçilerini de toplamışlardır. Veri kümesindeki diğer kullanıcıların hesapları askıya alındığı veya özel (private) hesaba çevrildiği için profillerine erişilemediği belirtilmiştir. Ana kullanıcıların bu takipleşme ilişkilerinden çıkarılan komşuluk matrisi, Çizge Evrişimsel Ağ (Graph Convolutional Network) sınıflandırıcıya verilerek %61 doğruluk oranıyla Preoțiu-Pietro ve diğerlerine göre daha yüksek performans alınmıştır.

Tu ve diğerleri (2015) de Sina Weibo sitesinden 62.415 kullanıcı hesabını toplayarak oluşturdukları veri kümesi üzerinde bir çalışma sunmuştur. PRISM (PProfession Identification in Social Media) adı verilen model ile 14 farklı meslek grubuna (medya, devlet, eğlence, emlak, finans, bilişim, spor, eğitim, moda, oyun, edebiyat, hizmet, sanat, sağlık) ait bu kullanıcıların meslekleri 0,82 F-ölçüm oranıyla tahmin edilebilmiştir. Kullanıcıların kendi yazdıkları biyografi açıklamaları, paylaştıkları mesajlar, mesajlardaki etiketler, mesajlardaki URL adresleri gibi bilgiler özellik çıkarımında kullanılmıştır. Eğitim verisini zenginleştirmek ve sınıflandırma performansını artırmak amacıyla, etiketlenmemiş 150.000 yeni kullanıcı hesabını otomatik etiketlemek için mevcut veri kümesi temel sınıflandırıcı

* <https://weibo.com>

olarak kullanılmıştır. Yarıdan fazla temel sınıflandırıcının, meslekleri konusunda hemfikir olduğu yeni kullanıcılar seçilerek ilgili meslek etiketiyle birlikte eğitim kümesine dâhil edilmiştir. Temel sınıflandırıcılar tekrar eğitilerek bu işlem yinelenmiştir.

Hu ve diğerleri (2016) yaptıkları çalışmada, 9.800 Twitter kullanıcısının paylaştıkları tweetler üzerinden 8 farklı mesleğin (pazarlama, yönetici, girişimci, editör/yazar, yazılım mühendisi, halkla ilişkiler, ofis memuru ve tasarımcı) farklı karakteristiklerini çıkarmışlardır. Daha sonra, özellik kümesi olarak tweetlerde geçen kelimeleri, ikili ve üçlü kelime gruplarını kullanarak sınıflandırma deneyleri gerçekleştirmişlerdir. Kullanıcıların %95'inden fazlasının kullandığı terimler ile %10'undan azının kullandığı terimler özellik kümesinden çıkarılmıştır. Yapılan deneylerde ortalama F-ölçüm değeri 0,78 olarak hesaplanmıştır.

Lv ve diğerleri (2017) bu konuda literatürde yer alan çalışmaların genelde meslek grupları ile ilgili olduklarını ve bu çalışmaların spesifik meslekler üzerinde yapılmadığı için gerçek hayattaki uygulamalar için yetersiz kaldıklarını belirtmişlerdir. Bu yüzden araştırmacılar kendi çalışmalarında spesifik mesleklerden kullanıcıların paylaşımlarını içeren bir veri kümesi oluşturmuşlardır. 8 farklı meslekten (yazar, muhabir, avukat, fotoğrafçı, aktör, şarkıcı, doktor ve diyetisyen) 8.000 Sina Weibo kullanıcısını rastgele seçmişler ve 100 ila 500'er paylaşımlarını toplamışlardır. Klasik özellik kümelerinin yanı sıra meslek odaklı sözlük tabanlı kelime temsillerini (word embedding) kullandıkları deneylerde en yüksek başarıyı %87,12 doğruluk oranıyla Destek Vektör Makinesi sınıflandırıcı ile elde etmişlerdir.

Meslek tespiti üzerine bugüne kadar yapılmış çalışmalara bakıldığında bunların çoğunun Sina Weibo sitesinin verilerini kullandığı görülmektedir. Bunun başlıca sebebi Sina Weibo'da onaylanmış hesaplar için meslek etiketinin zorunlu olmasıdır. Bu sayede onaylanmış olan tüm kullanıcıların meslekleri de otomatik olarak çekilebilmektedir. Öte yandan, Twitter'da hem normal kullanıcılar için hem de onaylanmış kullanıcılar için meslek bilgisi alanı yoktur. Kullanıcılar isterse mesleklerini biyografi açıklamalarında kendileri yazmaktadır. Dolayısıyla, Twitter kullanıcılarının meslek bilgilerine doğrudan erişmenin kolay bir yolu olmadığı için tweetlerle bir meslek veri kümesi oluşturmak daha meşakkatlidir.

Literatürde fotoğraflar üzerinden (Song vd., 2011; Shao vd., 2013; Chu & Chiu, 2014; Chu & Chiu, 2016) ve el yazısı görüntülerinden (Kumar vd., 2020) meslek tahmini çalışmaları da mevcuttur, ancak bu çalışmada metin verileri üzerinde çalışıldığı için bu bölümde söz konusu çalışmalara dair detay verilmesine gerek görülmemiştir.

3. Materyal ve Metot

Bu bölümde çalışmada kullanılan veri kümesi, veriler üzerinde uygulanan ön işleme adımları, özellik çıkarımı ve deneylerde kullanılan sınıflandırma yöntemlerine dair bilgiler sunulmaktadır.

3.1. Veri Kümesi ve Ön İşleme

Literatürde Türkçe dili üzerine meslek tahmini çalışmasında kullanılabilecek kamuya açık olarak paylaşılmış bir veri kümesi bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu araştırma için öncelikle bir veri kümesi oluşturulması gerekmektedir. Veri toplama kolaylığı

nedeniyle, veri kaynağı olarak Türkiye'de en çok kullanılan sosyal medya ağlarından biri olan Twitter (T.C. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı, 2022) tercih edilmiştir.

Araştırmada kullanıcıların meslek grubunun değil, doğrudan mesleğinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle, veri kümesi oluşturulurken öncelikle 10 spesifik meslek belirlenmiştir. Bu meslekler şunlardır: avukatlık, diyetisyenlik, doktorluk, ekonomistlik, öğretmenlik, psikologluk, spor yorumculuğu, tarihçilik, yazılımcılık, ziraat mühendisliği. Daha sonra Twitter'da her bir meslekten 5'er kullanıcı bulunmuştur. Bu aşamada, biyografi açıklamalarında açıkça mesleklerini belirten gerçek kullanıcılar seçilmiştir, parodi hesaplar veya sahte olabilecek kullanıcılara ait hesaplar tercih edilmemiştir. Son olarak, bu kullanıcıların paylaştıkları 500'er tweet toplanmıştır. Kullanıcıların tweetleri toplanırken güncel olandan eskiye doğru gidilmiştir. Sağlıklı bir veri kümesi oluşturmak amacıyla aşağıda belirtilen tweetler veri kümesine dâhil edilmemiştir:

- Türkçe yazılmamış olan tweetler
- İçeriği farklı bir kullanıcıya ait olan retweetler
- Karşılıklı bir sohbet akışının parçası olan ve tek başına bir anlam ifade etmeyen tweetler
- Sadece bağlantı (link) içeren tweetler
- Tekrar eden tweetler

Bu şekilde her bir meslekten 2.500 tweet olmak üzere toplam 25.000 Türkçe tweetten oluşan bir meslek veri kümesi ortaya çıkarılmıştır. Tweetlerdeki metinler küçük harfe çevrilmiş ve içerisinde geçen bağlantılar bu çalışma için anlamlı olmadığından temizlenmiştir. Çalışma kapsamında oluşturulan veri kümesi, bu alanda çalışma yapmayı düşünen diğer araştırmacıların da kullanabilmesi amacıyla kamuya açık olarak Github'da paylaşılmıştır[†].

Deneylerden önce tweetlerdeki tüm noktalama işaretleri silinmiştir. Kelimelerin köklerini bulmak için açık kaynak kodlu Türkçe doğal dil işleme kütüphanesi olan Zemberek (Akin & Akin, 2007) kullanılmıştır.

3.2. Özellik Çıkarımı ve Sınıflandırma

Sınıflandırma aşamasında özellik olarak hem kelimelerin kendileri hem de kökleriyle ayrı ayrı deneyler gerçekleştirilmiştir. Özellik kümesi oluşturulurken doğal dil işleme çalışmalarında yaygın olarak kullanılan TF-IDF (Term Frequency-Inverse Document Frequency/Terim Frekansı-Ters Doküman Frekansı) metin temsil yöntemi tercih edilmiştir. Sınıflandırma başarısını yükseltmek amacıyla özellik seçimi yapılarak, mevcut özelliklerin yarısı ile deneyler tekrar edilmiştir. Özellik seçimi için Ki-kare (Chi-squared) yöntemi kullanılmıştır.

Twitter'da paylaşılan her bir tweet için 280 karakter sınırı vardır. Söz konusu limitin tamamının kullanılması durumunda Türkçe yazılmış anlamlı bir tweet en fazla 40 civarında kelime içerebilmektedir. Çalışma kapsamında oluşturulan veri kümesinde, ön işleme adımlarından sonra her bir tweette (kelimeler arasındaki boşluklar dâhil) ortalama 147,8 karakter ve 20,7 kelime mevcuttur. Öte yandan, bazı tweetler sadece birkaç kelimedenden oluşmaktadır. Bu durum da tweetlerin metin sınıflandırma çalışmalarında kullanılmasının en önemli kısıtı olarak ifade edilmektedir. Çünkü kısa metinlerin sınıflandırılması uzun metinlere göre genellikle daha zordur. Meslek tahmini

[†] <https://github.com/imayda/occupation-dataset-in-turkish>

üzerinden düşünülecek olursa, kullanıcının paylaştığı tek bir tweete bakarak, onun hangi meslektendiğini anlamak oldukça güçtür. Bir tweet üzerinden meslek tahmini yapmaya çalışmak yerine kullanıcının birkaç tweetine birlikte bakmak bu işi çok daha kolaylaştırır. Bu nedenle, kullanıcılara ait tweetler hem tekil olarak hem de 5'li ve 10'lu gruplar halinde birleştirilerek deneylerde kullanılmıştır. Birleştirme yapılırken art arda gelen tweetler bir araya getirilerek, testlerde tek bir veri olarak değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma aşamasındaki deneylerde, literatürdeki çalışmalarda da sıkça tercih edilen Destek Vektör Makinesi ve Lojistik Regresyon yöntemleri kullanılmıştır. Testler Google Colab ortamında Python dili ile yazılmış, kullanılan algoritmalar için açık kaynak kodlu makine öğrenmesi kütüphanesi olan Scikit-learn[‡]'den faydalanılmıştır. Destek Vektör Makinesi yönteminde parametre olarak lineer kernel kullanılırken, Lojistik Regresyon yönteminde maksimum iterasyon sayısı 200 olarak belirlenmiştir. Makine öğrenmesi yöntemlerinin diğer parametreleri değiştirilmeden kütüphanedeki varsayılan

değerleriyle çalıştırılmıştır. Tüm deneyler 10-katlı çapraz doğrulama yapılarak gerçekleştirilmiştir. Bu iki yöntem haricinde K-En Yakın Komşu algoritması farklı komşuluk değerleriyle (10, 20, 30) ve Rastgele Orman algoritması farklı tahmin edici sayıları (10, 50, 100) ile test edilmiş ancak sınıflandırma başarıları daha düşük olduğu için bu testlerin sonuçları makalede sunulmamıştır.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kelimelerin kendilerinin kullanıldığı deneylerde 86.218, kelimelerin köklerinin kullanıldığı deneylerde ise 29.375 terimden oluşan özellik kümeleri makine öğrenmesi yöntemlerine verilmiştir. Öncelikle her bir tweet tek başına bir veri olarak testlerde kullanılmıştır. Bu testlerin sonuçları Tablo 1'de sunulmuştur. Bu sonuçlarda kelime köklerinin kullanıldığı testlerde daha yüksek başarı elde edildiği ve özellik seçiminin başarıya olumlu etki ettiği görülmüştür. Tekil tweetlerin kullanıldığı deneylerde en yüksek doğruluk oranı %74,90 olmuştur.

Tablo 1. Tekil tweetler ile yapılan deneylerin sonuçları

Algoritma	Özellik Oranı	Kelimelerin kendileriyle		Kelimelerin kökleriyle	
		Doğruluk (%)	F-ölçüm	Doğruluk (%)	F-ölçüm
Destek Vektör Makinesi	%100	73,59	0,74	74,05	0,74
	%50	74,34	0,74	74,36	0,74
Lojistik Regresyon	%100	72,86	0,73	74,69	0,75
	%50	73,43	0,74	74,90	0,75

Daha sonra, kullanıcıların paylaştıkları tweetler art arda 5'li ve 10'lu gruplar halinde birleştirilerek tek bir veri olarak değerlendirilmiş ve böylece daha uzun veriler elde edilmiştir. Bu şekilde tekrar edilen deneylerin sonuçları Tablo 2 ve 3'te verilmiştir. Verinin içeriğinin büyümesi başarıyı ciddi oranlarda artırmıştır. 5'li gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle en yüksek

%96,20 doğruluk oranı elde edilirken, bu başarı 10'lu gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerde %99,00'a kadar yükselmiştir. Bu deneylerde de kelime köklerinin kullanılması ve özellik seçimi daha iyi sonuçlar alınmasını sağlamıştır. Ayrıca, bu testlerde Destek Vektör Makinesi yönteminin Lojistik Regresyon yöntemine göre daha başarılı olduğu görülmüştür.

Tablo 2. 5'li gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerin sonuçları

Algoritma	Özellik Oranı	Kelimelerin kendileriyle		Kelimelerin kökleriyle	
		Doğruluk (%)	F-ölçüm	Doğruluk (%)	F-ölçüm
Destek Vektör Makinesi	%100	95,54	0,96	95,86	0,96
	%50	95,96	0,96	96,20	0,96
Lojistik Regresyon	%100	94,26	0,94	95,22	0,95
	%50	94,88	0,95	95,30	0,95

Tablo 3. 10'lu gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerin sonuçları

Algoritma	Özellik Oranı	Kelimelerin kendileriyle		Kelimelerin kökleriyle	
		Doğruluk (%)	F-ölçüm	Doğruluk (%)	F-ölçüm
Destek Vektör Makinesi	%100	98,80	0,99	98,92	0,99
	%50	98,84	0,99	99,00	0,99
Lojistik Regresyon	%100	98,16	0,98	98,44	0,98
	%50	98,36	0,98	98,64	0,99

[‡] <https://scikit-learn.org>

Tablo 3'te görüldüğü gibi, veri kümesindeki 10 meslekten birine sahip bir Twitter kullanıcısına ait sadece 10 tweet ile o kullanıcının mesleğini yüksek bir başarıyla tahmin etmek mümkündür. Bu çalışmada %99 gibi yüksek bir sınıflandırma başarısının alınmasının birkaç sebebi vardır. Bunlardan birincisi meslek sayısının 10 ile sınırlı tutulmasıdır. Ancak, gerçek hayatta yüzlerce meslek olduğu bilinmektedir. Örneğin, Wikipedia'nın meslekler listesinde⁸ 754 meslek bulunmaktadır. Veri kümesindeki meslek sayısı artırıldıkça bu tahmin başarısı da düşecektir. Alınan yüksek başarının bir diğer sebebi de veri kümesi oluşturulurken seçilen 10 mesleğin birbirine yakın alanlardan olmamasıdır. Bir avukat ile bir doktorun çok fazla ortak ilgi alanı olması beklenmez. Öte yandan, bir avukat ile bir savcının veya bir doktor ile bir hemşirenin çok daha fazla ortak ilgi alanları vardır. Birbirine yakın mesleklerin verileri birbiriyle daha çok karıştırılacağından, aynı sektör içinde faaliyet gösteren farklı mesleklerden kullanıcıların ayırt edilmesi daha zordur. Bu nedenle, veri kümesinde aynı sektörden mesleklerin bulunması da sınıflandırma başarısını düşürecektir. Ayrıca, yapılan deneylerde eğitim ve test verileri rastgele seçildiği için, bir kullanıcıya ait tweetlerin bir kısmı eğitimde bir kısmı testte kullanılmıştır. Bu durumda, kullanıcının tweet yazma tarzındaki ayırt edici özellikler de sınıflandırma başarısına olumlu etkide bulunmuştur. Örneğin, veri kümesindeki diğer kullanıcılara oranla çok fazla emoji kullanan bir kullanıcının test için ayrılan tweetleri bu farklılıktan dolayı daha kolay tahmin edilebilir. Daha sağlıklı test sonuçları için tweetleri rastgele olarak eğitim ve test için ayırmak yerine doğrudan kullanıcıları rastgele olarak eğitim ve test için ayırmak daha doğru olabilir. Ancak bu çalışmada böyle yapılmamıştır, bu da çalışmanın zayıf yönlerinden biridir.

5. Sonuç

Bu çalışmada, sosyal medyada paylaşım yapan kullanıcıların mesleğinin makine öğrenmesi yöntemleri ile tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bunun için öncelikle 10 farklı meslekten Twitter kullanıcılarının tweetlerini içeren Türkçe meslek veri kümesi oluşturulmuş ve bu veri kümesi kamuya açık olarak paylaşılmıştır. Deneylerde Destek Vektör Makinesi ve Lojistik Regresyon yöntemleri uygulanmış, özellik kümesi olarak hem kelimelerin kendileri hem de kökleri kullanılmıştır. Başarıyı arttırmak için özellik seçimi yapılmış ve özelliklerin yarısı ile testler tekrar edilmiştir. Test sonuçlarında kelime köklerinin kullanılmasının kelimelerin kendilerini kullanmaya göre daha iyi performans gösterdiği ve özellik seçiminin başarıya olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Bu çalışmada en iyi sonuç, 10'lu gruplar halinde birleştirilmiş tweetlerle yapılan deneylerde kelime köklerinin kullanıldığı ve özellik seçiminin yapıldığı Destek Vektör Makinesi testinde %99,00 doğruluk oranı olarak elde edilmiştir.

Gelecek çalışmalarda daha fazla meslekten daha çok sayıda kullanıcının olduğu daha kapsamlı bir veri kümesi oluşturulması hedeflenmektedir. Veri kümesindeki meslek ve kullanıcıların sayısı arttıkça sınıflandırma başarısının düşmesini önlemek için literatürdeki çalışmalarda yapıldığı gibi kullanıcıların sosyal medyadaki bağlantılarının ve etkileşimlerinin de veri kümesine dâhil edilmesi gerekmektedir. Zira homofili prensibine göre sosyal medya kullanıcıları kendisiyle benzer kullanıcıları takip etmeye ve onlarla etkileşim kurmaya daha meyillidir. Buradaki benzerlik tanımında mesleğin de önemli bir yeri vardır.

Dolayısıyla kullanıcıların sosyal medyadaki bağlantıları ve etkileşimleri mesleklerini tahmin etmede önemli ipuçları vermektedir.

Veri kümesi boyutunun artırılmasının yanı sıra deneylerdeki başarı oranını yükseltmeye yönelik olarak gelecek çalışmalarda farklı yöntemlerin uygulanması da planlanmaktadır. Sosyal medya paylaşımlarında yazım hatalarına sık rastlandığı için ön işleme adımlarında bu hataların düzeltilmesi başarıyı olumlu yönde etkileyebilir. Özellik kümesini zenginleştirmek için karakter ve kelime n-gramları veya FastText, Glove gibi Türkçe için çıkarılmış kelime vektörleri kullanılabilir. Son olarak sınıflandırma aşamasında LSTM, CNN, GRU veya BERT gibi derin öğrenme modelleri test edilebilir.

6. Teşekkür

Veri toplama aşamasındaki desteklerinden dolayı Murat Karabulut'a teşekkür ediyorum.

Kaynakça

- Akın, M. D., & Akın, A. A. (2007). Türk Dilleri İçin Açık Kaynaklı Doğal Dil İşleme Kütüphanesi: Zemberek. *Elektrik Mühendisliği*, 431, 38-44.
- Chu, W., & Chiu, C. (2014, Aralık). *Predicting Occupation from Single Facial Images*. IEEE International Symposium on Multimedia, Taichung, Tayvan. <https://doi.org/10.1109/ISM.2014.13>
- Chu, W., & Chiu, C. (2016). Predicting Occupation from Images by Combining Face and Body Context Information. *ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications, and Applications*, 13(1), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3009911>
- Hu, T., Xiao, H., Luo, J., & Nguyen, T. T. (2016, Mayıs). *What the Language You Tweet Says About Your Occupation*. The Tenth International AAAI Conference on Web and Social Media (ICWSM), Köln, Almanya. <https://www.aaai.org/ocs/index.php/ICWSM/ICWSM16/paper/view/13020>
- Huang, Y., Yu, L., Wang, X., & Cui, B. (2015). A multi-source integration framework for user occupation inference in social media systems. *World Wide Web*, 18, 1247-1267. <https://doi.org/10.1007/s11280-014-0300-6>
- Kepios. (2022, Temmuz). Global Social Media Statistics. <https://datareportal.com/social-media-users>
- Kumar, P., Gupta, M., Gupta, M., & Sharma, A. (2020). Profession Identification Using Handwritten Text Images. *Computer Vision and Image Processing (CVIP 2019), Communications in Computer and Information Science*, 1148, 25-35. https://doi.org/10.1007/978-981-15-4018-9_3
- Lv, X., Jin, P., Mu, L., Wan, S., & Yue, L. (2017). Detecting User Occupations on Microblogging Platforms: An Experimental Study. *Web and Big Data, APWeb-WAIM 2017, Lecture Notes in Computer Science (LNCS)*, 10366, 331-345. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63579-8_26
- Pan, J., Bhardwaj, R., Lu, W., Chieu, H. L., Pan, X., & Puay, N. Y. (2019, Temmuz). *Twitter Homophily: Network Based Prediction of User's Occupation*. The 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Floransa, İtalya. <http://doi.org/10.18653/v1/P19-1252>

⁸ https://tr.wikipedia.org/wiki/Meslekler_listesi

- Preoțiu-Pietro, D., Lampos, V., & Aletras, N. (2015, Temmuz). *An analysis of the user occupational class through Twitter content*. The 53rd Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics and the 7th International Joint Conference on Natural Language Processing, Pekin, Çin. <http://doi.org/10.3115/v1/P15-1169>
- Shao, M., Li, L., & Fu, Y. (2013, Aralık). *What Do You Do? Occupation Recognition in a Photo via Social Context*. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Sidney, Avustralya. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2013.451>
- Song, Z., Wang, M., Hua, X., & Yan, S. (2011, Kasım). *Predicting Occupation via Human Clothing and Contexts*. IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV), Barselona, İspanya. <https://doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126355>
- Statista. (2022, Ocak). Most popular social networks worldwide as of January 2022, ranked by number of monthly active users. <https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/>
- T.C. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı. (2022, Mayıs). Sosyal Ağ Haritası, Twitter Kullanım Raporu. <http://sosyalagharitasi.gov.tr/report>
- Tu, C., Liu, Z., & Sun, M. (2015). PRISM: Profession Identification in Social Media with Personal Information and Community Structure. *Social Media Processing (SMP 2015), Communications in Computer and Information Science*, 568, 15-27. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0080-5_2
- Zhou, M., Xu, Y., & Zhao, X. (2012, Aralık). *Study of Feature Extract on Microblog User Occupation Classification*. Fourth International Symposium on Information Science and Engineering (ISISE), Şangay, Çin. <https://doi.org/10.1109/ISISE.2012.14>



Gemilerde Rüzgar Türbini Uygulamasında Optimum Yer Seçimi İçin Bir Benzetim Çalışması: Tanker Gemisi Örneği

Buğra Akyol¹, Kenan Yiğit^{2*}

¹Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3493-2696), bugra.akyol@std.yildiz.edu.tr

^{2*}Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, Gemi Makineleri İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4165-4081), kyigit@yildiz.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1172463)

ATIF/REFERENCE: Akyol, B., Yiğit, K. (2022). Gemilerde Rüzgar Türbini Uygulamasında Optimum Yer Seçimi İçin Bir Benzetim Çalışması: Tanker Gemisi Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 61-66.

Öz

Günümüzde rüzgâr enerjisi, gemilerde sevk sisteminin yanı sıra elektrik enerjisi üretimine de katkı sunmaktadır. Bu çalışmada, gemilere elektrik enerjisi üretimi için kurulabilecek rüzgar türbinlerinden optimum verim alınması konusu incelenmiştir. Bu kapsamda, bir tanker gemisi modellenmiş ve benzetim çalışması yapılmıştır. Gemi güvertesi beş bölgeye ayrılarak, gemideki hangi bölgelerin daha yoğun ve homojen rüzgâr alabileceği tahmin edilmiştir. Bu sayede gemideki optimum rüzgar alanları ve yükseklikleri belirlenmiştir. Böylece, rüzgâr türbininin en uygun alanda maksimum verimle çalışması hedeflenmiştir. Sonuç olarak, incelenen gemi modeli için maksimum rüzgâr hızları sırasıyla baş kasara, ön ana güverte ve vasat bölgeleri olarak belirlenmiştir. Her bir gemi modelinde optimum rüzgar alanının farklılık göstermesi beklenmektedir. Bu nedenle, bu tür yaklaşımların rüzgâr türbini uygulaması yapılacak gemi özelinde gerçekleştirilmesi önem arz etmektedir. Bu çalışma ile benzetim çalışmalarının önemi vurgulanmış olup, bu tür alternatif yaklaşımlar ile gemilerde verimlilik potansiyelinin artırılabilirliği ifade edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gemi, Rüzgâr Enerjisi, Rüzgâr Türbini, Optimum Yer Seçimi, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği.

A Simulation Study for Optimum Location Selection in Wind Turbine Application on Ships: A Case Study for a Tanker Ship

Abstract

Today, wind energy contributes to the generation of electrical energy as well as the propulsion system on ships. In this study, the issue of optimum efficiency from wind turbines that can be installed on ships for electrical energy generation has been examined. In this context, a tanker ship was modeled and a simulation study was carried out. By dividing the ship deck into five zones, it was estimated which areas on the ship could receive more intense and homogeneous winds. In this way, the optimum wind areas and heights of the ship were determined. Thus, it is aimed that the wind turbine will operate in the most suitable area with maximum efficiency. As a result, the maximum wind speeds for the investigated ship model were determined as forecastle, fore main deck, and amidship regions, respectively. The optimum wind area is expected to differ for each ship model. For this reason, it is important to carry out such approaches specifically to the ship where the wind turbine will be applied. With this study, the importance of simulation studies has been emphasized, and it has been stated that such alternative approaches can increase the efficiency potential of ships.

Keywords: Ship, Wind Energy, Wind Turbine, Optimum Location Selection, Computational Fluid Dynamics.

* Sorumlu Yazar: kyigit@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Sanayi devrimi ile başlayan enerji talebindeki artış, fosil kaynaklı yakıtların tüketimini önemli oranda artırmıştır. Bu süreç, günümüzde sera gazı emisyonları ve küresel ısınma ile ilgili konuları ön plana çıkarmıştır. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) verilerine göre, ortalama yüzey sıcaklığı 19. yy sonlarına kıyasla yaklaşık 1.1 °C artmıştır. Ayrıca, 2021 yılı tespit edilebilen en sıcak altıncı yıl olarak kayıtlara geçmiştir (Margetta, 2021). Bu durum, fosil kaynaklı yakıtların azaltılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılması sürecini hızlandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları (hidrolik, jeotermal, güneş, rüzgâr, biokütle, hidrojen, dalga) arasında ise rüzgâr enerjisi çevresel duyarlılık ve hammadde açısından ön plana çıkmaktadır (Ekiz ve ark., 2021). Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre 2021 yılında rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretimi kapasitesi karasal alanlarda yaklaşık 769 GW iken deniz üstü alanlarda yaklaşık 56 GW olarak gerçekleşmiştir (IRENA, 2022).

Bununla birlikte rüzgâr, gemiler için ilk enerji kaynaklarından biri olmuştur. Öncesinde gemi hareketi için faydalanılan rüzgâr enerjisi, günümüzde elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanmasında da yerini almıştır (Biol ve Demirgil, 2021). Rüzgâr enerjisine denizcilik alanında uçurtma sistemi, Flettner rotor sistemi, yelken sistemi, elektrik enerjisi üretim sistemi gibi farklı teknolojiler için ihtiyaç duyulmaktadır (Kükner ve Kaplan, 2017). Bu kapsamda yapılan çalışmalar incelendiğinde, Ionescu ve ark., (2015) gemilerde kullanılabilecek rüzgâr türbini tasarımlarını incelemiştir. Dikey eksenli rüzgâr türbinlerinin gemiler için daha optimum bir tasarıma sahip olduğunu belirtmişlerdir. Kim ve Yaakob (2016) bir tanker gemisinin Singapur-Cidde-Taichung rotasındaki seyir verilerini kullanarak dikey eksenli bir rüzgâr türbini kurulması ve elektrik enerjisi ihtiyacının karşılanması durumunu analiz etmişlerdir. Belirtilen rotalardan geçen gemilerde kurulacak sistem ile yılda yaklaşık %39 oranında yakıt tasarrufu sağlanabileceğini ifade etmişlerdir. Moulas ve ark., (2017) açık denizlerde kurulan rüzgâr türbini çiftliklerinin güvenli bir şekilde işletilmesine yönelik, gemiler ile açık deniz rüzgâr türbini temelleri arasındaki olası çarpışmaların hasar analizini yapmışlardır. Hasara neden olan en kritik faktörlerin; çarpışma enerjisi, geminin yüksekliği ve çarpma alanı olduğunu belirtmişlerdir. Lu ve Ringsberg (2019) bir tanker gemisine ait seyir verilerini kullanarak farklı rüzgâr enerjisi sistemlerinin performansını tahmin etmişlerdir. Çalışma neticesinde, Flettner rotor sistemi ile yaklaşık %9 oranında yakıt tasarrufunun elde edilebileceği sonucuna ulaşmışlardır. Şentürk ve Oğuz (2020) Bozcaada bölgesinde işletilmekte olan bir karasal rüzgâr çiftliği ile o bölgede kurulması muhtemel bir deniz üstü rüzgâr çiftliğinin yaşam döngüsü değerlendirmesini yapmışlardır. Belirlenen bölgede bir deniz üstü rüzgâr çiftliğinin kurulmasının daha maliyetli bir teknoloji olmasına rağmen, karasal sisteme göre daha çevre dostu olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Penloup ve ark., (2021) ticari gemilerde yardımcı tahrik olarak kullanılabilen uçurtma sevk sisteminin kaldırma katsayısı, sürüklenme oranı, uçurtmanın taşıyabileceği maksimum yük ve ip uzunluğu parametrelerinin sistem tasarımına etkisini incelemiştir. Maksimum kanat yükü parametresinin, uçurtma sisteminde en fazla etkiyi gösteren parametre olduğunu ifade etmişlerdir. Antai ve Williams (2021) bir tanker gemisinin sevk sistemine yardımcı olması amacıyla uçurtma sisteminin uygulanabilirliğini araştırmışlardır. Oluşturulan matematiksel model sonucunda, rüzgâr uçurtma destekli tahrik sisteminin mevcut gemi modelinde

ekonomik ve çevresel sorunların çözümüne katkı sunacağını belirtmişlerdir. Seddiek ve Ammar (2021) Mısır ve Fransa arasında seyir yapan bir dökme yük gemisi için Flettner rotor kullanımının etkisini incelemiştir. Flettner rotor kullanımının geminin yıllık yakıt tüketiminde %22'ye kadar tasarruf potansiyeli sağlayabileceğini belirtmişlerdir. Sarı ve ark., (2022) bir savaş gemisi modeli için helikopter güvertesine etki eden hız dağılımlarını farklı rüzgâr açıları dikkate alarak incelemiştir. Borda tarafından gelen rüzgâr hızlarının incelenen alan için daha az türbülans oluşturduğu sonucuna ulaşmışlardır.

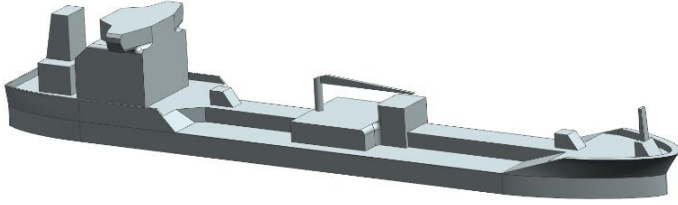
Literatürden görüleceği üzere rüzgâr enerjisi, denizcilik alanında farklı sistemler için birincil enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte rüzgâr rejiminin, rüzgâr enerjisinden maksimum fayda sağlamak için etkili bir parametre olduğu söylenebilir. Optimum rüzgâr hızının elde edilebilmesi konusu kara ve deniz alanlarında verimin artırılmasını sağlamaktadır. Bu kapsamda yapılan bazı çalışmalar incelendiğinde, Karasu Aşnaz ve Yüksel (2018) karasal alanda bulunan 29 adet rüzgâr türbinine sahip bir santralin mevcut yerleşim düzeninden kaynaklı performansını incelemiştir. Mevcut santralde iz etkisinden kaynaklı güç kayıplarının dikkate değer bir olgu olduğunu ve optimal bir yerleşim düzeninin gerekliliğini vurgulamışlardır. Arca ve Keskin Çıtıröğlü (2020) Karabük iline bağlı Yenice ilçesinde rüzgâr enerjisi santralının optimum yerleşimi için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı çok kriterli karar analizi yöntemini kullanmışlardır. Bu yöntemin uygun yer seçimi ve haritalandırma sürecinde etkili bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir. Aydın ve Öztürk (2021) Ege Denizi'nde entegre rüzgâr ve dalga enerji sistemleri için optimum yerleşim alanlarını CBS tabanlı analitik hiyerarşi yöntemi ile belirlemişlerdir. Bu yöntem ile gerçekleştirilecek uygunluk haritasının mevcut enerji sistemlerinin daha verimli işletilmesine olanak sağlayacağını belirtmişlerdir. Karipoğlu ve ark., (2021) deniz üstü rüzgâr santrali kurulumu için CBS tabanlı çok kriterli karar verme yöntemi kullanılarak Bandırma Körfezi bölgesindeki en uygun alanı belirlemeye çalışmışlardır. Bu kapsamda belirlenen iki bölgede sırasıyla 72 MW ve 48 MW kapasiteli deniz üstü rüzgâr santrali kurulumunun gerçekleştirilebileceğini ifade etmişlerdir. Tortumluoğlu ve Doğan (2021) açık deniz rüzgâr türbinlerinin yerleşim planlamasını etkileyen parametreleri incelemiştir. Bölgenin derinliği, ulaşım imkânı, enerji hattı güzergâhı gibi parametrelerin yanı sıra bölgenin rüzgâr rejiminin tasarım sürecinde etkili olduğunu belirtmişlerdir.

İlgili çalışmalar incelendiğinde, karasal ve denizel ortamlarda optimum rüzgâr türbini yerleşiminin rüzgâr rejimine bağlı olarak planlamasının verimi artırabileceği söylenebilir. Bununla birlikte, yazarların bildiği kadarıyla, her ne kadar kara ve deniz üstü rüzgâr türbini sistemleri literatürde farklı açılardan incelse de gemilerde rüzgâr türbini uygulamasına yönelik yeterli çalışmanın olmadığı ifade edilebilir. Bunun öncelikli sebebinin yenilenebilir enerji kaynaklarının gemilere entegrasyonunun güncel bir yaklaşım olmasıdır. Rüzgâr türbini sistemlerinin gemilere entegrasyonuna yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde ise türbinlerin optimum yerleşimine yönelik çalışmaların da sınırlı kaldığı söylenebilir. Bu nedenle bu çalışmada, bir gemide rüzgâr türbini kurulmadan önce optimum yerleşim bölgesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, bir tanker gemisi modellenerek Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemi ile bir rüzgâr rejimi oluşturulmuştur. Oluşturulan benzetim çalışması sonucunda, gemiye etki eden rüzgâr yoğunluğu haritalandırılmış ve gemide rüzgâr türbininin yerleştirilebileceği alanlar belirlenmiştir. Bu sayede, rüzgâr türbininin yerleşiminden kaynaklı optimum verimin sağlanması

amaçlanmıştır. Bu konu, rüzgâr türbinlerinin etkin bir şekilde gemilere entegre edilmesi açısından önem arz etmektedir. Çalışmanın, gemilerde rüzgâr türbini uygulaması öncesi yapılacak fizibilite çalışmalarına katkı sunması beklenmektedir. Güncel bir konu olması sebebiyle, kara ve deniz üstü rüzgâr türbini sistemlerinin yerleşim planlarının belirlenmesine ek olarak, gemilerde de bu tür çalışmaların yapılmasının literatüre bu alanda alternatif bir yaklaşım sunacağı düşünülmektedir.

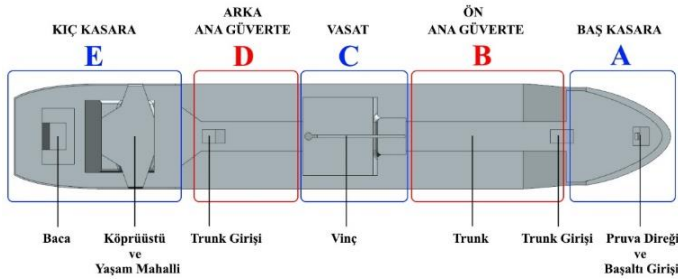
2. Materyal ve Metot

Çalışma için 145 m tam boy uzunluğa ve 23 m genişliğe sahip bir tanker gemisi modellenmiştir. Model gemi Şekil 1’de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan gemi modeli

Tanker gemileri kendi aralarında çeşitlerine, boy uzunluklarına, faaliyet göstereceği coğrafyaya ve diğer etmenlere göre farklılık gösterebilirler. Model gemide, geminin soğuk hava koşullarında da güvenle çalışabilmesi için güverte üzerindeki boruların buzlanma riskine karşı “trunk” adı verilen bir kapalı alan bulunmaktadır. Güvertenin ortasına ise kumanya, yedek parça alımı gibi dışarıdan gemi güvertesine aktarımları sağlayan bir vinç yerleştirilmiştir. Bu bölgenin hemen altında ise yağ, yakıt ve benzeri akışkanların aktarımını sağlayan boru giriş-çıkışları bulunmaktadır. Geminin optimum rüzgâr alan bölgesini belirlemek için gemi alanı beş bölgeye ayrılmıştır. Bu bölgeler ise Şekil 2’de verilmiştir.

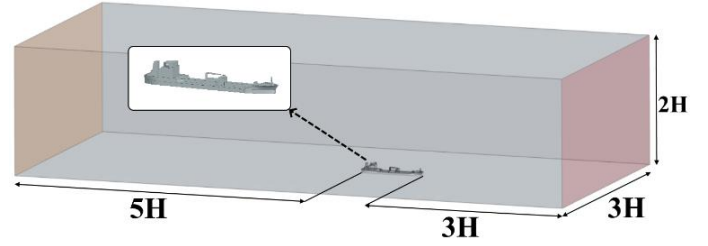


Şekil 2. Model gemiye ait temel bölgeler

A bölgesi geminin üst güvertesi olmakla beraber baş kasara olarak da adlandırılmaktadır. Bu bölgede pruva direği ve başaltı girişi bulunmaktadır. E bölgesi olarak belirlenen kısım ise kıç kasara olarak adlandırılmaktadır ve bu bölgede baca, yaşam mahalli ve köprü üstü bulunmaktadır. A ve E bölgesi arasında kalan kısımlar ise ana güverte olarak isimlendirilir.

Detayları verilen gemi modeline ait bölgelerde meydana gelen rüzgâr karakteristikleri Siemens Star-CCM+ HAD programı ile analiz edilmiştir. Analizler, gemi modelini 1/48 oranında ölçeklendirilerek gerçekleştirilmiştir. Analizler için öncelikle kontrol hacmi oluşturulmuştur. Kontrol hacmi boyutlandırılırken, girişten türbülanslı olarak gelen havanın doğrusallaşması için gemi ile giriş yüzeyi arasında gemi boyunun yaklaşık 3 katı mesafe bırakılmıştır. Akışkanın gemi ile temasından sonra oluşan türbülanslı havanın kontrol hacmi

içerisinde kalabilmesi için gemi ile çıkış yüzeyi arasında gemi boyunun yaklaşık 5 katı mesafe bırakılmıştır. Kontrol hacminin yüksekliği 2 gemi boyu ve genişliği ise 3 gemi boyu mesafe olacak şekilde boyutlandırılmıştır. Kontrol hacmi ve boyutlandırılmasına yönelik detaylar Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Kontrol hacmi ve boyutlandırılması

Analizler için gerekli olan bir diğer parametre ise rüzgâr hızıdır. Gemilerin rotaları oldukça değişiklik göstermektedir. Gemiler, birkaç ay içerisinde Akdeniz’den Pasifik Okyanusu’na, Hint Denizi’nden Baltık Denizi’ne kadar farklı iklim özelliklerinin görüldüğü coğrafyalarda bulunabilirler. Bu nedenle, model gemi ortamındaki rüzgâr hızı 12.9 knot (~6.6 m/s) olarak kabul edilmiştir. Bu değer, okyanuslar üzerinde 10 m yükseklikteki küresel ortalama rüzgâr hızını ifade eder (Archer, 2005). Model geminin hızı ise 14 knot (~7.2 m/s) olarak alınmıştır. Analizler, gemi seyir halinde iken baş tarafından rüzgâra maruz kalması durumu için değerlendirilmiştir. Burada ifade edilen rüzgâr hızı değerleri Reynold sayısı dikkate alınarak ölçek gemi modeli için yeniden düzenlenerek analizler gerçekleştirilmiştir. Bu durumda elde edilen bağıl hız değeri ise kontrol hacmi giriş hızı olarak kabul edilmiştir. Çalışmada “K-Omega Türbülans Modeli” kullanılmıştır. Ayrıca, rüzgâr hızı gemiye yerleştirilecek rüzgâr türbininden maksimum elektrik enerjisi üretimi için önemli bir faktördür. Bu etki Denklem 1 ile gösterilebilir (Kurban ve ark., 2007).

$$P = \frac{1}{2} \rho \theta^3 C_p A \quad (1)$$

Burada, P rüzgâr türbininden elde edilebilecek gücü (W), ρ hava yoğunluğunu (kg/m^3), θ ortalama rüzgâr hızını (m/s), C_p türbin verimini, A ise türbin kanatları süpürme alanını (m^2) ifade eder. Denklem 1’den görüleceği üzere rüzgâr hızında meydana gelecek her bir değişim, rüzgâr türbininde elde edilebilecek güç üretimini küpü oranında etkileyecektir. Bu nedenle, rüzgâr türbinin yerleştirileceği alanın optimum rüzgâr hızını yakalayacak bir bölgeye sahip olması verimi önemli oranda artıracaktır.

Ek olarak, literatürde mevcut her hangi deneysel sonuca rastlanmadığından çalışmada kullanılan sayısal yöntemin doğrulama çalışması yapılamamıştır. Ancak kullanılan sayısal çözücünün ağ sayısı açısından sayısal belirsizliği hesaplanabilmiştir. Belirsizlik çalışması için ITTC tarafından gemi hidrodinamiği alanında önerilen GCI yöntemi kullanılmıştır. Belirsizlik çalışmasında kullanılan ağ sayısı ve aerodinamik direnç katsayısı (C_D) değerleri Tablo 1’de verilmiştir.

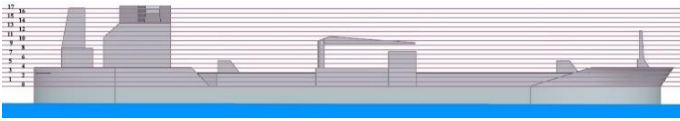
Tablo 1. Ağ sayısı ve C_D değerleri

Ağ sayısı	C_D değeri
4367164	0.150482
1685013	0.155304
741460	0.146673

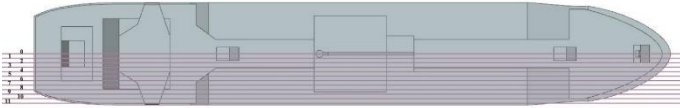
Tablo 1’de görüldüğü üzere sayısal belirsizlik çalışmasında kullanılan skaler büyüklük, ağ sayısı arttıkça lineer bir değişim göstermemektedir. Bu durum sayısal belirsizliğin osilatif olarak yakınsadığına işaretir. Bu değerlere göre sayısal çözücünün mevcut ağ algoritması ile en iyi ağ sayısı için sayısal belirsizliği yaklaşık %4.5 civarındadır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmada, güverte üzerinde dikey ve yatayda 1 m’lik katmanlar belirlenerek rüzgâr karakteristikleri her katman için incelenmiştir. Şekil 4 güverte seviyesinden itibaren 1 m’lik yatay (yükseklik) katmanlarını göstermektedir. Şekil 5 ise güverte merkezinden sancak tarafına doğru 1 m’lik dikey katmanları göstermektedir. Böylece, gemi güvertesi üzerinde kalan tüm hacmin belirli kesit aralıklarıyla analiz edilmesi sağlanmıştır.

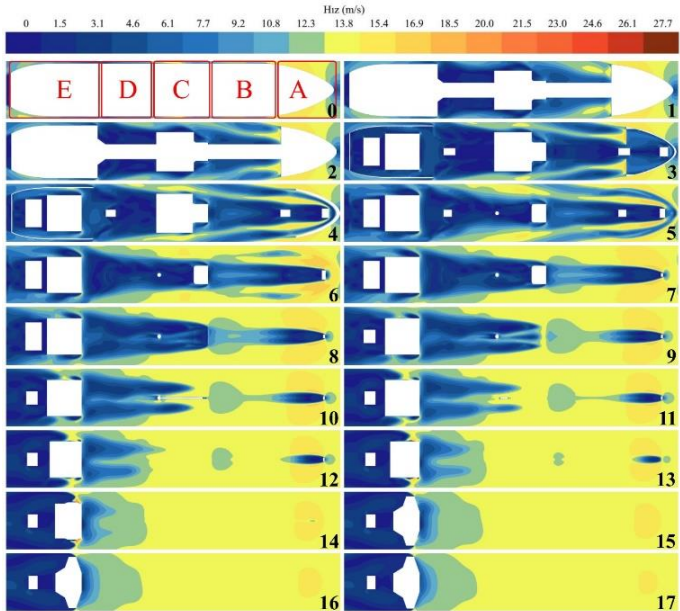


Şekil 4. Güverte katmanları (yatay)



Şekil 5. Güverte katmanları (dikey)

Analizler neticesinde geminin farklı bölgelerinde elde edilen rüzgâr hızları ise Şekil 6 ve Şekil 7’de verilmiştir. Geminin güverte seviyesinden itibaren 1 m’lik katmanlarda maruz kaldığı rüzgâr hızı dağılımları Şekil 6 ile gösterilmiştir.

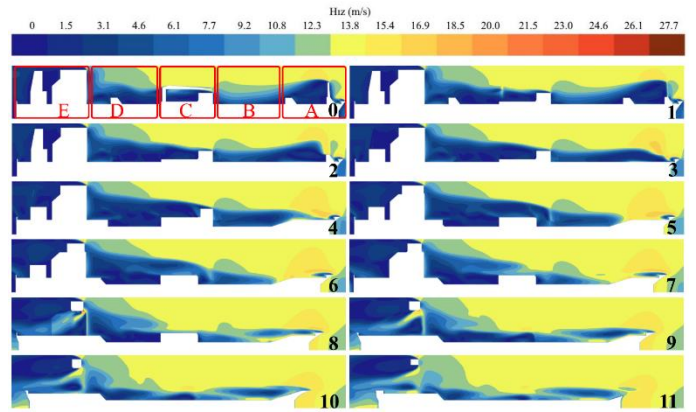


Şekil 6. Tüm katmanların hız kontürleri (yatay)

Şekil 6 geminin güvertesinden itibaren 1 m’lik yüksekliklerde meydana gelen rüzgâr hızı dağılımlarını göstermektedir. Gemi güvertesinden, 17 m yüksekliğe kadar meydana gelen rüzgâr hızı incelendiğinde, yüksek kesitlerde rüzgârın daha az engele maruz kaldığı, rüzgâr hızının da buna bağlı olarak homojen bir dağılım gösterdiği ve geminin baş tarafından gelen rüzgârın karakteristiğini koruduğu

görülmektedir. Bununla birlikte bölgeler tek tek incelendiğinde, A bölgesinde güverte seviyesi 3. katmandan itibaren başlamaktadır. 6. katmandan itibaren ise normalde maruz kaldığı rüzgâr hızından daha yüksek değerlerde rüzgâr hızı elde edilmiştir. B bölgesi incelendiğinde 12. katmandan itibaren rüzgâr hızı homojen bir dağılım göstermiştir. Özellikle 5. katmana kadar trunk baş girişi ve pruva direği sebebiyle daha düşük rüzgâr hızları meydana gelmiştir. Bununla birlikte 7. katmandan itibaren trunkun dışında kalan bölgelerde daha homojen ve ilk 5 katmana göre daha etkili rüzgâr hızı yakalanabileceği ifade edilebilir. C bölgesi incelendiğinde 12. katmandan itibaren rüzgârın homojen ve kendi karakteristiğini koruduğu bir rüzgâr yoğunluğu elde edilmiştir. Bu seviyenin altında kalan katmanlarda vinç ve yakıt transfer üniteleri bulunduğu için çok düşük rüzgâr hızları oluşmuştur. D bölgesinde ise geminin baş tarafından gelen rüzgâr bu kısma ulaşana kadar, karşılaştığı güverte ekipmanları ve yapılarından dolayı tüm katmanlarda düşük rüzgâr hızlarına rastlanmıştır. E bölgesi incelendiğinde ise yaşam mahallinin, köprü üstü ve baca yapılarının bu bölgede olması sebebiyle, bu alan yeterince rüzgâr etkisine maruz kalamamıştır ve bu nedenle tüm katmanlarda düşük rüzgâr hızı karakteristiklerine rastlanmıştır.

Ayrıca, geminin güverte merkezinden sancak tarafına doğru 1 m’lik dikey katmanlarda maruz kaldığı rüzgâr hızı dağılımları Şekil 7 ile gösterilmiştir.



Şekil 7. Tüm katmanların hız kontürleri (dikey)

Şekil 7 geminin güverte merkezinden sancak tarafına doğru 1 m’lik katmanlarda meydana gelen rüzgâr yoğunluklarını göstermektedir. Genel anlamda, güverte merkezinden iskele veya sancak tarafına doğru ilerledikçe daha homojen ve yüksek hızlarda rüzgâr yoğunluğu elde edilmiştir. Bölgesel olarak incelendiğinde, A ve B bölgesinin diğer bölgelere göre daha yüksek ve homojen bir rüzgâr dağılımına sahip olduğu bu kesit alanından da görülmektedir. Bununla birlikte, C bölgesinde bulunan güverte üstü yapıları geminin baş kısmından gelen rüzgâra karşı engel oluşturmuştur. Bu durum, D ve E bölgelerinde de heterojen ve düşük rüzgâr hızlarının olduğu bir alan meydana getirmiştir.

Özetle, referans alınan gemi modeli için yapılan çalışma sonucunda rüzgâr hızı karakteristiği dikkate alındığında rüzgâr türbini yerleşim için en uygun birinci alanın A bölgesi olduğu ifade edilebilir. Fakat bu bölge, çoğu tanker gemisi modelinde bulunan ırgat ve güverte ekipmanlarından dolayı büyük güç kapasiteli rüzgâr türbini yerleşimine uygun olmayabilir. Böyle bir engel ile karşılaşılması durumunda, daha düşük kapasiteli rüzgâr türbinleri bu bölgeye yerleştirilebilir ve böylece ilgili bölgeden maksimum verim alınabilir. Belirtilen nedenlerden dolayı A bölgesine herhangi bir türbin yerleşiminin yapılamaması

durumunda ikinci en uygun alanın B bölgesi olması muhtemeldir. Bu bölgede nispeten A bölgesine göre daha düşük ve diğer bölgelere göre daha yüksek ve homojen rüzgâr dağılımı yakalanabilir. Bu bölgenin avantajı, diğer bölgelere nispeten farklı kapasitelerdeki rüzgâr türbinlerinin güvenle çalışmasını engelleyebilecek ekipmanların bulunmaması veya daha az olmasıdır. Herhangi bir nedenle, B bölgesine türbin yerleşiminin yapılamaması durumunda ise üçüncü en uygun alanın C bölgesi olması muhtemeldir. Bu bölgede yakıt transferi işlemlerinin yapılması ve bölgenin vinç menzili içerisinde kalma potansiyeli bulunmakla birlikte, iskele ve sancak taraflarına yakın bölgelerde türbin yerleşimine uygun rüzgâr karakteristikleri elde etmek mümkündür. Belirtilen kısımlara rüzgâr türbini özelliğine bağlı olarak türbinin yerleştirilip yerleştirilemeyeceğine gemi operasyonları dikkate alınarak karar verilebilir. D ve E bölgelerinin ise diğer bölgelere göre daha heterojen ve daha düşük bir rüzgâr hızı yoğunluğuna sahip olmasından dolayı yüksek kapasiteli rüzgâr türbini yerleşimi için verimli olmadığı görülmektedir.

Her ne kadar üzerinde çalışılan gemi modeli için optimum rüzgâr türbini yerleşimi ifade edilen bölgeler için daha verimli olsa da, bu tür analizlerin her bir gemi özelinde yapılması daha doğru sonuçlar verecektir. Çünkü gemiler faaliyetlerine göre yük gemisi, tanker gemisi gibi farklı türlere ayrılrsa da her bir gemi türü de kendi içerisinde farklı ekipmanlara veya tasarımlara sahip olmaktadır. Bu durum, aynı gemi türleri için de en uygun rüzgâr yoğunluğu bölgesinin belirlenmesinde farklılık gösterebileceği anlamına gelir. Bu tür uygulamalardan önce geminin detaylı olarak modellenmesi ve varsa çalışacağı bölgenin rüzgâr karakteristiğine göre detaylı analizlerinin yapılması veya geminin farklı rüzgâr karakteristiklerine maruz bırakılması ile gemide uygulanması planlanan rüzgâr türbini modeli için en uygun konumun belirlenebileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, bu çalışma ile gemilere rüzgâr türbininin optimum yerleştirilmesine yönelik alternatif bir yaklaşım sunulması amaçlanmıştır. Çalışma bu kapsamda değerlendirildiğinde, önerilen yaklaşımın literatüre ve sektöre yenilenebilir enerji kaynaklarının gemilere entegrasyonu konusunda farklı bir bakış açısı kazandırması ve katkı sunması beklenmektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, bir tanker gemisi modeline rüzgâr türbini entegrasyonu için en uygun alanın tahmin edilmesi konusu incelenmiştir. Çalışma kapsamında, seyir halindeki bir tanker gemisi baş tarafından rüzgâra maruz bırakılmıştır. Sonrasında, gemi üzerinde oluşan rüzgâr karakteristiği haritalandırılmış ve rüzgâr türbininin yerleştirilebileceği en uygun bölgeler tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, baş kasara, ön ana güverte ve vasat bölgelerinde diğer bölgelere göre daha yüksek rüzgâr hızları elde edilmiştir. Bu bölgelerde, gemi operasyonlarına ve türbin yerleşimine engel oluşturacak her hangi bir durum bulunmaması durumunda sırasıyla baş kasara, ön ana güverte ve vasat bölgelerinden maksimum verim alınabileceği sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, bu bölgelerde gemi operasyonlarına yönelik ekipmanların bulunması durumu dikkate alındığında, ön ana güverte bölgesinde daha az engelle karşılaşılabileceği gözlemlenmiştir. Bu nedenle, hem gemi operasyonlarının güvenli bir şekilde gerçekleşmesi hem de gemi için seçilecek rüzgâr türbini modelinin dikkate alınarak optimum yerleşim alanının belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışma ile gemilerde rüzgâr türbini uygulamalarından optimum verim alınabilmesi için alternatif yaklaşımların kullanılabilirliği vurgulanarak, bu tür

analizlerin uygulama yapılacak gemi ve rüzgâr türbini modeli özelinde yapılmasının enerji verimliliğini artırabileceği ifade edilmiştir.

Kaynakça

- Antai, E. E., & Williams, E. E. (2021). A study to investigate the option of applying a towing kite to an existing tanker vessel as a hybrid propulsion system. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 03(04).
- Arca, D., & Keskin Çıtıröğlü, H. (2020). Güneş enerjisi santral (GES) yapım yerlerinin CBS dayalı çok kriterli karar analizi ile belirlenmesi: Karabük örneği. *Geomatik*. doi:10.29128/geomatik.803200
- Archer, C. L. (2005). Evaluation of global wind power. *Journal of Geophysical Research*, 110(D12). doi:10.1029/2004jd005462
- Aydıner, İ., & Öztürk, D. (2021). Coğrafi bilgi sistemleri tabanlı analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak Ege denizi'nde rüzgâr ve dalga enerji sistemleri için yer seçimi. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 23(67), 217-232. doi:10.21205/deufmd.2021236719
- Biröl, Y. E., & Demirel, B. (2021). Rüzgâr enerjisi üretimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: AB-15 ülkeleri için bir panel veri analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. doi:10.18070/erciyesiibd.952820
- Ekiz, S., Şirin, A., & Erener, A. (2021). En uygun rüzgâr enerji santrali yerlerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi: Kocaeli ili örneği. *Journal of Geodesy and Geoinformation*, 9(1), 59-79. doi:10.9733/jgg.2022r0005.t
- Ionescu, R. D., Szava, I., Vlase, S., Ivanoiu, M., & Munteanu, R. (2015). Innovative solutions for portable wind turbines, used on ships. *Procedia Technology*, 19, 722-729. doi:10.1016/j.protcy.2015.02.102
- IRENA, International Renewable Energy Agency. (2022), Wind energy data. Retrieved June 06, 2022, from, <https://www.irena.org/wind>.
- Karasu Aşnaz, M. S., & Yüksel, B. (2018). Bir rüzgâr enerji santralindeki rüzgâr türbinlerinin yerleşimlerinden kaynaklanan güç kayıplarının hesaplanması. *Balikesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1-13. doi:10.25092/baufbed.485820
- Karipoğlu, F., Öztürk, S. & Genç, M. S. (2021). Determining suitable regions for potential offshore wind farms in Bandırma Bay using multi-criteria-decision-making method. *Mühendislik Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi*. doi:10.46387/bjesr.900204
- Kim, T. K., & Yaakob, O. (2016). Adaptation of wind power for ship essential service system onboard. *Journal of Transport System Engineering*, 08-19.
- Kurban, M., Kanta, Y. M., & Hocaoglu, F. O. (2007). Weibull dağılımı kullanılarak rüzgâr hız ve güç yoğunluklarının istatistiksel analizi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 205-218.
- Kükner, A., & Kaplan, C., (2017). Yenilenebilir enerji kaynakları ve alternatif sevk sistemlerinin yatarda uygulanması. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, (204), 73-88.
- Lu, R., & Ringsberg, J. W. (2019). Ship energy performance study of three wind-assisted ship propulsion technologies including a parametric study of the Flettner Rotor Technology. *Ships and Offshore Structures*, 15(3), 249-258. doi:10.1080/17445302.2019.1612544

- Margetta, R. (2021). 2021 tied for 6th warmest year in continued trend, NASA analysis shows. Retrieved April 24, 2022, from <https://www.nasa.gov/press-release/2021-tied-for-6th-warmest-year-in-continued-trend-nasa-analysis-shows>
- Moulas, D., Shafiee, M., & Mehmanparast, A. (2017). Damage analysis of ship collisions with offshore wind turbine foundations. *Ocean Engineering*, 143, 149-162. doi:10.1016/j.oceaneng.2017.04.050
- Penloup, Q., Roncin, K., & Parlier, Y. (2021). Influence of kite characteristics on propulsive power applied to ship auxiliary propulsion. *Journal of Sailing Technology*, 6(01), 173-192. doi:10.5957/jst/2021.6.1.173
- Sarı, S., Dogrul, A., & Bayraktar, S. (2022). The aerodynamic wind loads of a naval surface combatant in model scale. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 68-76. doi:10.1007/978-3-031-05230-9_7
- Seddiek, I. S., & Ammar, N. R. (2021). Harnessing wind energy on merchant ships: case study flettner rotors onboard bulk carriers. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(25), 32695-32707. doi:10.1007/s11356-021-12791-3
- Şentürk, A. E., & Elif, O. (2020). Karasal ve deniz üstü rüzgâr çiftliklerinin ekonomik ve çevresel etkilerinin incelenmesi. *Gemi ve Deniz Teknolojisi*, 28(217), 5-32.
- Tortumluoğlu, M. İ., & Doğan, M. (2021). Açık deniz rüzgar türbinleri için uygun yer seçim kriterlerinin irdelenmesi ve kuzey ege kıyılarına uygulanması. *Deu Muhendislik Fakültesi Fen ve Muhendislik*, 23(67), 25-41. doi:10.21205/deufmd.2021236703



A Detection and Prediction Model Based on Deep Learning Assisted by Explainable Artificial Intelligence for Kidney Diseases

Ahmet Furkan Bayram¹, Caglar Gurkan^{2,*}, Abdulkadir Budak³ and Hakan Karatas⁴

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon (ORCID: 0000-0002-1304-9941), bayramahmet48@gmail.com

^{2*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{2*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

³ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1171777)

ATIF/REFERENCE: Bayram, A.F., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). A Detection and Prediction Model Based on Deep Learning Assisted by Explainable Artificial Intelligence for Kidney Diseases. *European Journal of Science and Technology*, (40), 67-74.

Abstract

Kidney diseases are one of the most common diseases worldwide and cause unbearable pain in most people. In this study aims to detecting the cyst and stone in the kidney. For the this purpose, YOLO architecture designs were used for detection of kidney, kidney cyst and kidney stone. The YOLO architecture designs were supported by the explainable artificial intelligence (xAI) feature. CT images in three classes, namely 72 kidney cysts, 394 kidney stones and 192 healthy kidneys were used in the performance analysis part of the YOLO architecture designs. As a result, YOLOv7 architecture design outperformed the YOLOv7 Tiny architecture design. YOLOv7 architecture design achieved the mAP50 of 0.85, precision of 0.882, sensitivity of 0.829 and F1 score of 0.854. Consequently, deep learning based xAI assisted computer aided diagnosis (CAD) system was developed for diagnosis of kidney diseases.

Keywords: Kidney stone, Kidney cyst, Deep learning, YOLOv7, Explainable artificial intelligence.

Böbrek Hastalıkları için Açıklanabilir Yapay Zeka Destekli Derin Öğrenmeye Dayalı Bir Tespit ve Tahmin Modeli

Öz

Böbrek hastalıkları dünya çapında en yaygın hastalıklardan biridir ve çoğu insanda dayanılmaz ağrılara neden olur. Bu çalışmada böbrekteki kist ve taşın tespiti amaçlanmıştır. Bu amaçla böbrek, böbrek kisti ve böbrek taşı tespiti için YOLO mimari tasarımları kullanılmıştır. YOLO mimari tasarımları açıklanabilir yapay zeka (AYZ) özelliği ile desteklenmiştir. YOLO mimari tasarımlarının performans analizi kısmında 72 böbrek kisti, 394 böbrek taşı ve 192 sağlıklı böbrek olmak üzere üç sınıftaki BT görüntüleri kullanılmıştır. Sonuç olarak, YOLOv7 mimari tasarımı, YOLOv7 Tiny mimari tasarımından daha iyi performans gösterdi. YOLOv7 mimari tasarımı 0.85 mAP50 değerini, 0.882 kesinliği, 0.829 duyarlılığı ve 0.854 F1 skorunu elde etmiştir. Sonuç olarak, böbrek hastalıklarının teşhisi için derin öğrenme tabanlı AYZ destekli bilgisayar destekli tanı (BDT) sistemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Böbrek taşı, Böbrek kisti, Derin öğrenme, YOLOv7, Açıklanabilir yapay zeka.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

Kidney pain is one of the most common complaints, although the rate of complaints in emergency and clinical presentations varies. In prevalence studies (Türk et al., 2016; Stamatelou et al., 2003), it is seen that this rate reaches up to 20% and is increasing gradually. The incidence of kidney stones in people aged 20 to 74 living in the United States (US) is approximately 9% (Scales et al., 2012). The probability of coming to the emergency department with the complaint of kidney stones is critical level. This number is seen to reach 1,000,000 every year in the US, additionally this number has doubled between 1992 and 2009 (Fwu et al., 2013). At the same time, the incidence of this disease was higher between 1988 and 1994 than between 1976 and 1980. It has been observed that this rate gradually increased between 2007 and 2016 (Chewcharat & Curhan, 2021).

Nowadays, artificial intelligence (AI) is intended to be primarily used in the field of medicine. Several researches have been carried out in various fields by using images in the medical field together with the deep learning and machine learning techniques. These techniques have been successfully used in segmentation of medical images (Weston et al., 2019), classification of diseases (Ozturk et al., 2020), lesion detection (Yan et al., 2018) and in many other fields. Medical products and services are products that must be of high reliability. To fully trust these products, knowing why artificial intelligence makes its decisions is the most important step. While providing a high level of learning performance with explainable AI (xAI), it also explains why the decision was made. In this way, the reason for the decision can be questioned and its correctness can be discussed in a better way. Recently, AI based studies have been performed in many areas such as the treatment process of diseases in the human body (Z. Lin et al., 2021). The main purpose of AI assisted diagnosis is to develop systems that enable radiologists to assist in the detection of disease. Examples of these systems are kidney segmentation (D. T. Lin et al., 2006), cyst segmentation (Z. Lin et al., 2021), kidney stone segmentation (Baygin et al., 2022), systems that classify the computerized tomography image according to its condition (Z. Lin et al., 2021).

Choosing an accurate imaging method for the detection of kidney stones and cysts is of vital importance as it is the first step of treatment. Non-contrast computed tomography (CT) of the abdomen provides the most accurate diagnosis, but exposes the patient to radiation. Ultrasonography, on the other hand, has lower sensitivity than CT, but its advantage is that no radiation is used in its use. In MR imaging method, it uses the 3D imaging method, but this method is both costly and difficult to evaluate kidney stones (Weston et al., 2019). Therefore, computer aided diagnosis (CAD) has been developed to find kidney stones and cysts to give advice to radiologists. Correctly determining the location of the kidney stone and cyst is an important preliminary step. Thanks to the correct determination to be made, it will provide quantitative information to pay attention to the stones that will be missed. These systems, which automatically detect them and show their locations, provide great convenience to radiologists.

In this study, a model was designed supported by xAI to detect physician-induced small stones and cysts that are difficult to distinguish, using CT images.

The main purpose of this study, to save time and to minimize the error rate in the determinations originating from the physician by contributing to long-term disease analysis procedures.

The contributions of this proposed study are outlined as follows:

1. An open source data set was labelled in three-classes, such as kidney, kidney stone, and kidney cyst.
2. The developed AI model assisted by xAI.
3. The AI assisted diagnosis system has been developed, with the use of developed system can be reduce the workload of health employees.

The rest of this paper is organized as follows. In Section 2, related researches based on segmentation and detection for the diagnose of kidney diseases have been reported. In Section 3, the utilized methodologies have been detailed. In Section 4, obtained results have been discussed. In Section 5, concluding remarks have been reported.

2. Related Works

It has been suggested by many scientific researchers that several segmentation and detection techniques can be used for kidney diseases.

Ruberto et al. (Ruberto et al., 2022) aimed to perform kidney and kidney stone segmentation using CT images. 3-dimensional segmentation approaches were used in the study. The used data set consists of CT images of 260 patients. In the segmentation task, state-of-the-art networks in the literature such as DeepLabV3+, SegNet, 3D U-Net, UNET and Res U-NET were used. The best segmentation performance was obtained by RES U-NET network in the comparative analysis. Dice similarity coefficient (DSC) of 96.54% and 96.54% were achieved for kidney and kidney stone segmentations, respectively.

Lin et al. (Z. Lin et al., 2021) aimed to perform kidney and renal tumor segmentation using CT images. 3D U-NET segmentation network was used in the study. The used data set consists of CT images of 476 patients. The segmentation accuracy was analyzed with the DSC. DSC of 97.3% and 84.4% results were achieved for kidney and renal tumor, respectively.

Yildirim et al. (Yildirim et al., 2021) proposed the method for classification of CT images with deep learning technique using CT images from coronal view. The used data set consist of 1799 images. Accuracy of 96.82% was achieved for detecting the kidney stones.

Baygin et al. (Baygin et al., 2022) aimed to classify patients with or without kidney stones using CT images. The used data set consists of CT images of 433 patients. In the study, a novel classification network called ExDark19 was proposed. The classification network was trained by using the transfer learning method. K nearest neighbor (kNN) algorithm was used as classifier. The classification accuracy of 99.22% was achieved.

Cui et al. (Cui et al., 2021) aimed to perform kidney stone detection and segmentation using CT images. The used data set consists of CT images of 167 and 282 patients for segmentation and for classification tasks, respectively. In the study, a novel method called S.T.O.N.E was proposed for classification task. In segmentation task, 3D U-NET segmentation network was used. DSC of 97% was achieved.

Fu et al. (Fu et al., 2021) aimed to perform the segmentation of chronic diseases in the kidney using CT images. The used data set consists of CT images of 79 patients. RDA U-NET segmentation network was used for segmentation. DSC of 97.3% was achieved.

3. Methodology

The utilized methodology in the study is presented under the subtitles data set, detection algorithms, xAI, and performance evaluation metrics.

3.1. Data set

The data set was collected from PACS from different hospitals in Dhaka, Bangladesh. The data set includes patients diagnosed with namely kidney cyst, normal and stone findings. This data set consists of coronal, axial and sagittal images, but axial images were used in this paper. The data set consist of total of 1,280 non-contrast CT images in three classes, such as 494 images of kidney stones, 498 images of kidney cysts, and 288 images of normal kidney (Islam et al., 2022). Further, training, validation, and testing sizes constitutes of %75, %10, and %15 of the total size, respectively.

Since this data set was used in the image classification task, it does not contain any masks. Therefore, after the have a high image resolution images were selected in this data set, the labeling process was carried out in this research. Make Sense which is web-based image annotation tool was used in labelling step (Make Sense, n.d.).

3.2. Detection Algorithms

In this study, YOLOv7 and YOLOv7 Tiny architecture designs were used in order to compare the performances in the detection of kidney diseases. YOLO architecture designs are instead of selecting some regions in the image, it detects regions in the image and apply a neural network to the entire image to draw bounding boxes around it. YOLO architecture designs are a single deep convolutional neural network which are the dividing the input image into grids. The architecture designs have an associated vector that reports whether there is any desired object in that grid. On the other hand, since these architecture designs are a progressive model, its learning improves over time and gives more accurate results. The working mechanism of the architecture designs is to hold the object with the highest accuracy rate among the objects detected in that region and discard the rest (Gothane, n.d.).

Training phase for YOLO architecture designs are as follows:

Adam optimizer was used for weights updates, cross entropy was used as loss function, and learning rate was selected as $1e-3$. YOLO architecture designs were trained along 150 epoch while batch size was set as 8. All experiments were implemented in Pytorch library and Google Colab integrated development environment (IDE) by using NVIDIA Tesla P100 graphics card.

3.3. xAI

Medical products and services are built on high trust and conditions. New generation medical software is used to provide this high level of trust. Nowadays, artificial intelligence is expected to be used in medical fields and studies are being carried out on it. The main reason for using these software is that it helps to save the time problem. However, AI is not efficiently explained

the decisions and results. Additionally, users must be able to understand the implications of AI and decide when to trust it and when not to. Regardless, xAI-powered decision support systems enable users to highly trust AI (Dosiilovic et al., 2018; Selvaraju et al., 2017; Selvaraju et al., 2016).

3.4. Performance Evulation Metrics

The mean average precision (mAP) performance evaluation metric was used to analyze the accuracy of the YOLO architecture designs in the study. Firstly, the Intersection over Union (IoU) performance evaluation metric is calculated for calculating the AP value in detection tasks. The IoU value is calculated by the ratio of the union area of the predicted and actual bounding boxes to the overall area. The Average Sensitivity or mAP score is calculated by taking the mean AP over all classes and/or overall IoU thresholds based on the different detection difficulties.

True Positive (TP): If the IoU value is greater than 0.5, it is evaluated in this part.

False Positive (FP): If the IoU value is less than 0.5 or the two or more bounding boxes are created for a object, it is evaluated in this part.

False Negative (FN): If no object is detected or if its class is incorrect when the IoU value is greater than 0.5, it is evaluated in this part.

Precision and sensitivity parameters are calculated using TP, FP and FN parameters. The precision, sensitivity, F1-score formulas are shown in Equation 1, Equation 2 and Equation 3, respectively. In this study, the threshold value of IoU was set as 0.5. Equation 2, respectively. In this study, the threshold value of IoU was set as 0.5.

$$\text{Precision (PRE)} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FP}) \quad (1)$$

$$\text{Sensitivity (STV)} = \text{TP}/(\text{TP}+\text{FN}) \quad (2)$$

$$\text{F1-Score} = 2 * (\text{PRE} * \text{STV}) / (\text{PRE} + \text{STV}) \quad (3)$$

4. Results and Discussion

The results and discussion is presented under the subtitles results obtained by YOLOv7, results obtained by YOLOv7 Tiny, outputs of xAI.

4.1. Result Obtained By YOLOv7

Table 1 represents the results obtained by using the YOLOv7. The mAP50 of 85%, precision of 88.2%, sensitivity of 82.9% and F1 score of 85.4% values were achieved by YOLOv7 for average of all classes. The mAP0.5 of 97.3%, precision of 93.6%, sensitivity of 100% and F1 score of 96.6% values were achieved by YOLOv7 for kidney class. The mAP0.5 of 84.9%, precision of 81.9%, sensitivity of 85.5% and F1 score of 83.6% values were achieved by YOLOv7 for kidney stone class. The mAP0.5 of 72.7%, precision of 89.2%, sensitivity of 63.3% and F1 score of 74% values were achieved by YOLOv7 for kidney cyst class. The training period of the model took 4 hours and 10 minutes.

Table 1. Results obtained by YOLOv7

Classes	mAP50	PRE	STV	F1-Score
Kidney	97.3%	93.6%	100%	96.6%
Kidney Stone	84.9%	81.9%	85.5%	83.6%
Kidney Cyst	72.7%	89.2%	63.3%	74%
Average	85%	88.2%	82.9%	85.4%

From Figure 1, considering the confusion matrix values, the classification accuracy values 0.92, 1.0, and 0.54 for kidney stones, kidney, and kidney cyst, respectively.

Precision is a measure of result relevance, while recall is a measure of how many truly relevant results were returned. From Figure 2, the average precision-recall values were achieved as 0.833, 0.976, 0.488, 0.766 for kidney stone, kidney, kidney cyst, and all classes.

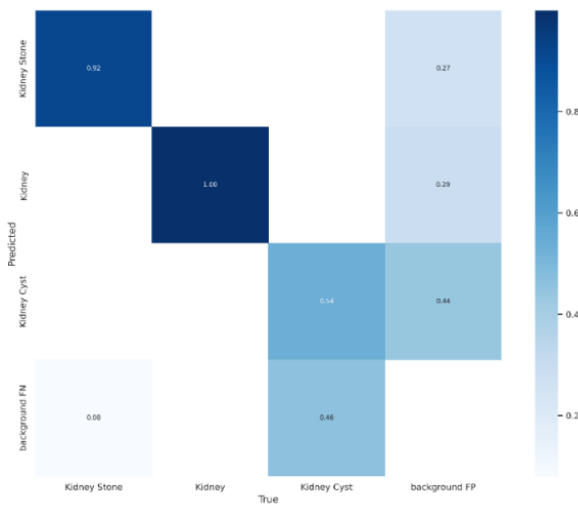


Figure 1. Obtained confusion matrix by using YOLOv7 architecture design

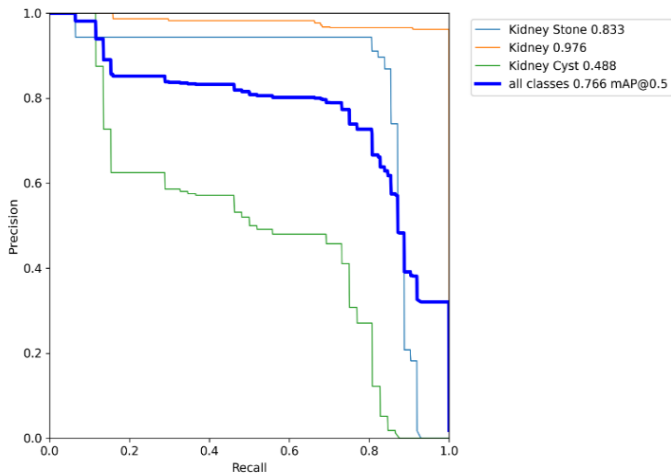
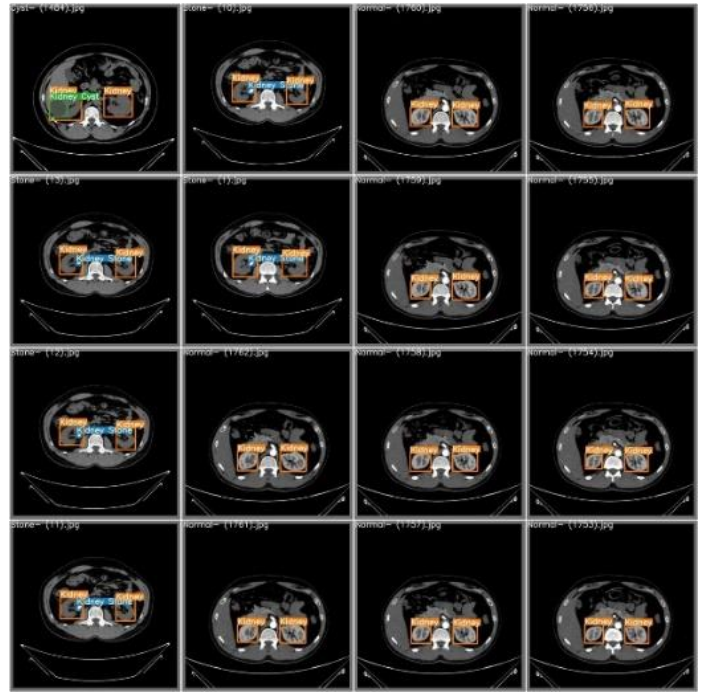
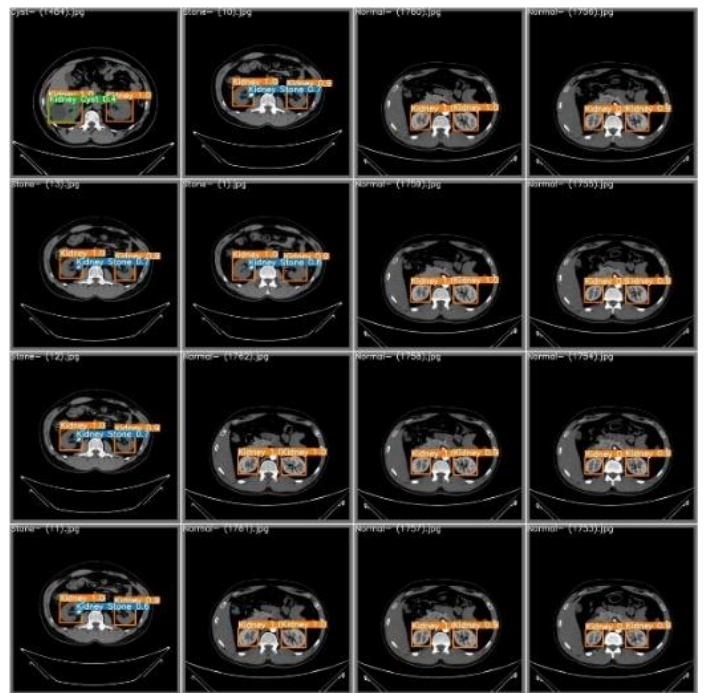


Figure 2. Obtained Precision-Recall curve by using YOLOv7 architecture design

Figure 3 shows the used number of 16 input images and the output images obtained by the YOLOv7 architecture design.



(a)



(b)

Figure 3. (a) Labels of images in validation data set, (b) Predictions of images in validation data set achieved by YOLOv7

4.2. Result Obtained By YOLOv7 Tiny

Table 2 represents the results obtained by using the YOLOv7 Tiny. The mAP50 of 61.8%, precision of 72.5%, sensitivity of 65.4% and F1 score of 68.7% values were achieved by YOLOv7 Tiny for all class. The mAP50 of 96.9%, precision of 91.2%, sensitivity of 98.3% and F1 score of 94.6% values were achieved by YOLOv7 Tiny for kidney class. The mAP50 of 70.3%, precision of 78.9%, sensitivity of 80.6% and F1 score of 79.7% values were achieved by YOLOv7 Tiny for kidney stone class. The mAP50 of 18.1%, precision of 47.3%, sensitivity of 17.3%

and F1 score of 25.3% values were achieved by YOLOv7 Tiny for kidney cyst class. The training period of the model took 1 hours and 17 minutes.

Table 2. Results obtained by YOLOv7 Tiny

Classes	mAP50	PRE	STV	F1-Score
Kidney	96.9%	91.2%	98.3%	94.6%
Kidney Stone	70.3%	78.9%	80.6%	79.7%
Kidney Cyst	18.1%	47.3%	17.3%	25.3%
Average	61.8%	72.5%	65.4%	68.7%

From Figure 4, considering the confusion matrix values, the classification accuracy values 0.87, 1.0, and 0.15 for kidney stones, kidney, and kidney cyst, respectively.

From Figure 5, the average precision-recall values were achieved as 0.669, 0.970, 0.139, 0.593 for kidney stone, kidney, kidney cyst, and all classes.

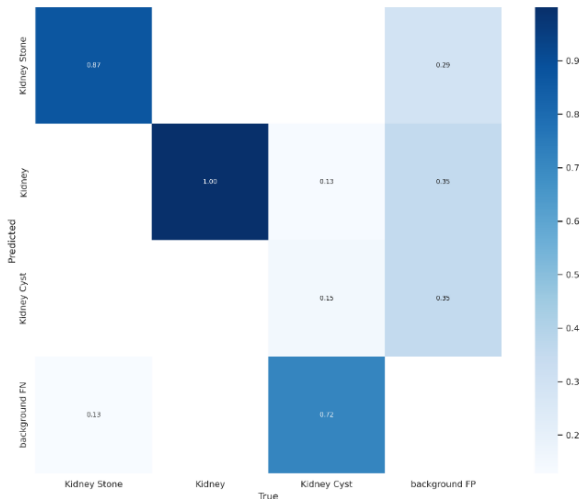


Figure 4. Obtained confusion matrix by using YOLOv7 Tiny architecture design

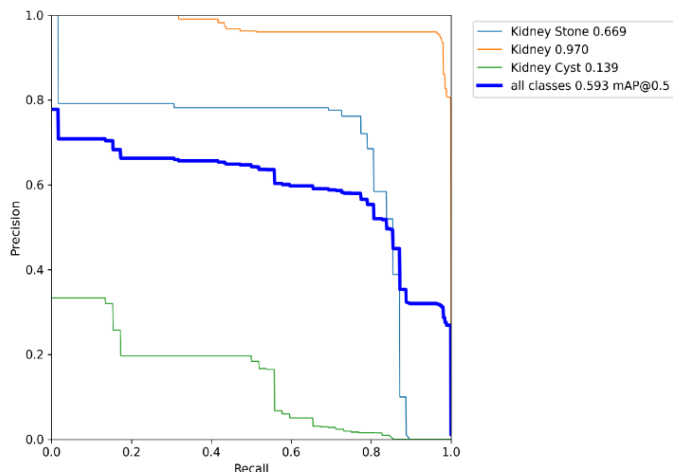
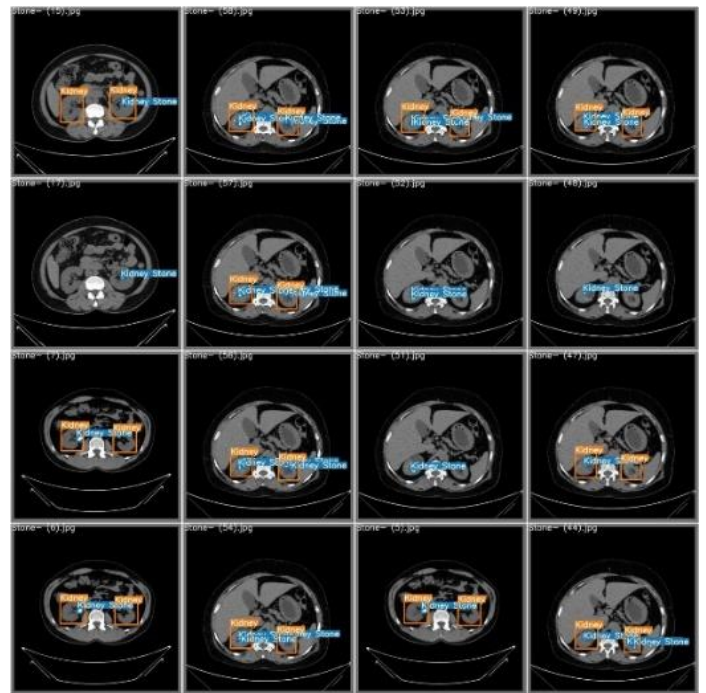
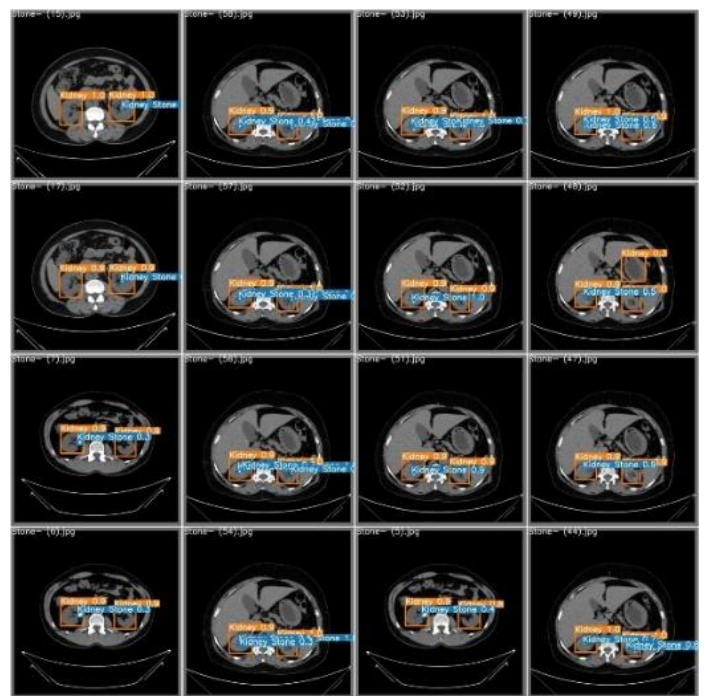


Figure 5. Obtained Precision-Recall curve by using YOLOv7 Tiny architecture design

Figure 6 shows the used number of 16 input images and the output images obtained by the YOLOv7 Tiny architecture design.



(a)



(b)

Figure 6. (a) Labels of images in validation data set, (b) Predictions of images in validation data set achieved by YOLOv7 Tiny

4.3. Outputs of xAI

In this study, Gradient Weighted Class Activation Mapping (Grad-CAM) was used to prove the performance of the outputs produced by the YOLOv7 architecture design, and to make it more clear and reliable by producing visual explanations for AI model. Consequently, the performance of the model made through visualizations was better displayed and interpreted. In addition, the model can more explainable distinguish between classes was proved. In the YOLOv7 model, target layers 102, 103 and 104

were used to output Grad-CAM. Grad-CAM outputs were created by using 2 input images for kidney cysts, 2 input images for kidney stones, and 2 input images for healthy kidneys. Figure 7, Figure 8, and Figure 9 show obtained xAI results for kidney cysts, kidney stones, and healthy kidneys, respectively. In Figures 7, 8 and 9 shows four main images: (i) the input image at the top left, (ii) the predict of the model at the top right, (iii) the Grad-CAM output of the kidney class at the bottom left, and (iv) the Grad-CAM output of the kidney stone or kidney cyst classes at the bottom right. If the kidney is healthy, the bottom right image is the Grad-CAM output of the kidney image but obtained from different output layer of model.

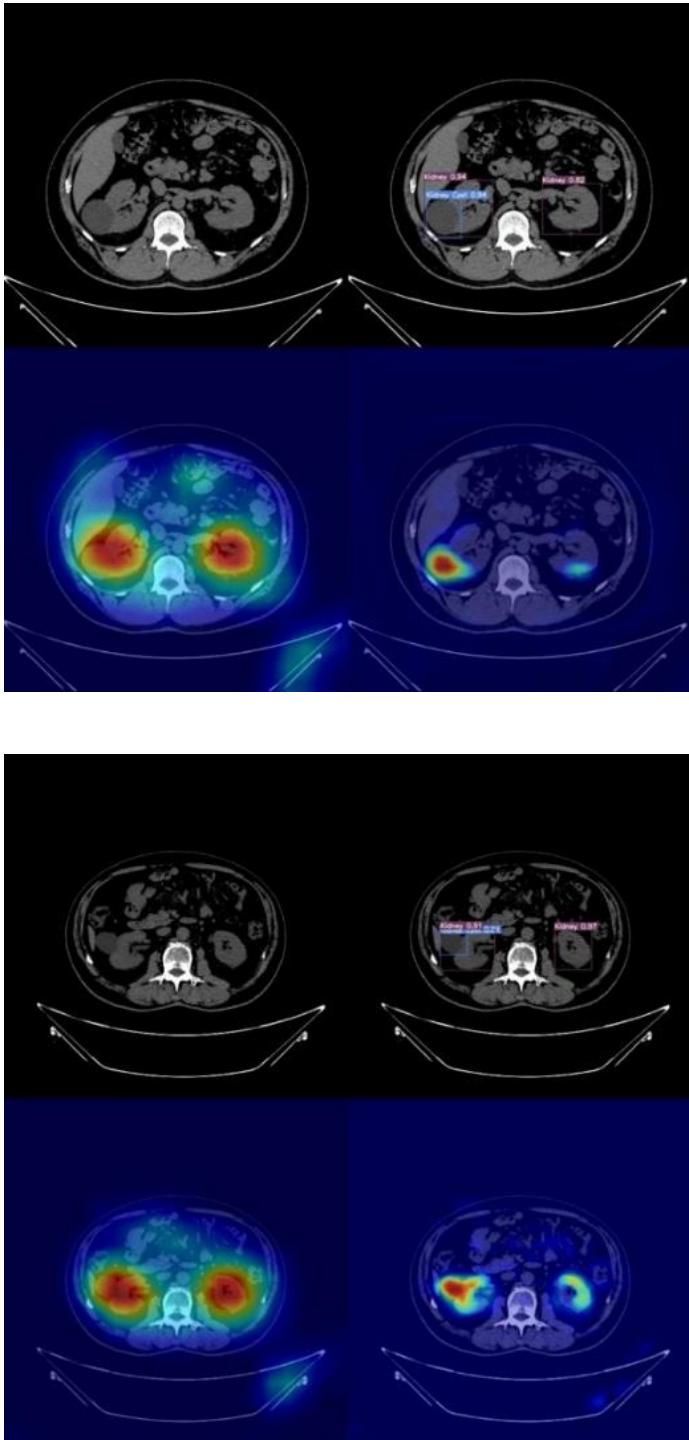


Figure 7. Outputs of xAI for kidneys and kidney cysts using YOLOv7

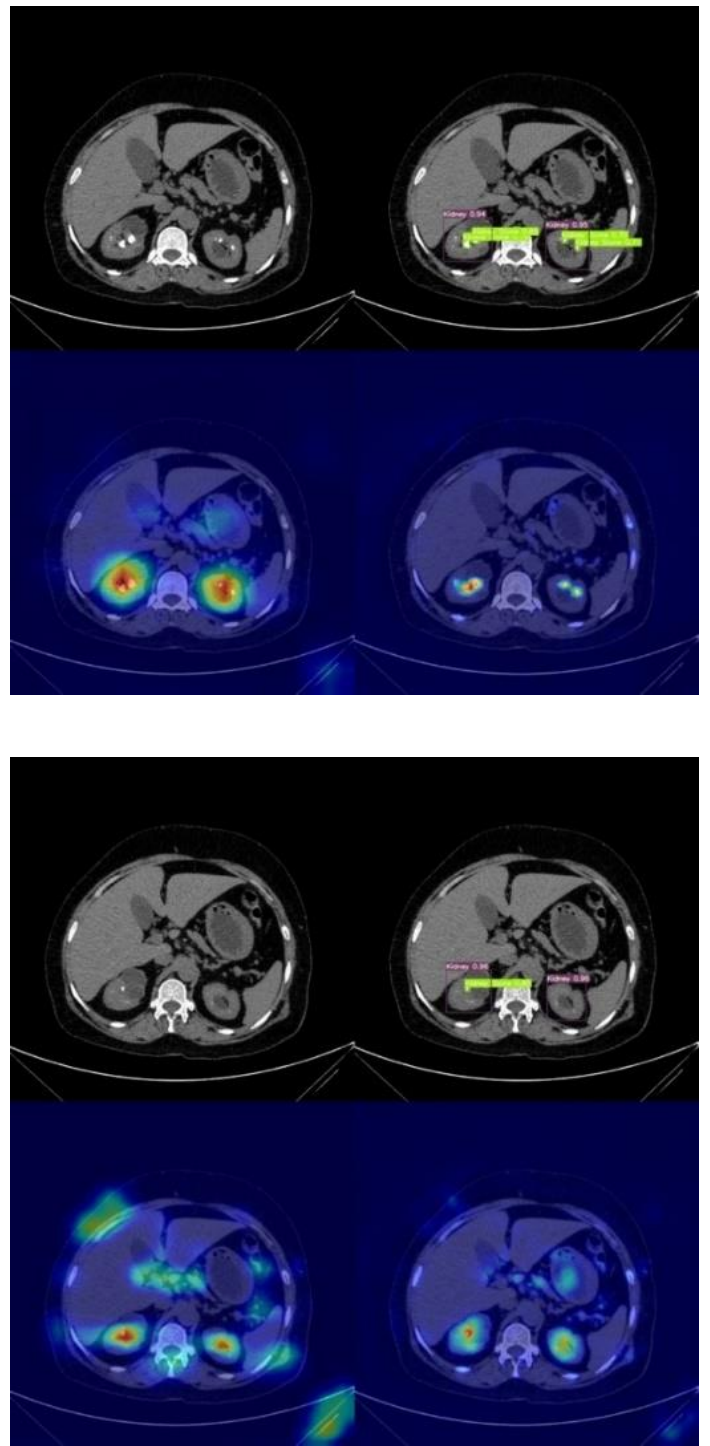


Figure 8. Outputs of xAI for kidneys and kidney stones using YOLOv7

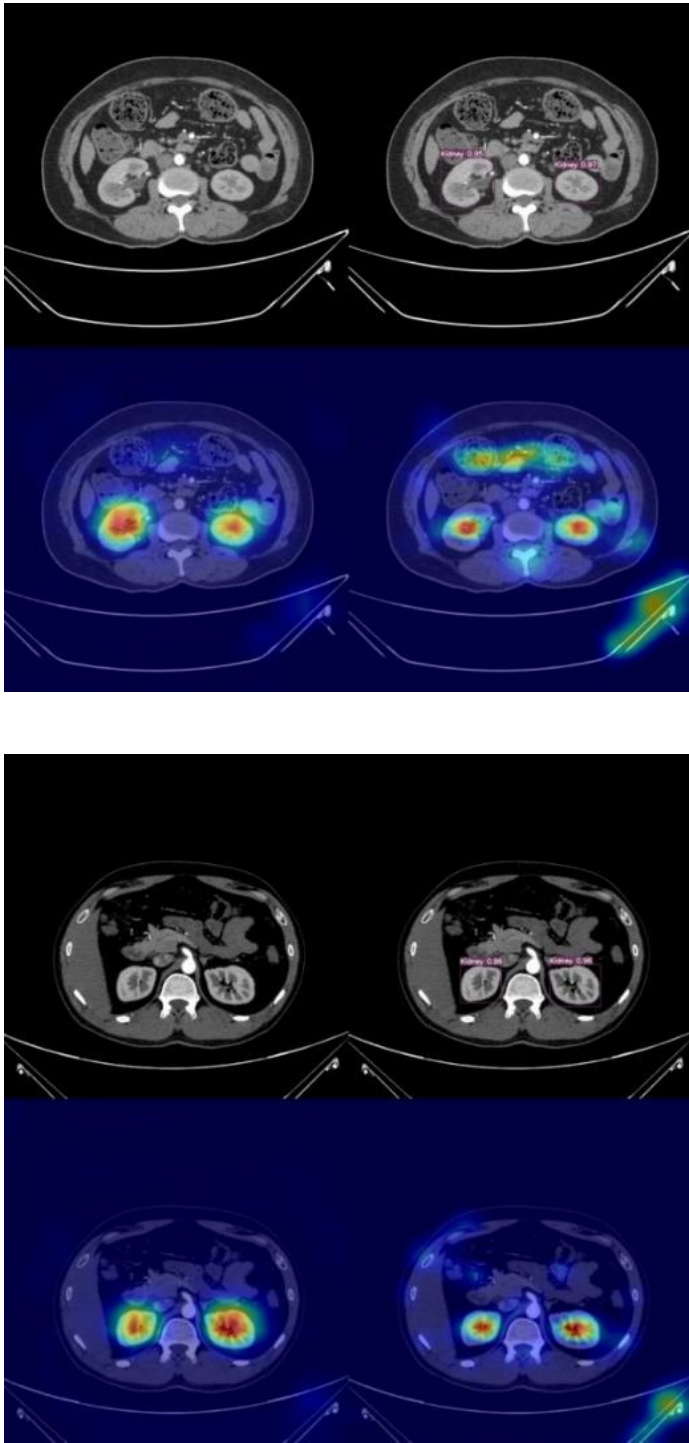


Figure 9. Outputs of xAI for kidneys using YOLOv7

5. Conclusion

In this study, YOLOv7 and YOLOv7 Tiny object detection networks were used to perform kidney, kidney stone, and kidney cyst. It is attempted to present a suggestion to other researchers on the detection performances of the object detection networks by comparing YOLOv7 and YOLOv7 Tiny networks. YOLOv7 object detection network achieved the mAP50 of 85%, precision of 88.2%, sensitivity of 82.9% and F1 score of 85.4% values were achieved by YOLOv7 for average of all classes. Consequently, with the help of the developed fully automatic kidney disease detection system, the workload of radiologists can be reduced.

6. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- Türk, C., Petřík, A., Sarica, K., Seitz, C., Skolarikos, A., Straub, M., & Knoll, T. (2016). EAU Guidelines on Diagnosis and Conservative Management of Urolithiasis. *European Urology*, 69(3), 468–474. <https://doi.org/10.1016/J.EURURO.2015.07.040>
- Stamatelou, K. K., Francis, M. E., Jones, C. A., Nyberg, L. M., & Curhan, G. C. (2003). Time trends in reported prevalence of kidney stones in the United States: 1976–1994. *Kidney International*, 63(5), 1817–1823. <https://doi.org/10.1046/J.1523-1755.2003.00917.X>
- Scales, C. D., Smith, A. C., Hanley, J. M., & Saigal, C. S. (2012). Prevalence of Kidney Stones in the United States. *European Urology*, 62(1), 160–165. <https://doi.org/10.1016/J.EURURO.2012.03.052>
- Fwu, C. W., Eggers, P. W., Kimmel, P. L., Kusek, J. W., & Kirkali, Z. (2013). Emergency department visits, use of imaging, and drugs for urolithiasis have increased in the United States. *Kidney International*, 83(3), 479–486. <https://doi.org/10.1038/KI.2012.419>
- Chewcharat, A., & Curhan, G. (2021). Trends in the prevalence of kidney stones in the United States from 2007 to 2016. *Urolithiasis*, 49(1), 27–39. <https://doi.org/10.1007/S00240-020-01210-W/TABLES/7>
- Weston, A. D., Korfiatis, P., Kline, T. L., Philbrick, K. A., Kostandy, P., Sakinis, T., Sugimoto, M., Takahashi, N., & Erickson, B. J. (2019). Automated Abdominal Segmentation of CT Scans for Body Composition Analysis Using Deep Learning. *Radiology*, 290(3), 669–679. <https://doi.org/10.1148/RADIOL.2018181432/ASSET/IMA-GES/LARGE/RADIOL.2018181432.FIG5.JPEG>
- Ozturk, T., Taló, M., Yildirim, E. A., Baloglu, U. B., Yildirim, O., & Rajendra Acharya, U. (2020). Automated detection of COVID-19 cases using deep neural networks with X-ray images. *Computers in Biology and Medicine*, 121, 103792. <https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2020.103792>
- Yan, K., Wang, X., Lu, L., & Summers, R. M. (2018). DeepLesion: automated mining of large-scale lesion annotations and universal lesion detection with deep learning. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.5.3.036501>, 5(3), 036501. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.5.3.036501>
- Lin, Z., Cui, Y., Liu, J., Sun, Z., Ma, S., Zhang, X., & Wang, X. (2021). Automated segmentation of kidney and renal mass and automated detection of renal mass in CT urography using 3D U-Net-based deep convolutional neural network. *European Radiology*, 31(7), 5021–5031. <https://doi.org/10.1007/S00330-020-07608-9/FIGURES/6>
- Lin, D. T., Lei, C. C., & Hung, S. W. (2006). Computer-aided kidney segmentation on abdominal CT images. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 10(1), 59–65. <https://doi.org/10.1109/TITB.2005.855561>
- Lin, Z., Cui, Y., Liu, J., Sun, Z., Ma, S., Zhang, X., & Wang, X. (2021). Automated segmentation of kidney and renal mass and automated detection of renal mass in CT urography using 3D U-Net-based deep convolutional neural network.

- European Radiology*, 31(7), 5021–5031.
<https://doi.org/10.1007/S00330-020-07608-9/FIGURES/6>
- Baygin, M., Yaman, O., Barua, P. D., Dogan, S., Tuncer, T., & Acharya, U. R. (2022). Exemplar Darknet19 feature generation technique for automated kidney stone detection with coronal CT images. *Artificial Intelligence in Medicine*, 127, 102274.
<https://doi.org/10.1016/J.ARTMED.2022.102274>
- Ruberto, C. Di, Loddo, A., Putzu, L., Stefano, A., Comelli, A., Li, D., Xiao, C., Liu, Y., Chen, Z., Hassan, H., Su, L., Liu, J., Li, H., Xie, W., Zhong, W., & Huang, B. (2022). Deep Segmentation Networks for Segmenting Kidneys and Detecting Kidney Stones in Unenhanced Abdominal CT Images. *Diagnostics 2022*, Vol. 12, Page 1788, 12(8), 1788.
<https://doi.org/10.3390/DIAGNOSTICS12081788>
- Yildirim, K., Bozdog, P. G., Talo, M., Yildirim, O., Karabatak, M., & Acharya, U. R. (2021). Deep learning model for automated kidney stone detection using coronal CT images. *Computers in Biology and Medicine*, 135, 104569.
<https://doi.org/10.1016/J.COMPBIOMED.2021.104569>
- Cui, Y., Sun, Z., Ma, S., Liu, W., Wang, X., Zhang, X., & Wang, X. (2021). Automatic Detection and Scoring of Kidney Stones on Noncontrast CT Images Using S.T.O.N.E. Nephrolithometry: Combined Deep Learning and Thresholding Methods. *Molecular Imaging and Biology*, 23(3), 436–445. <https://doi.org/10.1007/S11307-020-01554-0/FIGURES/6>
- Fu, X., Liu, H., Bi, X., & Gong, X. (2021). Deep-Learning-Based CT Imaging in the Quantitative Evaluation of Chronic Kidney Diseases. *Journal of Healthcare Engineering*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/3774423>
- Islam, N., Hasan, M., Hossain, K., & Alam, G. R. (2022). Vision transformer and explainable transfer learning models for auto detection of kidney cyst , stone and tumor from CT - radiography. *Scientific Reports*, 1–14.
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-15634-4>
- Make Sense. (n.d.). Retrieved August 28, 2022, from <https://www.makesense.ai/>
- Gothane, S. (n.d.). *A Practice for Object Detection Using YOLO Algorithm Cite this paper A Practice for Object Detection Using YOLO Algorithm*.
<https://doi.org/10.32628/CSEIT217249>
- Dosilovic, F. K., Brcic, M., & Hlupic, N. (2018). Explainable artificial intelligence: A survey. *2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2018 - Proceedings*, 210–215.
<https://doi.org/10.23919/MIPRO.2018.8400040>
- Selvaraju, R. R., Cogswell, M., Das, A., Vedantam, R., Parikh, D., & Batra, D. (2017). *Grad-CAM: Visual Explanations From Deep Networks via Gradient-Based Localization* (pp. 618–626). <http://gradcam.cloudcv.org>
- Selvaraju, R. R., Das, A., Vedantam, R., Cogswell, M., Parikh, D., Batra, D., & Tech, V. (2016). *Grad-CAM: Why did you say that?* <https://doi.org/10.48550/arxiv.1611.07450>



Automatic Skull Stripping and Brain Segmentation with U-Net in MRI Database

Alperen Derin¹, Ahmet Furkan Bayram², Caglar Gurkan^{3,*}, Abdulkadir Budak⁴ and Hakan Karatas⁵

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Computer and Information Science, Sakarya University, Sakarya (ORCID: 0000-0002-2276-0591), alperenderinn@gmail.com

² Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon (ORCID: 0000-0002-1304-9941), bayramahmet48@gmail.com

^{3*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{3*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁵ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173065)

ATIF/REFERENCE: Derin, A., Bayram, A.F., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). Automatic Skull Stripping and Brain Segmentation with U-Net in MRI Database. *European Journal of Science and Technology*, (40), 75-81.

Abstract

Skull stripping has an important in neuroimaging workflow. Skull stripping is a time-consuming process in the Magnetic resonance imaging (MRI). For this reason, skull stripping and brain segmentation are aimed in this study. For the this purpose, the U-NET architecture design, which is one of the frequently used models in the field of medical image segmentation, was used. Also, different loss functions such as Cross Entropy (CE), Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky and their compound forms were tested on U-Net architecture design. The compound loss function of CE and Dice loss functions achieved the best performace with the average dice score of 0.976, average IoU score of 0.964, sensitivity of 0.972, specificity of 0.985, precision of 0.960 and accuracy of 0.981. As a result, skull stripping was performed to facilitate the detection of brain diseases.

Keywords: Brain, Skull stripping, MRI, Segmentation, U-Net.

MRG Veri Tabanında U-Net ile Otomatik Kafatası Çıkartma ve Beyin Segmentasyonu

Öz

Kafatasının çıkartılması beyin görüntüleme iş akışında önemli bir yere sahiptir. Kafatasının çıkartılması, Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRG) zaman alan bir işlemdir. Bu nedenle bu çalışmada kafatası çıkartma ve beyin segmentasyonu amaçlanmaktadır. Bu amaçla tıbbi görüntü segmentasyonu alanında sıklıkla kullanılan modellerden biri olan U-Net mimari tasarımı kullanılmıştır. Ayrıca Cross Entropy (CE), Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky gibi farklı kayıp fonksiyonları ve bunların bileşik formları U-Net mimari tasarımı üzerinde test edilmiştir. CE ve Dice kayıp fonksiyonlarının bileşik kayıp fonksiyonu, 0.976 ortalama dice skoru, 0.964 ortalama IoU skoru, 0.972 sensivity, 0.985 specificity, 0.960 presicion ve 0.981 accuracy ile en iyi performansı elde etmiştir. Sonuç olarak, beyin hastalıklarının tespitini kolaylaştırmak için kafatasının çıkartılması işlemi yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Beyin, Kafatasının çıkartılması, MRG, Segmentasyon, U-Net.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

Clinical imaging systems are used by healthcare professionals for the detection of diseases or injuries. These systems are essential to ensure the correct response to disease or injury situations, to better detect the disease or injury, and to provide the proper treatment for the patient. Many medical imaging systems, i.e. Magnetic Resonance Imaging (MRI), Computed Tomography (CT), X-Ray, Ultrasound, Bone-Scan and Nuclear Imagination are used for clinical diagnosis. Among these techniques, MRI, CT and X-Ray are frequently used for disease detection. The MRI, unlike the CT and X-Ray imaging techniques, does not use radiation waves. MRI is an imaging method that has a considerable in medical imaging, which creating a layered output by scanning cross-sectional areas of body tissues with the help of magnetic waves (X-Rays, CT Scans and MRIs - OrthoInfo - AAOS, 2017).

Brain diseases such as Dementia, Brain Cancer, Trauma-Induced Epilepsy, Parkinson's, and Stroke, as well as many other brain damage caused by external effects, can be detected even in the early stages thanks to MRI technique. Early detection of these diseases is essential for the treatment of the disease. Furthermore, early diagnosis is critical issue day by day because of the fact that the brain is a vital organ in the human body. The use of artificial intelligence (AI) is vital in the health sector. AI facilitates the work of healthcare professionals. Also, AI provides the diagnosis of diseases in the early stages. Since diseases are not very obvious in the early stages, AI based models that provide more accurate should be developed. When studies are conducted on brain diseases, the skull is also included in the brain MR images. In this regard, it is necessary to segment the skull and brain regions in order to develop a more accurate AI-based model with the purpose of the analysis of brain diseases. However, there is still no solid solution to this problem (Kalavathi & Prasath, 2016).

In this paper, it is aimed to perform the skull stripping. This process is necessary before the detect brain diseases or damages. In this task, the Brain Tumor Progression data set was used for skull stripping. Considering the bones in the images, the brain region was labelled within the scope of this study. The data set was used in the training of the U-Net segmentation network. At this stage, different loss functions such as Cross Entropy (CE), Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky and their compound forms were tested. As a result, the best predictive performance was obtained by the compound loss function of CE and Dice loss functions.

The rest of this paper is organised as: Section 2 presents literature survey of used several segmentation networks for brain skull stripping. Section 3 presents the utilized methodologies. Section 4 presents the results obtained by the U-Net architecture design using the several loss functions. Section 5 presents concluding remarks.

2. Related Works

It has been suggested by many scientific researchers that several segmentation techniques can be used for skull stripping.

Hwang et al. (Hwang et al., 2019) aimed to perform skull stripping to analyze brain images using MRI images. 3D U-NET segmentation network was used in the study. The used

data set consists of MRI images of 125 patients. Segmentation performance was analyzed by Dice coefficient (DSC). Mean DSC score of 0.9903, sensitivity of 0.9853 and specificity of 0.9953 were achieved in the skull stripping.

Qamar et al. (Qamar et al., 2020) aimed to segment the brain of infants into tissues, such as cerebrospinal fluid (CSF), white matter (WM), and gray matter (GM) by using MRI images. In this study, a novel segmentation network, which is basic variant of 3D U-NET was proposed. The used data set consists of 144 sagittal images. Segmentation performance was analyzed by DSC. In this proposed approach, the dice scores of 0.95, 0.905 and 0.92 were achieved for CSF, WM and GM tissues, respectively.

Wang et al. (Wang et al., 2021) aimed to perform brain segmentation using MRI images. In the study, U-Net architecture design was used with/without transfer learning method. The U-Net architecture design supported by transfer learning method achieved better performance. The model achieved the DSC score of 0.9916 in skull stripping.

Kleesiek et al. (Kleesiek et al., 2016) aimed to perform brain segmentation using MR images, other than the T1-weighted MR images. Researchers used the 3D convolutional neural network based deep learning architecture design. In this approach, architecture design considers any modality, including contrast scans. In this study, model achieved the DSC score of 95.19%.

Li et al. (Li et al., 2020) aimed to extraction the fetal brain using MRI images. In the study, researchers proposed a 2-step method to solve the automatic fetal brain extraction. In this method, two fully convolutional networks (FCN) were used. The first FCN removed the fetal's associated area of the brain (ROI). The second FCN produced the mask of the brain. In this proposed method, the location of the brain was found with 100% accuracy. In brain segmentation, 0.958 average DSC score, 0.95 sensitivity and 0.968 precision were achieved.

3. Methodology

The methodologies of the study are presented under the headings of experimental setup and performance evaluation metrics.

3.1. Experimental Setup

The Brain Tumor Progression data set, which is publicly available and includes data from a total of 20 patients MR images was used. The data set consists of T1, T2 and proton density (PD) weighted images. T1 and T2 weighted images are generally used in segmentation and detection problems. In this context, 329 T1-weighted MR images were selected, and the T1-weighted images were labelled for the purpose of skull stripping. Subsequently, images in data set were normalized by using min-max normalization technique. %90 of the images were used in the training of model, while %10 was used in testing of the trained model.

In this study, U-Net (Weng & Zhu, 2021) which is a state-of-the-art segmentation network was tested with several well-known loss functions, such as cross entropy (CE), Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky and their compound form. Alpha, beta and gamma are the coefficient of the false negative, the coefficient of the false positive and the exponential coefficient

of the Tversky loss function, respectively. The alpha and beta values were set as 0.7 and 0.3 for Tversky loss function, respectively. The alpha, beta and gamma values were set as 0.7, 0.3 and 0.75 for Focal Tversky loss function, respectively. In the training phase for U-Net; optimizer, batch size, and epoch value were chosen as, the RMSprop, 1, and 50, respectively. The initial learning rate was chosen as 1e-4. If performance of

segmentation models is not improvement for along the 15 epochs, the learning rate was multiplied by 0.1. PyTorch framework in Python programming language on Spyder Integrated Development Environment (IDE) was used in the experimental analysis procedure. NVIDIA GeForce RTX 3060 graphics card was used in training and testing procedures.

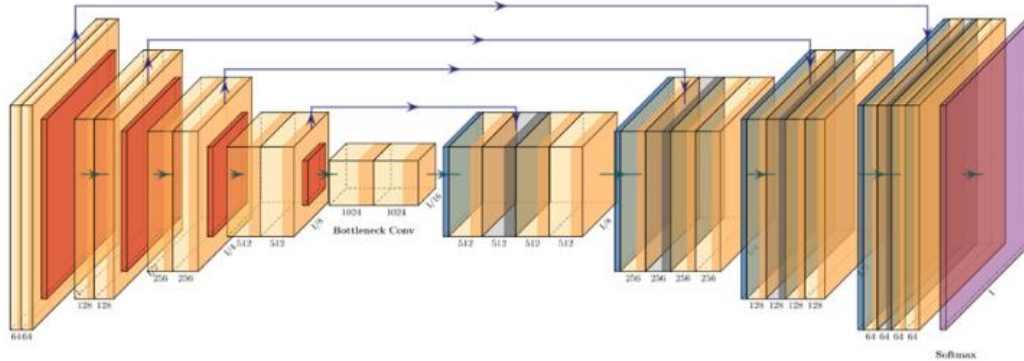


Figure 1. U-Net architecture design (HarisIqbal88/PlotNeuralNet: Latex Code for Making Neural Networks Diagrams, n.d.)

3.2. Performance Evaluation Metrics

The performance of segmentation models was examined by using accuracy, precision, sensitivity, specificity, dice, and IoU performance evaluation metrics. Equations 1, 2, 3, 4, 5, and 6 indicates formulations of performance evaluation metrics.

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

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

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

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (4)$$

$$\text{Dice} = \frac{2*TP}{2*TP+FP+FN} \quad (5)$$

$$\text{IoU} = \frac{TP}{TP+FP+FN} \quad (6)$$

True Positive (TP) indicates to number of correctly classified positive class based on pixels. True Negative (TN) indicates to number of correctly classified negative class based on pixels. False Positive (FP) indicates to incorrectly classified positive class based on pixels. False Negative (FN) indicates to number of the incorrectly classified negative class based on pixels.

4. Results and Discussion

Table 1 shows the results obtained by testing several loss functions on the U-Net model. In addition to the results of the brain region, background results are also provided. Because the brain area is not small compared to the background. Therefore, it is important to take into account the brain and background results.

CE loss function achieved the dice score of 0.985 for background, dice score of 0.960 for brain, and average dice score of 0.972 for background and brain. CE loss function achieved the IoU score of 0.970 for background, IoU score of 0.922 for brain, and average IoU score of 0.946 for background and brain. CE loss function achieved the sensitivity of 0.960, specificity of 0.984, precision of 0.959, and accuracy of 0.978.

Dice loss function achieved the dice score of 0.986 for background, dice score of 0.964 for brain, and average dice score of 0.975 for background and brain. Dice loss function achieved the IoU score of 0.973 for background, IoU score of 0.930 for brain, and average IoU score of 0.951 for background and brain. Dice loss function achieved the sensitivity of 0.968, specificity of 0.984, precision of 0.959, and accuracy of 0.980.

IoU loss function achieved the dice score of 0.985 for background, dice score of 0.962 for brain, and average dice score of 0.974 for background and brain. IoU loss function achieved the IoU score of 0.971 for background, IoU score of 0.926 for brain, and average IoU score of 0.949 for background and brain. IoU loss function achieved the sensitivity of 0.975, specificity of 0.980, precision of 0.949, and accuracy of 0.979.

Tversky loss function achieved the dice score of 0.987 for background, dice score of 0.965 for brain, and average dice score of 0.976 for background and brain. Tversky loss function achieved the IoU score of 0.973 for background, IoU score of 0.933 for brain, and average IoU score of 0.953 for background and brain. Tversky loss function achieved the sensitivity of 0.974, specificity of 0.983, precision of 0.956, and accuracy of 0.981.

Focal Tversky loss function achieved the dice score of 0.986 for background, dice score of 0.962 for brain, and average dice score of 0.974 for background and brain. Focal Tversky loss function achieved the IoU score of 0.972 for background, IoU score of 0.928 for brain, and average IoU score of 0.950 for background and brain. Focal Tversky loss function achieved the sensitivity of 0.961, specificity of 0.986, precision of 0.964, and accuracy of 0.979. The compound loss function of CE and Dice loss functions achieved the dice score of 0.987 for background, dice score of 0.966 for brain, and average dice score of 0.976 for background and brain. The

compound loss function of CE and Dice loss functions achieved the IoU score of 0.974 for background, IoU score of 0.934 for brain, and average IoU score of 0.954 for background and brain. The compound loss function of CE and Dice loss functions achieved the sensitivity of 0.972, specificity of 0.985, precision of 0.960, and accuracy of 0.981.

The compound loss function of CE and IoU loss functions achieved the dice score of 0.983 for background, dice score of 0.957 for brain, and average dice score of 0.970 for background and brain. The compound loss function of CE and IoU loss functions achieved the IoU score of 0.967 for background, IoU score of 0.918 for brain, and average IoU score of 0.943 for background and brain. The compound loss function of CE and IoU loss functions achieved the sensitivity of 0.976, specificity of 0.976, precision of 0.939, and accuracy of 0.976.

The compound loss function of CE and Tversky loss functions achieved the dice score of 0.985 for background, dice score of 0.960 for brain, and average dice score of 0.972 for background and brain. The compound loss function of CE and

Tversky loss functions achieved the IoU score of 0.970 for background, IoU score of 0.923 for brain, and average IoU score of 0.946 for background and brain. The compound loss function of CE and Tversky loss functions achieved the sensitivity of 0.966, specificity of 0.982, precision of 0.954, and accuracy of 0.978.

The compound loss function of CE and Focal Tversky loss functions achieved the dice score of 0.985 for background, dice score of 0.960 for brain, and average dice score of 0.972 for background and brain. The compound loss function of CE and Focal Tversky loss functions achieved the IoU score of 0.970 for background, IoU score of 0.922 for brain, and average IoU score of 0.946 for background and brain. The compound loss function of CE and Focal Tversky loss functions achieved the sensitivity of 0.966, specificity of 0.982, precision of 0.953, and accuracy of 0.978.

The results obtained by the compound loss function of CE and Dice loss functions are given in Figure 2 and Figure 3.

Table 1. Results obtained by testing several loss functions on the U-Net model

Loss Functions	Dice Background	Dice Brain	Dice Average	IoU Background	IoU Brain	IoU Average	Sensitivity	Specificity	Precision	Accuracy
CE	0.985	0.960	0.972	0.970	0.922	0.946	0.960	0.984	0.959	0.978
Dice	0.986	0.964	0.975	0.973	0.930	0.951	0.968	0.984	0.959	0.980
IoU	0.985	0.962	0.974	0.971	0.926	0.949	0.975	0.980	0.949	0.979
Tversky	0.987	0.965	0.976	0.973	0.933	0.953	0.974	0.983	0.956	0.981
Focal Tversky	0.986	0.962	0.974	0.972	0.928	0.950	0.961	0.986	0.964	0.979
CE+Dice	0.987	0.966	0.976	0.974	0.934	0.954	0.972	0.985	0.960	0.981
CE+IoU	0.983	0.957	0.970	0.967	0.918	0.943	0.976	0.976	0.939	0.976
CE+Tversky	0.985	0.960	0.972	0.970	0.923	0.946	0.966	0.982	0.954	0.978
CE+Focal Tversky	0.985	0.960	0.972	0.970	0.922	0.946	0.966	0.982	0.953	0.978

In general analysis, the best dice score for background was obtained by the Tversky loss function and the compound loss function of CE and Dice loss functions. The best dice score for brain value was obtained by the compound loss function of CE and Dice loss functions. The best IoU score for background value was obtained by the compound loss function of CE and Dice loss functions. The best dice IoU for brain value was obtained by the Tversky loss function and the compound loss function of CE and Dice loss functions. The best sensitivity value was obtained by the compound loss function of CE and IoU loss functions. The best specificity value was obtained by the Focal Tversky loss function. The best precision value was obtained by the compound loss function of CE and Dice loss functions. The best accuracy value was obtained by the Tversky loss function and the compound loss function of CE and Dice loss functions. The Tversky loss function outperformed the Dice loss function. On the contrary, Dice loss function outperformed the Focal Tversky loss function. For this reason,

different alpha, beta and gamma values should be tested for the Tversky and Focal Tversky loss functions.

In comparative analysis, while Tversky loss function achieved the best performance among the lean loss functions, CE loss function achieved the worst performance. While the compound loss function of CE and Dice loss functions achieved the best performance among the compound loss functions, the compound loss function of CE and IoU loss functions has the worst performance. When the lean and compound loss functions are considered together, while the compound loss function of CE and Dice loss functions has the best performance, the compound loss function of CE and IoU loss functions has the worst performance. While the compound form of the Dice loss function with the CE loss function achieved the better predictive performance, compound forms of other loss functions did not better predictive performance.

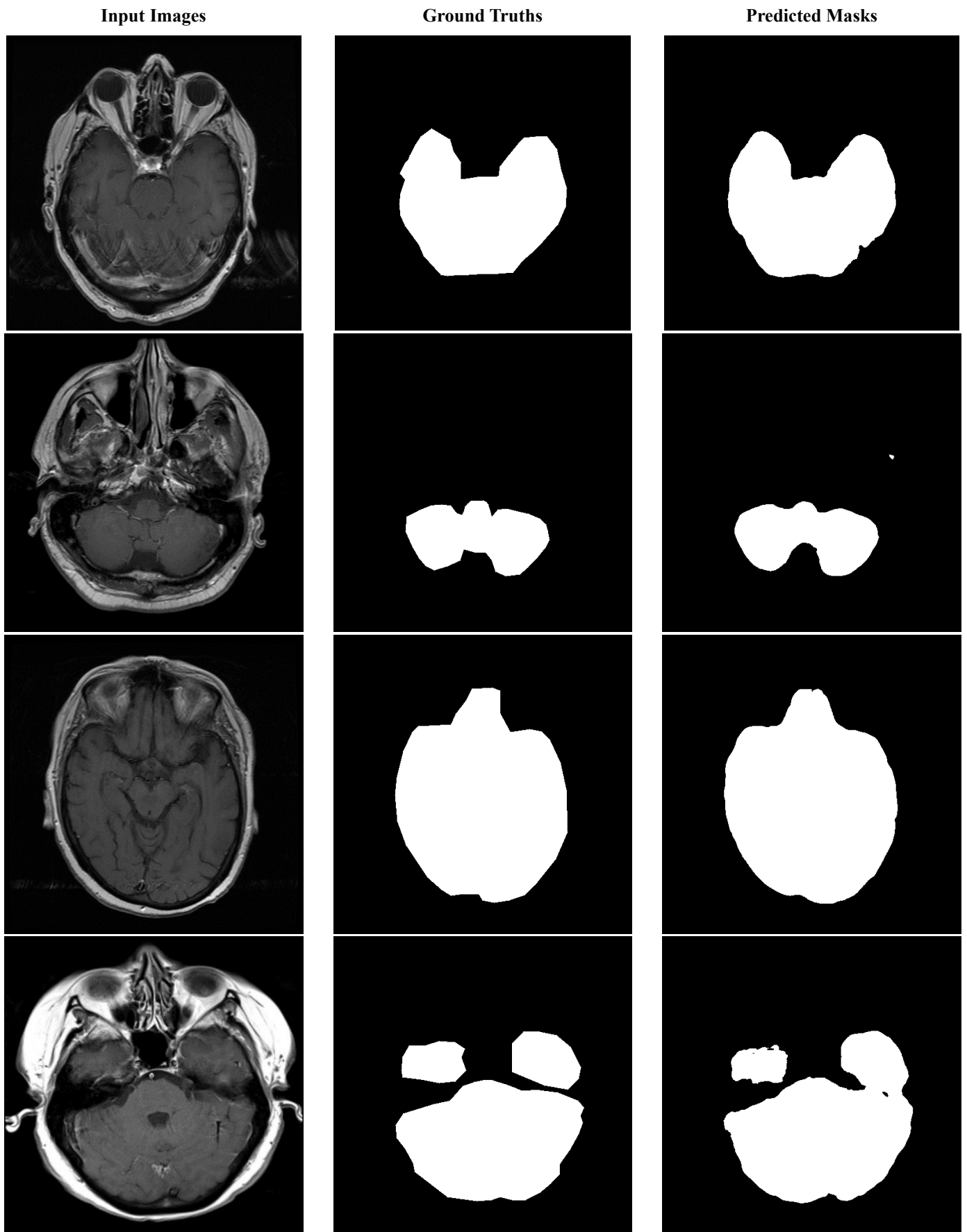


Figure 2. Results obtained by compound loss function of CE and Dice loss functions

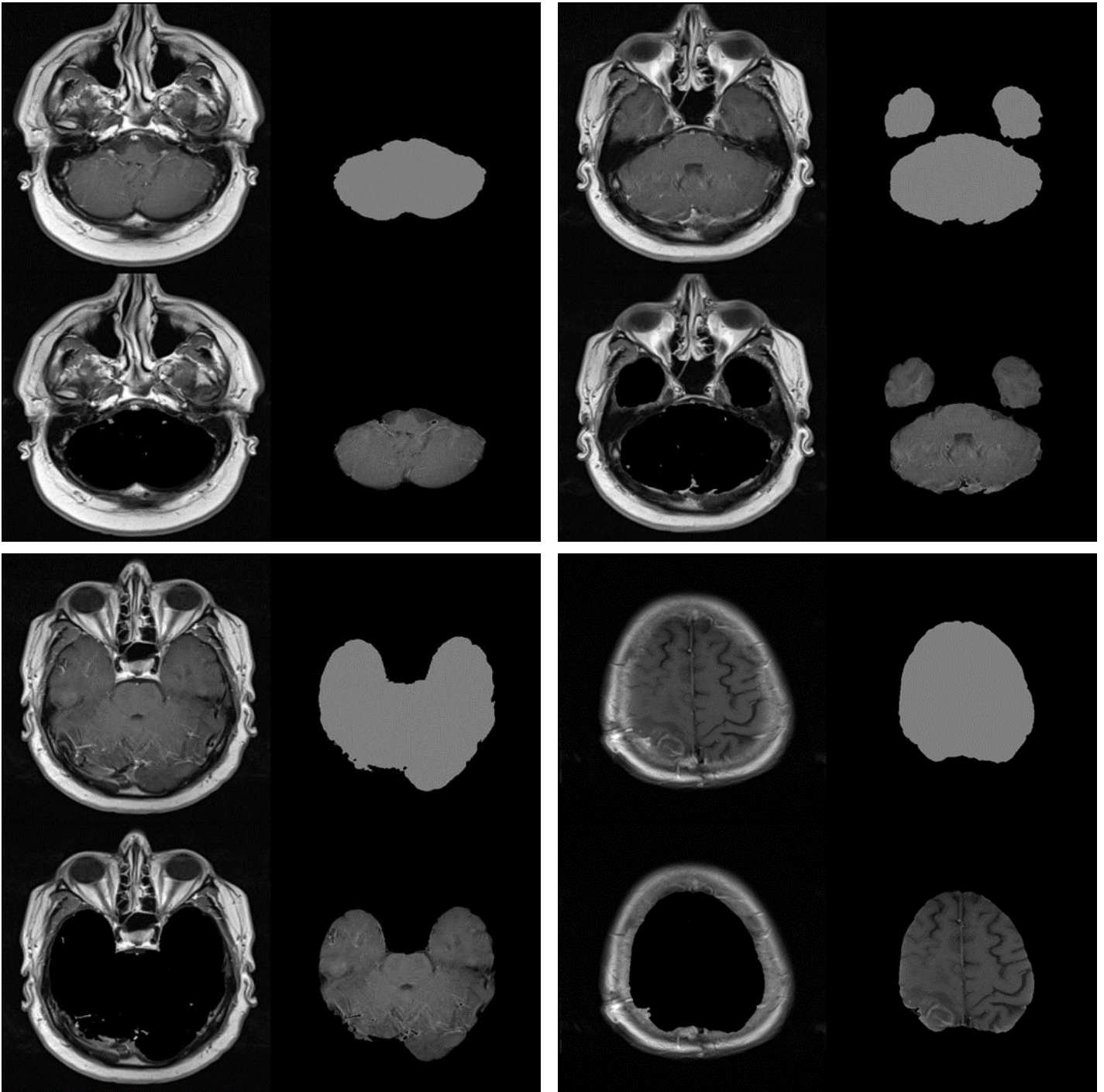


Figure 3. Results after skull stripping process

4. Conclusion

In this study, the U-Net architecture design was used for skull stripping. The U-Net was tested with several well-known loss functions, such as CE, Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky and their compound form. The U-Net by using with together the different loss functions, a suggestion was presented to other researchers about segmentation performances in the skull stripping process. In comparative analysis, the average dice score of 0.976, average IoU score of 0.964, sensitivity of 0.972, specificity of 0.985, precision of 0.960 and accuracy of 0.981 were achieved by the compound loss function of CE and Dice loss functions. As a result, the workload of radiologists can be reduced by easily separating the relevant region (ROI) thanks

to the automatic skull stripping and brain segmentation system. In future studies, different alpha, beta and gamma values will be tested for Tversky and Focal Tversky loss functions. The size of the data set will be enlarged. Other segmentation networks will be tested. Lastly, we will deal with brain tumor segmentation using brain MR images.

5. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- X-rays, CT Scans and MRIs - OrthoInfo - AAOS (pp. 1–4). (2017). <https://orthoinfo.aaos.org/en/treatment/x-rays-ct-scans-and-mris/>
- Kalavathi, P., & Prasath, V. B. S. (2016). Methods on Skull Stripping of MRI Head Scan Images—a Review. In *Journal of Digital Imaging* (Vol. 29, Issue 3, pp. 365–379). Springer. <https://doi.org/10.1007/s10278-015-9847-8>
- Hwang, H., Ur Rehman, H. Z., & Lee, S. (2019). 3D U-Net for skull stripping in brain MRI. *Applied Sciences* (Switzerland), 9(3), 569. <https://doi.org/10.3390/app9030569>
- Qamar, S., Jin, H., Zheng, R., Ahmad, P., & Usama, M. (2020). A variant form of 3D-UNet for infant brain segmentation. *Future Generation Computer Systems*, 108, 613–623. <https://doi.org/10.1016/j.future.2019.11.021>
- Wang, X., Li, X. H., Cho, J. W., Russ, B. E., Rajamani, N., Omelchenko, A., Ai, L., Korchmaros, A., Sawiak, S., Benn, R. A., Garcia-Saldivar, P., Wang, Z., Kalin, N. H., Schroeder, C. E., Craddock, R. C., Fox, A. S., Evans, A. C., Messinger, A., Milham, M. P., & Xu, T. (2021). U-net model for brain extraction: Trained on humans for transfer to non-human primates. *NeuroImage*, 235, 118001. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2021.118001>
- Kleesiek, J., Urban, G., Hubert, A., Schwarz, D., Maier-Hein, K., Bendszus, M., & Biller, A. (2016). Deep MRI brain extraction: A 3D convolutional neural network for skull stripping. *NeuroImage*, 129, 460–469. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2016.01.024>
- Li, J., Luo, Y., Shi, L., Zhang, X., Li, M., Zhang, B., & Wang, D. (2020). Automatic fetal brain extraction from 2D in utero fetal MRI slices using deep neural network. *Neurocomputing*, 378, 335–349. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2019.10.032>
- Weng, W., & Zhu, X. (2021). INet: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *IEEE Access*, 9, 16591–16603. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3053408>
- HarisIqbal88/PlotNeuralNet: Latex code for making neural networks diagrams. (n.d.). Retrieved September 5, 2022, from <https://github.com/HarisIqbal88/PlotNeuralNet>



Analysis of the Effects of Segmentation Networks and Loss Functions in Ischemic Stroke Lesion Segmentation

Ahmet Furkan Bayram¹, Alperen Derin², Caglar Gurkan^{3,*}, Abdulkadir Budak⁴ and Hakan Karatas⁵

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon (ORCID: 0000-0002-1304-9941), bayramahmet48@gmail.com

² Department of Computer Engineering, Faculty of Computer and Information Science, Sakarya University, Sakarya (ORCID: 0000-0002-2276-0591), alperenderinn@gmail.com

^{3,*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{3,*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁵ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173070)

ATIF/REFERENCE: Bayram, A.F., Derin, A., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). Analysis of the Effects of Segmentation Networks and Loss Functions in Ischemic Stroke Lesion Segmentation. *European Journal of Science and Technology*, (40), 82-87.

Abstract

Stroke was the cause of one out of every six deaths from cerebrovascular disease in 2020. A stroke occurs in the United States (US) every 40 seconds. Every 3.5 minutes, people die of a stroke. More than total 795,000 stroke cases occur yearly in the US. This study aims to detect the ischemic stroke lesion that occurs in the brain. The Ischemic Stroke Lesion Segmentation (ISLES) 2017 data set, which includes 82 Magnetic Resonance images of 43 patients, was used. The UNet, Attention UNet, Residual UNet, Attention Residual UNet, and Residual UNet++ segmentation networks were tested. Moreover, Cross Entropy, Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky, and their compound forms were analyzed. The IoU loss function tested on Attention UNet achieved the best performance with the dice score of 0.766, the IoU score of 0.621, the sensitivity of 0.730, the specificity of 0.997, the precision of 0.805, and the accuracy of 0.993.

Keywords: Stroke, Segmentation, Artificial intelligence, Machine learning, Deep learning.

İskemik İnme Lezyon Segmentasyonunda Segmentasyon Ağlarının ve Kayıp Fonksiyonlarının Etkilerinin Analizi

Öz

2020'de serebrovasküler hastalıklardan her altı ölümden birinin nedeni inmeydi. Amerika Birleşik Devletleri'nde (ABD) her 40 saniyede bir inme vakası görülmektedir. Her 3.5 dakikada bir insan inmeden hayatını kaybetmektedir. ABD'de yılda toplamda 795.000'den fazla inme vakası meydana gelmektedir. Bu çalışma, beyinde oluşan iskemik inme lezyonunu tespit etmeyi amaçlamaktadır. 43 hastanın 82 Manyetik Rezonans görüntüsünü içeren İskemik İnme Lezyon Segmentasyonu (ISLES) 2017 veri seti kullanıldı. UNet, Attention UNet, Residual UNet, Attention Residual UNet ve Residual UNet++ segmentasyon ağları test edilmiştir. Ayrıca Cross Entropy, Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky ve bunların bileşik formları incelenmiştir. Attention UNet üzerinde test edilen IoU kayıp fonksiyonu 0.766 Zar skoru, 0.621 IoU skoru, 0.730 duyarlılık, 0.997 özgüllük, 0.805 kesinlik ve 0.993 doğruluk ile en iyi performansı elde etmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnme, Segmentasyon, Yapay zeka, Makine öğrenmesi, Derin öğrenme.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

Ischemic stroke is the most prevalent cerebrovascular disease. Non-invasive imaging is used to diagnose ischemic stroke. An ischemic stroke results in infarction of the affected brain tissue when there is a disruption in the cerebral blood supply (Centers for Disease Control and Prevention, 2020). Diagnosis of ischemic stroke is difficult and time consuming. In the medical field, error tolerance should be very low, and it is vital that these diseases are detected in their early stages (Tsao et al., 2022). The error rates of healthcare professionals can be decreased and diseases can be detected at an early stage by creating pixel-based classification algorithms, namely segmentation algorithms, with high accuracy rate. A diagnosis tool for detection of diseases is Magnetic Resonance Imaging (MRI) scans. Ischemic stroke lesion segmentation task is technically demanding due to the appearance, location, and shape of lesions, dynamic development of lesions, medical inconsistencies, and insufficient data sets. Besides the technical difficulties, diagnostic results are based on personal, visual observation of neurologists under different conditions. As a result, all these conditions are taken into account, this medical segmentation process is complex.

The aim of this project is to ischemic stroke lesion segmentation. Therefore, state-of-the-art segmentation networks, such as UNet, Attention UNet, Residual UNet, Attention Residual UNet, and Residual UNet++ were implemented on Ischemic Stroke Lesion Segmentation (ISLES) 2017 data set. In addition, well-known and widely used loss functions such as Cross Entropy (CE), Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky, and their compound forms were analyzed. In the comparative analysis, the IoU loss function tested on Attention UNet achieved the best predictive performance with the dice of 0.766, IoU of 0.621, the sensitivity of 0.730, specificity of 0.997, the precision of 0.805, and accuracy of 0.993. Consequently, an artificial intelligence-based computer-aided diagnosis (CAD) system was proposed for ischemic stroke lesion segmentation.

The rest of this paper is organized as: Section 2 presents literature survey of several approaches for ischemic stroke lesion segmentation. Section 3 presents the utilized methodologies. Section 4 presents the results obtained by the segmentation models and loss functions. Section 5 presents concluding remarks.

2. Related Works

Numerous scientific researchers have proposed that different segmentation methods can be used for ischemic stroke lesion segmentation.

Seifedine et al. (Kadry et al., 2021) aimed the perform UNet Supported Segmentation of Ischemic-Stroke-Lesion using Brain MRI images. In this study, the ISLES2015 database which includes 500 MRI slices of 20 patients were studied. A pre-trained UNet was employed to extract the ISL from the selected test image. The model achieved the IoU score of 90%, the dice score of 95%, the accuracy of 98%.

Hyunkwang et al. (Shin et al., 2022) aimed for an automated segmentation of chronic stroke lesions using efficient UNet (e-UNet) architecture. A deep convolution-based e-block is included in the proposed e-UNet for the purpose of the efficiently minimize trainable parameters. By collecting global features between the encoder and decoder, with a global-feature attention

block (GA-block) was increased the segmentation performance. When compared to UNet, the suggested e-UNet was reduced the number of trainable parameters by 3.75 times. The Anatomical Tracings of Lesions After Stroke (ATLAS) data set was used to evaluate the performance of e-UNet. The ATLAS data set includes 8694 images. The e-UNet model achieved the dice score of 59.2%, and the IoU score of 45.5%.

Samrand et al. (Khezirpour et al., 2022) aimed to perform automatic segmentation of brain stroke lesions from MR flair scans using the Enhanced UNet framework. In this study, the fluid-attenuated inversion recovery (FLAIR) modality was used. A deep supervised UNet architecture design that includes of five parallel layers was used. The ISLES 2015 data set was used. The model achieved the dice score of 0.89.

Sourodip et al. (Soltanpour et al., 2021) aimed to improve automatic ischemic stroke lesion segmentation on CTP (Computer Tomography Perfusion) maps using the deep neural networks. ISLES 2018 dataset was used in this study. In this paper, a novel deep learning-based network, called MutiRes UNet for segmentation of ischemic stroke lesions was proposed. Contra-lateral and corresponding Tmax images to enrich the input CTP maps was used in this network. The network achieved the dice score of 68%, IoU of 57.13%, and the mean absolute volume error of 22.62.

Yanglan et al. (Ou et al., 2021) aimed to segmentation of stroke lesions using the diffusion-weighted images (DWI). In this study, 2.5D approach was considered due to the volumetric nature and interslice discontinuities of images. In this paper, a novel deep learning-based network, called LambdaUNet was proposed. The network extends UNet by replacing convolutional layers with the proposed Lambda+ layers. Lambda+ layers have been used to transform both the intra-slice and inter-slice context around a pixel into linear functions called lambdas that are then applied to the pixel to produce informative 2.5D features. A novel clinical data set was prepared and used. LambdaUNet outperformed the 2D UNet and 3D UNet.

3. Methodology

The utilized methodologies in the paper are presented under the subtitles of data set and preprocessing, segmentation networks, and performance evaluation metrics.

3.1. Data Set and Preprocessing

In this study, ISLES 2017 data set was used. This data set includes 82 MRI data of 43 patients. MRI data is 16 bits. Therefore, 16-bit MR images were converted to 8-bit images. If there is no label on the mask of the relevant image, these images were deleted. Later, MR images were normalized by using the min-max normalization method. All images and masks were used in the training and testing of the segmentation models as 128 by 128 pixels. %90 of the MR images were used in the training stage, while %10 were used in the testing stage.

3.2. Segmentation Networks

In this study, state-of-the-art segmentation networks UNet (Ronneberger et al., 2015), Attention UNet (Oktay et al., 2018), Residual UNet (Z. Zhang et al., 2018), Attention Residual UNet (Chen et al., 2020), and Residual UNet++ (Jha et al., 2019) were used.

Details of the training phase for segmentation models are shown below:

- Stochastic gradient descent (SGD) optimization algorithm was used with a learning rate of 1e-3, weight decay of 0.0005, and momentum of 0.9.
- If the predictive performance of segmentation models is not an improvement for along the 30 epochs, the learning rate was multiplied by 0.1.

- Batch size and epoch value were chosen as 100 and 2, respectively.
- The used Integrated Development Environment (IDE) is Spyder.
- The used programming language and framework are Python and PyTorch, respectively.
- NVIDIA GeForce RTX 3060 graphics card was used in the experiment.

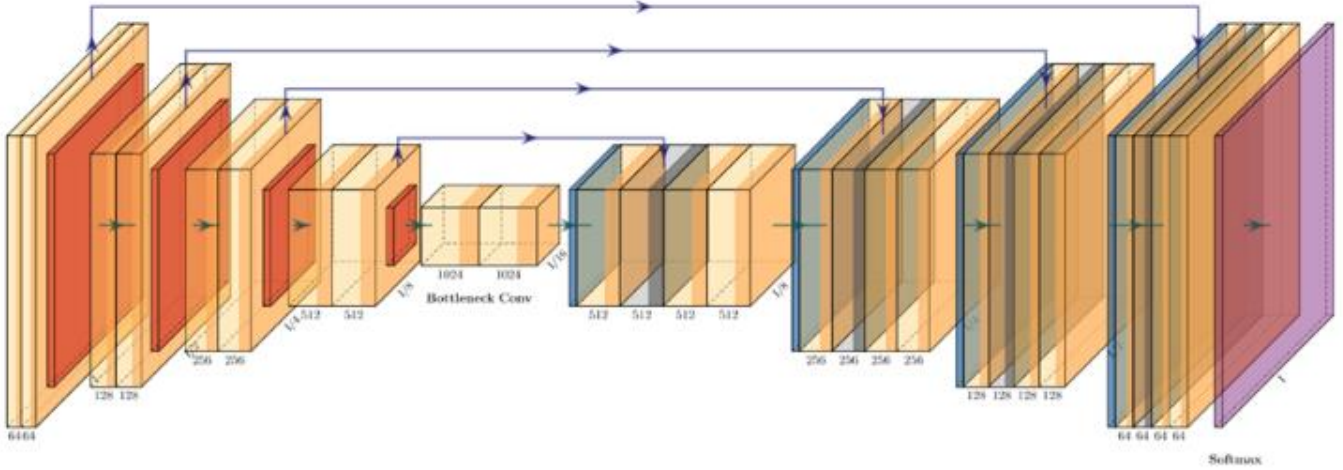


Figure 1. U-Net architecture design (HarisIqbal88/PlotNeuralNet: Latex Code for Making Neural Networks Diagrams, n.d.)

3.3. Performance Evaluation Metrics

The predictive performance of segmentation models and loss functions was analyzed by using performance evaluation metrics, such as accuracy, precision, sensitivity, specificity, dice, and IoU. Formulations of performance evaluation metrics are shown in Equations 1, 2, 3, 4, 5, and 6.

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

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

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

$$\text{Specificity} = \frac{\text{TN}}{\text{TN} + \text{FP}} \quad (4)$$

$$\text{Dice} = \frac{2 * \text{TP}}{2 * \text{TP} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (5)$$

$$\text{IoU} = \frac{\text{TP}}{\text{TP} + \text{FP} + \text{FN}} \quad (6)$$

True Positive (TP), True Negative (TN), False Positive (FP), and False Negative (FN) refers to the number of correctly classified positive, number of correctly classified negative class, incorrectly classified positive class, and number of the incorrectly classified negative class, respectively. In this case, class means pixel-based classes.

4. Results and Discussion

Table 1 shows the results obtained by using segmentation models. The dice score of 0.687, the IoU score of 0.523, the sensitivity of 0.604, the specificity of 0.998, the precision of 0.796, and the accuracy of 0.992 were achieved by the U-Net model. The dice score of 0.754, the IoU score of 0.605, the sensitivity of 0.720, the specificity of 0.997, the precision of 0.791, and the accuracy of 0.993 were achieved by the Attention U-Net model. The dice score of 0.490, the IoU score of 0.324, the sensitivity of 0.369, the specificity of 0.998, the precision of 0.727, and the accuracy of 0.998 were achieved by the Residual U-Net model. The dice score of 0.556, IoU score of 0.385, the sensitivity of 0.447, the specificity of 0.998, the precision of 0.736, and the accuracy of 0.989 were achieved by the Attention Residual U-Net model. The dice score of 0.615, the IoU score of 0.444, the sensitivity of 0.496, the specificity of 0.998, the precision of 0.807, and the accuracy of 0.991 were achieved by the Residual U-Net++ model.

In the general analysis carried out by taking into account the results obtained by segmentation models, the Attention UNet model achieved the highest predictive performance. The attention mechanism increased the segmentation performance. The Residual UNet model has the lowest predictive performance. Attention UNet model has been tested with different loss functions as it achieved the best segmentation performance.

Table 1. Results obtained using segmentation models

Models	Dice	IoU	Sensitivity	Specificity	Precision	Accuracy
UNet	0.687	0.523	0.604	0.998	0.796	0.992
Attention UNet	0.754	0.605	0.720	0.997	0.791	0.993
Residual UNet	0.490	0.324	0.369	0.998	0.727	0.988
Attention Residual UNet	0.556	0.385	0.447	0.998	0.736	0.989
Residual UNet++	0.615	0.444	0.496	0.998	0.807	0.991

Table 2 shows the results obtained by testing several loss functions on the Attention UNet model. The dice score of 0.688, the IoU score of 0.524, the sensitivity of 0.597, the specificity of 0.998, the precision of 0.812, and the accuracy of 0.992 were achieved by the CE loss function. The dice score of 0.729, the IoU score of 0.573, the sensitivity of 0.659, specificity of 0.998, the precision of 0.815, and accuracy of 0.993 were achieved by the Dice loss function. The dice score of 0.766, the IoU score of 0.621, the sensitivity of 0.730, the specificity of 0.997, the precision of 0.805, and the accuracy of 0.993 were achieved by the IoU loss function. The dice score of 0.745, the IoU score of 0.594, the sensitivity of 0.735, the specificity of 0.996, the precision of 0.756, and the accuracy of 0.992 were achieved by the Tversky loss function. The dice score of 0.718, the IoU score of 0.560, the sensitivity of 0.658, the specificity of 0.997, the precision of 0.789, and the accuracy of 0.992 were achieved by the Focal Tversky loss function. The dice score of 0.754, the IoU

score of 0.605, the sensitivity of 0.720, the specificity of 0.997, the precision of 0.791, and the accuracy of 0.993 were achieved by the compound loss function of CE and Dice loss functions. The dice score of 0.752, IoU score of 0.603, the sensitivity of 0.715, the specificity of 0.997, the precision of 0.793, and the accuracy of 0.993 were achieved by the compound loss function of CE and IoU loss functions. The dice score of 0.760, the IoU score of 0.613, the sensitivity of 0.727, the specificity of 0.997, the precision of 0.797, and the accuracy of 0.993 were achieved by the compound loss function of CE and Tversky loss functions. The dice score of 0.765, IoU score of 0.619, the sensitivity of 0.733, the specificity of 0.997, the precision of 0.799, and the accuracy of 0.993 were achieved by the compound loss function of CE and Focal Tversky loss functions. The results obtained by using the IoU loss function with Attention UNet are given in Figure 2.

Table 2. Results were obtained by testing several loss functions on the Attention UNet model

Loss Functions	Dice	IoU	Sensitivity	Specificity	Precision	Accuracy
CE	0.688	0.524	0.597	0.998	0.812	0.992
Dice	0.729	0.573	0.659	0.998	0.815	0.993
IoU	0.766	0.621	0.730	0.997	0.805	0.993
Tversky	0.745	0.594	0.735	0.996	0.756	0.992
Focal Tversky	0.718	0.560	0.658	0.997	0.789	0.992
CE+Dice	0.754	0.605	0.720	0.997	0.791	0.993
CE+IoU	0.752	0.603	0.715	0.997	0.793	0.993
CE+Tversky	0.760	0.613	0.727	0.997	0.797	0.993
CE+Focal Tversky	0.765	0.619	0.733	0.997	0.799	0.993

In the general analysis was carried out by taking into account the results obtained by testing several loss functions on the Attention UNet model. The compound loss function of CE and IoU loss functions achieved the highest predictive performance. The CE loss function has the lowest predictive performance. The Dice loss function outperformed the Focal Tversky loss function but was worse than the Tversky. Alpha, beta, and gamma refer to the coefficient of the FN, the coefficient of the FP, and the exponential coefficient of the Tversky loss function, respectively. In the experimental procedure, the alpha and beta coefficients were chosen as 0.7 and 0.3 in Tversky and Focal Tversky loss functions, respectively. The gamma coefficient was chosen as 0.75 in the Focal Tversky loss function. Therefore, several different alpha, beta, and gamma coefficients can be tested for the Tversky and Focal Tversky loss functions.

In the comparative analysis, while the IoU loss function obtained the best predictive performance among the lean loss functions, the CE loss function obtained the worst predictive performance. While the compound loss function of CE and Focal Tversky loss functions obtained the best predictive performance among the compound loss functions, the compound loss function of CE and IoU loss functions obtained the worst predictive performance.

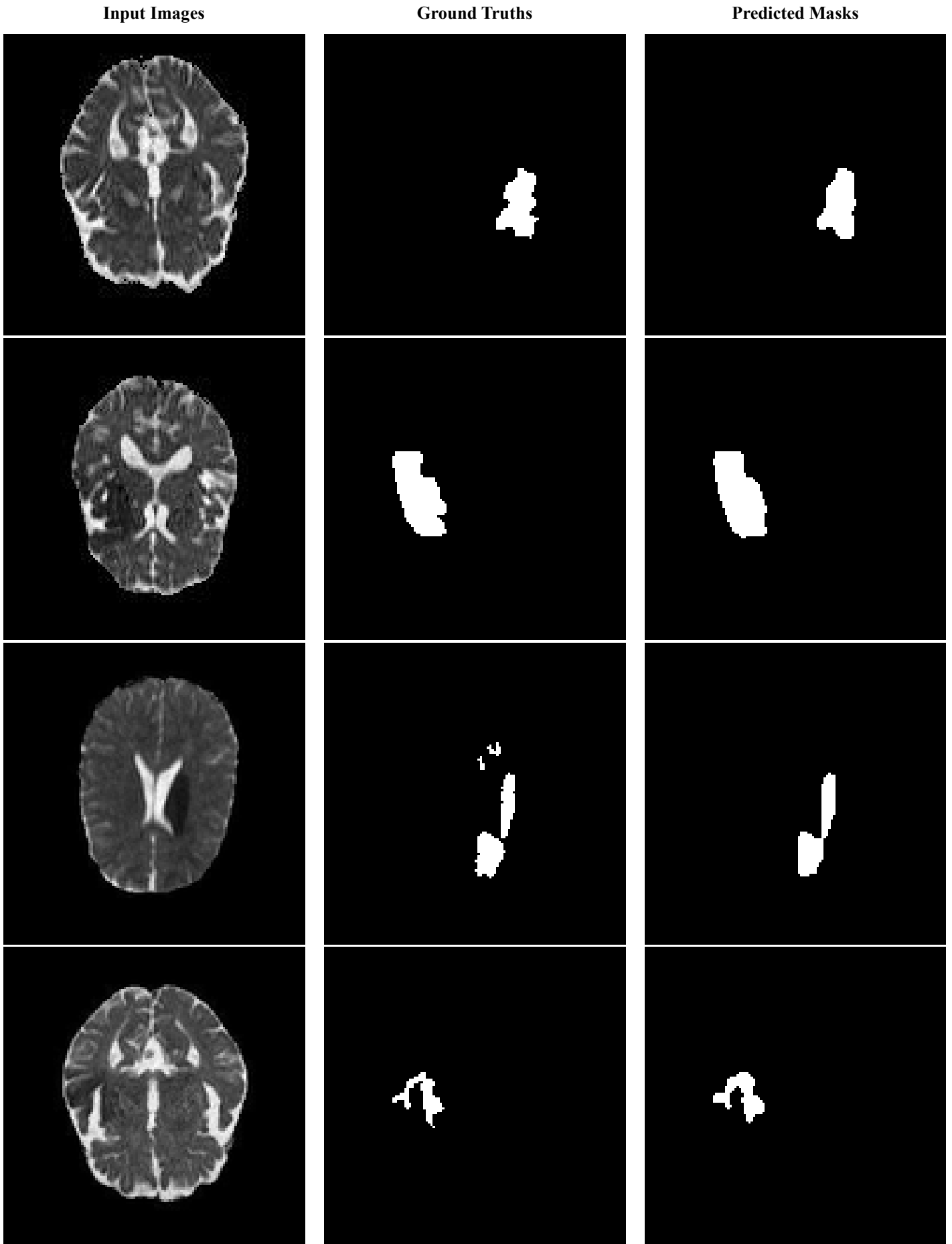


Figure 2. Results were obtained by using the IoU loss function with Attention UNet

5. Conclusion

In this study, the U-Net-based architecture designs, such as Attention UNet, Residual UNet, Attention Residual UNet, and Residual UNet++ were used to perform ischemic stroke lesion segmentation. Moreover, the architecture designs were tested by using several loss functions widely used in segmentation tasks, such as CE, Dice, IoU, Tversky, Focal Tversky, and their compound form. The IoU loss function used in conjunction with Attention UNet achieved the best predictive performance with the dice score of 0.766, the IoU score of 0.621, the sensitivity of 0.730, the specificity of 0.997, the precision of 0.805, and the accuracy of 0.993. Consequently, a decision support system has been developed for ischemic stroke lesion segmentation. It has been pointed out that the attention mechanism improves segmentation performance. Thanks to this comprehensive analysis, information about segmentation analysis was presented to the researchers. In future studies, experimental studies will be conducted using different alpha, beta, and gamma coefficients for Tversky and Focal Tversky loss functions. Experimental studies will be carried out with different data sets. Other well-known segmentation networks will be used in ischemic stroke lesion segmentation.

6. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- Centers for Disease Control and Prevention. (2020). Underlying Cause of Death, 1999-2020 Request. CDC WONDER Online Database. <https://wonder.cdc.gov/ucd-icd10.html>
- Tsao, C. W., Aday, A. W., Almarzooq, Z. I., Alonso, A., Beaton, A. Z., Bittencourt, M. S., Boehme, A. K., Buxton, A. E., Carson, A. P., Commodore-Mensah, Y., Elkind, M. S. V., Evenson, K. R., Eze-Nliam, C., Ferguson, J. F., Generoso, G., Ho, J. E., Kalani, R., Khan, S. S., Kissela, B. M., ... Martin, S. S. (2022). Heart Disease and Stroke Statistics-2022 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation*, 145(8), e153–e639. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001052>
- Kadry, S., Damasevicius, R., Taniar, D., Rajinikanth, V., & Lawal, I. A. (2021, March 25). U-Net Supported Segmentation of Ischemic-Stroke-Lesion from Brain MRI Slices. *Proceedings of 2021 IEEE 7th International Conference on Bio Signals, Images and Instrumentation, ICBSII 2021*. <https://doi.org/10.1109/ICBSII51839.2021.9445126>
- Shin, H., Agyeman, R., Rafiq, M., Chang, M. C., & Choi, G. S. (2022). Automated segmentation of chronic stroke lesion using efficient U-Net architecture. *Biocybernetics and Biomedical Engineering*, 42(1), 285–294. <https://doi.org/10.1016/j.bbe.2022.01.002>
- Kheezrpour, S., Seyedarabi, H., Razavi, S. N., & Farhoudi, M. (2022). Automatic Segmentation of the Brain Stroke Lesions from MR Flair Scans Using Improved U-Net Framework. *SSRN Electronic Journal*, 78, 103978. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4015024>
- Soltanpour, M., Greiner, R., Boulanger, P., & Buck, B. (2021). Improvement of automatic ischemic stroke lesion segmentation in CT perfusion maps using a learned deep neural network. *Computers in Biology and Medicine*, 137, 104849. <https://doi.org/10.1016/j.combiomed.2021.104849>
- Ou, Y., Yuan, Y., Huang, X., Wong, K., Volpi, J., Wang, J. Z., & Wong, S. T. C. (2021). LambdaUNet: 2.5D Stroke Lesion Segmentation of Diffusion-Weighted MR Images. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12901 LNCS, 731–741. https://doi.org/10.1007/978-3-030-87193-2_69
- HarisIqbal88/PlotNeuralNet: Latex code for making neural networks diagrams. (n.d.). Retrieved September 7, 2022, from <https://github.com/HarisIqbal88/PlotNeuralNet>



Effect of Deposition Time on Hardness and Corrosion Properties of Electroless Nickel-Boron Coatings

Yaren Sarp^{1*}, İbrahim Usta², Sezer Tan³, Hasan Algül⁴, Mehmet Uysal⁵, Ahmet Alp⁶

^{1*} Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3043-3643), yarensarp@hotmail.com

² Sakarya University of Applied Sciences, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7557-9617), b16.ibrahim@gmail.com

³ Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1265-6897), sezertan@sakarya.edu.tr

⁴ Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4348-8865), halgul@sakarya.edu.tr

⁵ Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9396-7450), mehmetu@sakarya.edu.tr

⁶ Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6164-4729), alp@sakarya.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173924)

ATIF/REFERENCE: Sarp Y., Usta, I., Tan, S., Algül H., Uysal M., Alp A., (2022). Effect of Deposition Time on Hardness and Corrosion Properties of Electroless Nickel-Boron Coatings. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (40), 88-93.

Abstract

Electroless nickel-based coatings are an excellent method to improve the surface properties of materials such as wear, hardness and corrosion. On the other hand, aluminum alloys are used in many applications" due to their properties such as cheapness and lightness. In addition to these good properties of aluminum alloys, their poor surface properties are limited in some usage areas in the industry. In this study, electroless nickel-boron (Ni-B) coatings were applied to the aluminum surface to improve the surface properties of the aluminum alloys (6xxx). In this study, the effect of deposition time (30, 60, 90 min.) on the hardness and corrosion properties of Ni-B coatings was investigated. Scanning electron microscopy (SEM) was used to study the surface morphology, and X-ray diffractometry (XRD) was used to examine the phase structure. According to the SEM analysis results, it was observed as a result of the studies that the morphology of the Ni-B coating changed from nodular structure to cauliflower-like structure with increasing deposition time. Also, the thickness of the coatings is increased with an increase in the deposition time. According to the study's results, although the highest average hardness value is obtained as 1140 Hv by the highest deposition time of 90 min, the highest corrosion resistance is obtained as 1.969×10^{-3} mpy by the lowest deposition time of 30 min.

Keywords: Nickel-boron, Hardness, Corrosion, Microstructure, Electroless coating,

Biriktirme Süresinin Akımsız Nikel-Bor Kaplamaların Sertlik ve Korozyon Özelliklerine Etkisi

Öz

Akımsız nikel esaslı kaplamalar, malzemelerin aşınma, sertlik ve korozyon gibi yüzey özelliklerini iyileştirmek için mükemmel bir yöntemdir. Alüminyum alaşımları ise ucuzluk ve hafiflik gibi özelliklerinden dolayı birçok uygulamada kullanılmaktadır. Alüminyum alaşımlarının bu iyi özelliklerinin yanında, düşük yüzey özellikleri endüstrideki bazı kullanım alanlarını sınırlar. Bu çalışmada, alüminyum alaşımlarının (6xxx) yüzey özelliklerini iyileştirmek için alüminyum yüzeye akımsız nikel-bor (Ni-B) kaplamalar uygulanmıştır. Kaplama süresinin (30, 60, 90 dk.) Ni-B kaplamaların sertlik ve korozyon özellikleri araştırıldı. Yüzey morfolojisini incelemek için taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve faz yapısını incelemek için X-ışını difraktometrisi (XRD) kullanıldı. SEM analiz sonuçlarına göre, Ni-B kaplamanın morfolojisinin artan kaplama süresi ile nodüler yapıdan karnabahar benzeri yapıya dönüştüğü deneysel çalışmalar sonucunda gözlemlenmiştir. Kaplamadaki, en yüksek sertlik değeri 90 dakikalık en yüksek biriktirme süresi ile 1140 Hv olarak elde edilmesine rağmen, en yüksek korozyon direnci 30 dakikalık en düşük biriktirme süresi ile 1.969×10^{-3} mpy olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Nikel-Bor, Sertlik, Korozyon, Mikroyapı, Akımsız kaplama,

1. Introduction

Electroless coating is a coating method which reduces metal ions onto the catalytic surface by chemical reduction process without applying an external electric current. Electroless nickel coatings are obtained by reducing nickel ions by the action of reducers on a "conductive and catalytic" substrate immersed in a solution containing nickel salts (Loto, 2016). Nickel, combined with phosphorus or boron released by the reductant, forms a binary alloy. Electroless nickel coatings firstly was announced by Brenner and Riddel in the 1940s. Today, electroless nickel coatings are used in extensive applications such as aerospace, automotive, chemical, and electrical industries because of their solderability and high hardness (Parkinson, 1997). Besides, electroless deposition provides the production of wear-resistant hard coatings without using any special equipments (Krishnaveni, Narayanan, & Seshadri, 2005).

Electroless coatings provide a homogenous surface because of their coating mechanism, so the irregular-shaped surfaces can be coated because the coating occurs at every point of the surface in contact with the coating solution.

Electroless nickel-boron coatings have a higher hardness than that of nickel-phosphorous coatings. The hardness of nickel-boron coatings also increases with the amount of boron included. Another attractive property of Ni-B coatings is their wear resistance, which can be compared with that of hard chromium coating. Also, it is believed that Ni-B coating positively contributes to the corrosion resistance of the surfaces [4].

In this study, Ni-B coating was applied onto the 6XXX series aluminum surface by the electroless coating method at different deposition times. The effect of the deposition time on the surface morphologies, corrosion resistances and harnesses of the aluminum substrates is investigated.

2. Material and Method

In the electroless Ni-B deposition process, 20x20x5 mm 6XXX series aluminum alloy samples were used as substrates. Before the electroless coating process, each sample was firstly sanded with SiC paper, then polished with alumina slurry and cleaned in an acidic solution to remove surface dirt and oil. Before the immersion of the substrates into the coating solutions, the pre-treatment process was applied with tin and palladium solutions. The pre-treatment steps are given in Fig. 1. After pre-treatment, the aluminum substrates were immersed in the electroless coating baths. The electroless coating was carried out in solutions of the same conditions in Table 1 with different deposition times of 30,60 and 90 minutes.

The components used in the electroless coating process, and their functions are given in Table 1. The pH of the electroless Ni-B coatings was kept between 5-6 for all coatings. Nickel (II) sulfate hexahydrate as the nickel source, sodium acetate ($C_2H_3NaO_2$) as the complexing agent, thiourea as the stabilizer (CH_4N_2S) and DMAB ($(CH_3)_2NBH_2$) as the reducing agent was used in the coatings. The surface and cross-sectional morphology of the samples were characterized by scanning electron microscopy (SEM). In order to examine the cross-sectional specimens after deposition, the specimens were cut and mounted in bakelite, and after the sanding and polishing processes, they were examined in SEM.

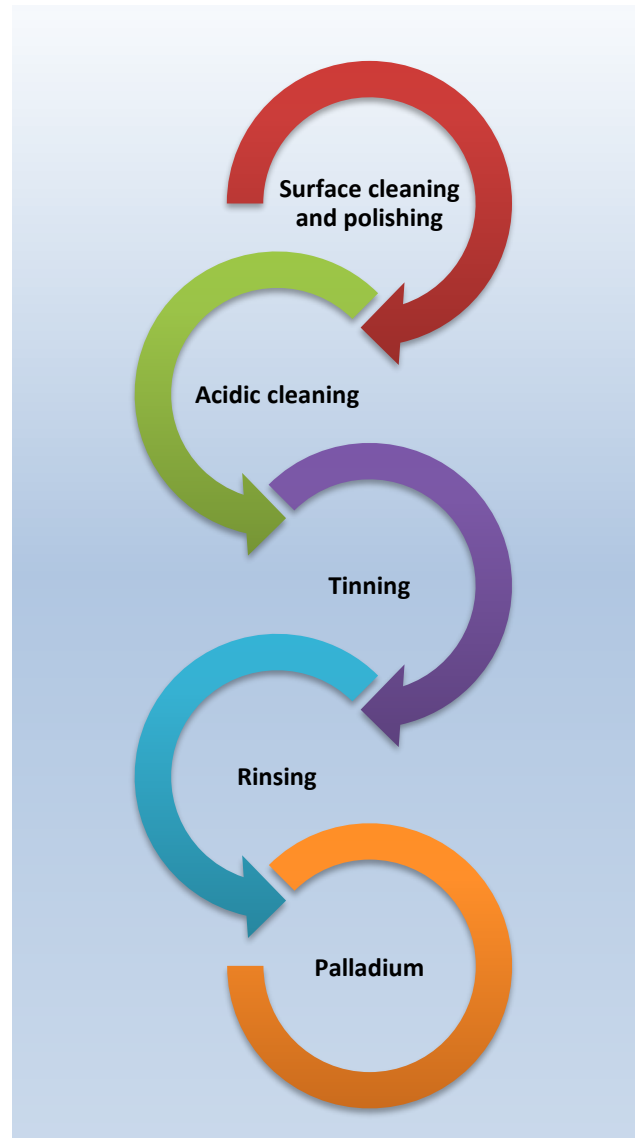


Fig. 1. Electroless sample preparation before coating.

X-ray diffraction (XRD) analyzes of Ni-B alloy coatings were performed with a Rigaku D/max 2200 powder diffraction meter using Cu K-alpha radiation. Hardness tests were carried out with a Vickers Microhardness tester (LEICA VMHTMOT) under the force of 25 gf and indentation time of 10 s.

The potentiodynamic polarization measurements were obtained using Gamry Interface 1000 Potentiostat by scanning the potential from -100 mV to 100 mV at a scan rate of 1 mV s $^{-1}$. Tafel extrapolation experiments were performed in a three-electrode cell using a saturated calomel electrode (SCE) reference electrode, graphite counter electrode and electroless Ni-B coatings working electrode in 3.5 wt% NaCl solution at room temperature.

Table 1. Bath chemical composition and operating conditions.

Bath chemicals	Chemical Properties	Concentration
Nickel (II) sulfate hexahydrate	Metallic Ions	36 g/L
Sodium acetate	Complexing Agent	6 g/L
DMAB	Reducing Agent	10 g/L
Thiourea	Stabilizer	1 mg/L
Parameters		
Bath pH	5-6	
Deposition time (min.)	30,60 and 90	
Bath temperature (°C)	75-80	
Stirring Speed (rpm)	350	

3. Results and Discussion

The surface morphologies of the coatings at 1000X and 3000x magnifications are presented in Fig. 2. It is clearly seen from figure, the typical cauliflower-like structure became more evident with increasing deposition time. It has been reported that cauliflower-like structure may be formed due to the coaxial growth of grains at the substrate interface induced by the high amount of nucleation sites on the substrate surface (Dominguez-Rios, Torres-Sanchez, & Aguilar-Elguezabal, 2007). The amount of boron in the structure increased with the increasing deposition time, and more nucleation zones were formed. In addition, there are no defects or cracks on the coating surface in all coating conditions.

The cauliflower-like structure is occurred at all deposition times (30, 60, 90 min.). With the increase of the deposition time, the formation and growth of grains increase the reaction rate with the catalytic effect of the core nickel on the substrate and cause the deposition of more boron as well as nickel (Dominguez-Rios et al., 2007). It was observed that the grains got smaller with increasing deposition time and grain boundaries increased. (see Fig. 2. and Fig. 5.)

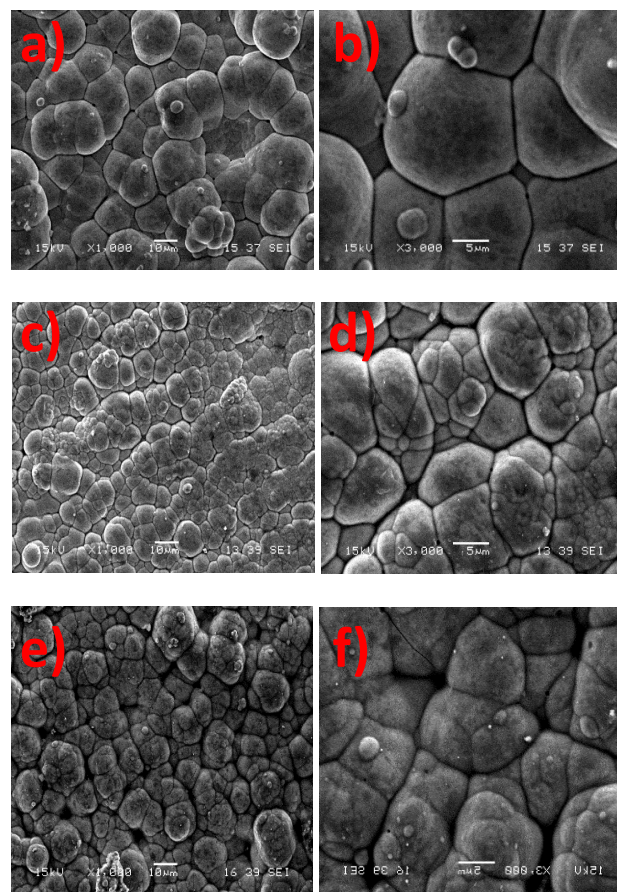


Fig. 2. Different magnification (X1000 and X3000) SEM surface morphology images of different deposition time electroless Ni-B. a-b: 30 min, c-d: 60 min, e-f: 90 min.

Cross-sectional images of Ni-B coatings are presented in Fig. 3. It has been observed that with the increase in deposition time, there is a noticeable increase in the thickness of the coating. In the periods between 30 minutes and 60 minutes, the coating thickness increased slightly. At a deposition time of 90 minutes, there is a significant increase in thickness. As the deposition time increases, the coating thickness increases and a nodular growth occurs columnar on the substrate (Kaya, Gulmez, & Demirkol, 2009). With the increase of the deposition time, the coating thickness increased as a result of the accumulation of nickel ions (Shakoor, Kahraman, Gao, & Wang, 2016). In electroless the thickness of Ni-B coatings is obtained as 10.8, 11.4 and 16.2 µm for different deposition times os 30, 60 and 90 min., respectively.

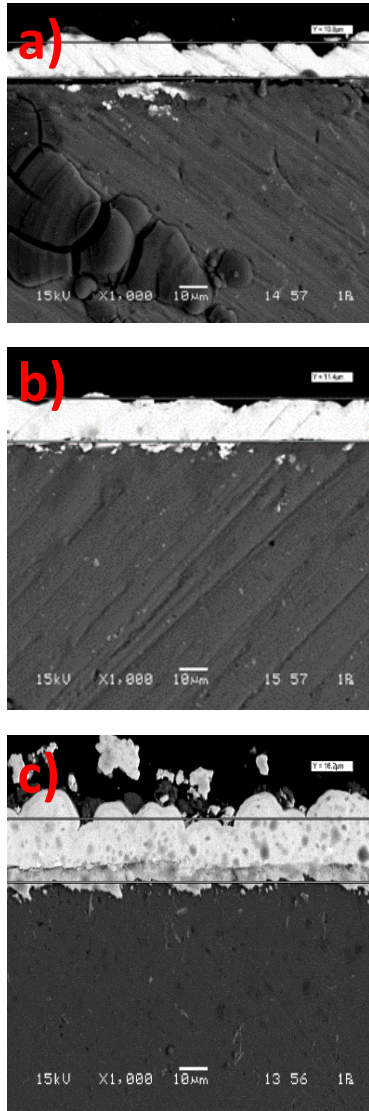


Fig. 3. SEM cross-section images of electroless Ni-B coatings (1000X magnification).

X-ray diffraction (XRD) analyses of Ni-B alloy coatings are produced by the electroless coating method were performed with a Rigaku D/max 2200 powder diffraction meter using Cu K-alpha radiation. The X-ray diffraction patterns of all coatings are shown in Fig. 4. Amorphous/semi-crystalline alloy coatings showed a single Nickel peak at 44° in the (111) plane, as in similar studies (Li et al., 1999). When the peaks at approximately 44° of the coating layers produced with electroless coating are examined, it is clearly seen that the peak intensity becomes sharper with the increase in the the deposition times of the coatings. Also, , the Ni peak (200) at approximately 53° indicates the presence of both amorphous and crystalline structures for the deposition time of 90 min (Tian, Sun, Liu, Jia, & Xiao, 2021).

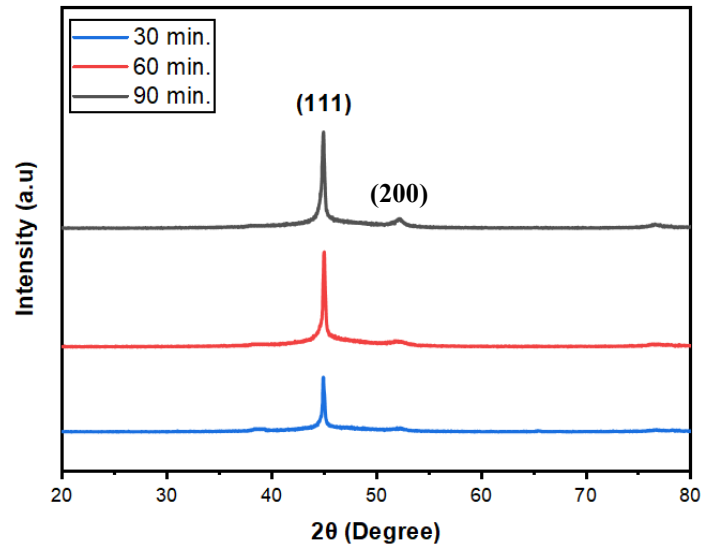


Fig. 4. XRD patterns of coatings produced in different deposition times.

Grain size was calculated using the XRD data with the Scherrer equation (Patterson, 1939) given below.

$$\tau = \frac{K\lambda}{\beta \cos \theta}$$

Table. 2. Boron volume percent of Ni-B coatings according to coating time.

Deposition Time (min.)	B% Content
30	1.942
60	2.489
90	4.113

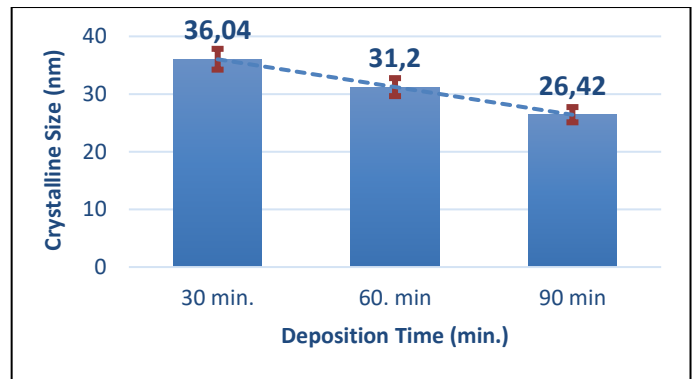


Fig. 5. The crystalline size of the coatings calculated by the Scherrer equation.

The crystalline size of the coatings is shown in the Fig. 5. The crystalline size of the coatings is decreased with the increasing deposition time due to nucleation sites increase with the increase in time.

It has been reported that the decreasing in crystalline size highly affects the hardness of the coating (Czagány, Baumli, & Kaptay, 2017). In accordance with the literature, an increase in the hardness value was observed by examining the grain size and the increase in the coating thickness. The hardness values of the

coatings were obtained by taking the average of 5 different traces from the cross-sectional surfaces. The hardness values of the coatings are presented in Fig. 6.

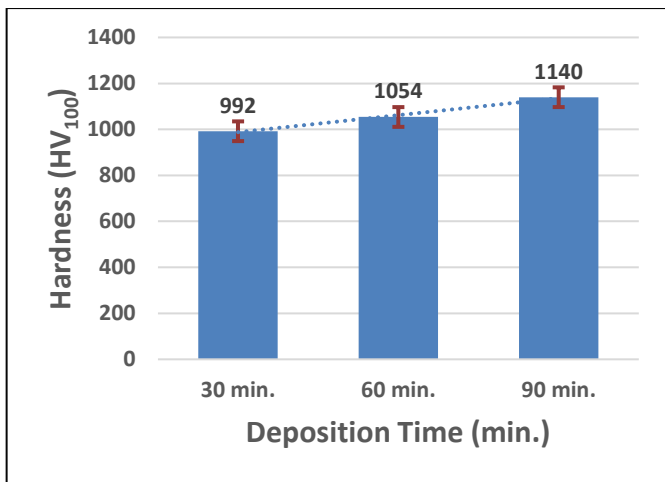


Fig. 6. Hardness values of electroless Ni-B samples (30-60-90 min.)

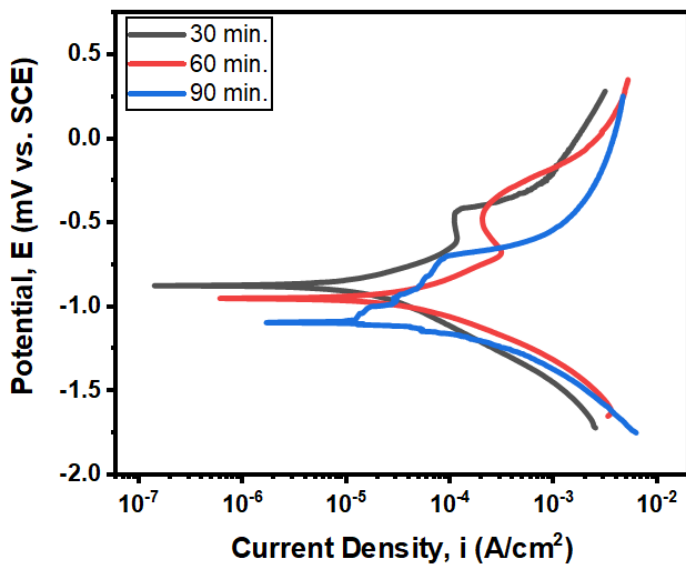


Fig. 7. The Tafel curve at different deposition time of the coating.

Figure 7 shows the potentiodynamic polarization curves of Ni-B coatings coated at different deposition times. Considering the potentiodynamic polarization curves, the sample with the lowest corrosion rate belongs to the Ni-B coating produced in 30 minutes. The corrosion rate is found as 1.98×10^{-3} . This sample is followed by samples of 60 and 90 minutes, respectively. The corrosion rates of these samples are 5.731×10^{-3} and 6.483×10^{-3} , respectively. The increase in corrosion rates with increasing time is the increasing amount of boron in the coating content. Corrosion resistance is negatively affected by the increase in the amount of boron. With the increase of boron content, passive oxide film formation is prevented and corrosion resistance of the sample decreases (Bekish, Poznyak, Tsybul'skaya, & Gaev'skaya, 2010).

Table. 3. Corrosion rates obtained from the polarization curves for deposition time.

Deposition Time(min.)	Corrosion Rate ($\mu\text{m}/\text{year}$)
30	1.968×10^{-3} mpy
60	5.731×10^{-3} mpy
90	6.483×10^{-3} mpy

4. Conclusions and Recommendations

Ni-B coatings were successfully produced with electroless at different deposition times (30,60,90 min.). All depositions have a typical cauliflower-like structures. The crystalline size decreased with the increase in deposition time. The thickness of the coatings is increased with increasing of the deposition time. The highest thickness is obtained as $16.2 \mu\text{m}$ at 90 min. deposition time.

The hardness values of the coatings increased with the increase of the deposition time. The highest hardness value of 1140 HV was reached in 90 minutes.

Considering the potentiodynamic polarization curves, the highest corrosion resistance is achieved in Ni-B coating produced in 30 minutes.

5. Acknowledge

We would like to thank Sakarya University, Metallurgical and Materials Engineering Department for providing the opportunity to carry out our study.

We thank Sakarya University Scientific Research Projects Unit for their support to the project numbered 2018-1-6-37.

We would like to thank TUBITAK for their support to the project numbered 116M998.

References

Bekish, Y. N., Poznyak, S. K., Tsybul'skaya, L. S., & Gaev'skaya, T. V. (2010). Electrochimica Acta Electrodeposited Ni – B alloy coatings: Structure , corrosion resistance and mechanical properties. *Electrochimica Acta*, 55(7), 2223–2231. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2009.11.069>

Czagány, M., Baumli, P., & Kaptay, G. (2017). The influence of the phosphorous content and heat treatment on the nano-micro-structure, thickness and micro-hardness of electroless Ni-P coatings on steel. *Applied Surface Science*, 423, 160–169. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/J.APSUSC.2017.06.168>

Dominguez-Rios, C., Torres-Sanchez, R., & Aguilar-Elguezabal, A. (2007). Characterization Of The film Of Ni-B Electroless on Steel S7, Through Optical Microscopy and Scanning Electron Microscopy. *ECS Transactions*, 3(25), 117–122. Retrieved from <https://doi.org/10.1149/1.2753246>

Kaya, B., Gulmez, T., & Demirkol, M. (2009). Study on the electroless Ni-B nano-composite coatings. *AIP Conference Proceedings*, 1127(September 2014), 62–73. Retrieved from

- <https://doi.org/10.1063/1.3146199>
- Krishnaveni, K., Narayanan, T. S. N. S., & Seshadri, S. K. (2005). Electroless Ni–B coatings: preparation and evaluation of hardness and wear resistance. *Surface and Coatings Technology*, 190(1), 115–121. Retrieved 8 September 2022 from https://www.academia.edu/1522307/Electroless_Ni_B_coatings_preparation_and_evaluation_of_hardness_and_wear_resistance
- Li, H., Li, H., Dai, W. L., Wang, W., Fang, Z., & Deng, J. F. (1999). XPS studies on surface electronic characteristics of Ni–B and Ni–P amorphous alloy and its correlation to their catalytic properties. *Applied Surface Science*, 152(1–2), 25–34. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(99\)00294-9](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(99)00294-9)
- Loto, C. A. (2016). Electroless Nickel Plating – A Review. *Silicon* 2016 8:2, 8(2), 177–186. Retrieved 8 September 2022 from <https://doi.org/10.1007/S12633-015-9367-7>
- Parkinson, R. (1997). Properties and Applications of Electroless Nickel. *Nickel Development Institute Publication*, 33. Retrieved from http://www.nickelinstitute.org/TechnicalLiterature/TechnicalSeries/PropertiesandApplicationsofElectrolessNickel_10081.aspx
- Patterson, A. L. (1939). The Scherrer Formula for X-Ray Particle Size Determination. *Physical Review*, 56(10), 978. Retrieved 1 January 2022 from <https://doi.org/10.1103/PhysRev.56.978>
- Shakoor, R. A., Kahraman, R., Gao, W., & Wang, Y. (2016). Synthesis, characterization and applications of electroless Ni–B coatings-A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 11(3), 2486–2512.
- Tian, S. S., Sun, W. C., Liu, Y. W., Jia, Y. P., & Xiao, Y. (2021). Effect of Na₂WO₄ concentration on the microstructure and corrosion behavior of Ni–W–P ternary alloy coatings. *Materials Research*, 24(4). Retrieved from <https://doi.org/10.1590/1980-5373-MR-2020-0580>



Pancreas Segmentation Using U-Net Based Segmentation Networks in CT Modality: A Comparative Analysis

Alperen Derin¹, Caglar Gurkan^{2,*}, Abdulkadir Budak³ and Hakan Karatas⁴

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Computer and Information Science, Sakarya University, Sakarya (ORCID: 0000-0002-2276-0591), alperenderinn@gmail.com

^{2*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{2*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

³ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1171803)

ATIF/REFERENCE: Derin, A., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). Pancreas Segmentation Using U-Net Based Segmentation Networks in CT Modality: A Comparative Analysis. *European Journal of Science and Technology*, (40), 94-98.

Abstract

The pancreas is one of the small size organs in the abdomen. Moreover, anatomical differences make it difficult to detect the pancreas. This project aims to automatically segmentation of pancreas. For this purpose, NIH-CT82 data set, which includes CT images from 82 patients was used. U-Net which is state-of-the-art model and its different versions, namely Attention U-Net, Residual U-Net, Attention Residual U-Net, and Residual U-Net++ were tested. Best predict performance was achieved by Residual U-Net with the dice of 0.903, IoU of 0.823, sensitivity of 0.898, specificity of 1.000, precision of 0.908, and accuracy of 0.999. Consequently, an artificial intelligence (AI) supported decision support system was created for pancreas segmentation.

Keywords: Pancreas, Segmentation, Deep learning, U-Net, Residual U-Net++.

CT Modalitesinde U-Net Tabanlı Segmentasyon Ağlarını Kullanarak Pankreas Segmentasyonu: Karşılaştırmalı Bir Analiz

Öz

Pankreas, karın içindeki küçük boyutlu organlardan biridir. Ayrıca anatomik farklılıklar, pankreasın tespit edilmesini oldukça zorlaştırmaktadır. Bu proje pankreasın otomatik olarak segmentasyonunu amaçlamaktadır. Bu amaçla 82 hastanın bilgisayarlı tomografi (BT) görüntülerini içeren NIH-CT82 veri seti kullanılmıştır. Son teknoloji bir model olan U-Net ve farklı versiyonları olan Attention U-Net, Residual U-Net, Attention Residual U-Net ve Residual U-Net++ test edilmiştir. En iyi tahmin performansı, 0.903 zar skoru, 0.823 IoU, 0.898 duyarlılık, 1.000 özgülüllük, 0.908 kesinlik ve 0.999 doğruluk ile Residual U-Net tarafından elde edilmiştir. Sonuç olarak pankreas segmentasyonu için yapay zeka (YZ) destekli bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Pankreas, Segmentasyon, Derin öğrenme, U-Net, Residual U-Net++.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

In 2020, 60,430 new patients and 48,220 deaths dependent to pancreatic cancer have been reported in the United States. Pancreatic Cancer is the riskiest type of cancer after the Lung Cancer, Bronchial Cancer and Colorectal Cancer. It is conjectural that 111,500 patients will die from pancreatic cancer in the 28 countries of the European Union (EU) by 2025. In 2018, while the incidence of Pancreatic Cancer was 458,918 in the world, it was observed that the number of deaths was 432,242 and deaths constituted approximately 94.2% of new patients. Pancreatic cancer is the 7th prominent reason of cancer death all around the world. According to Global Cancer Statistics a total of 495,773 new patients and 466,003 deaths related to pancreatic cancer have been reported worldwide in 2020, it is almost as much as the incidence rate. The number of pancreatic cancer patients has increased by 1% every year from 2000 to 2020 (Hu et al., 2021).

Computed Tomography (CT) and Magnetic Resonance Imaging (MRI) modalities are generally used to diagnose pancreatic diseases (Chaudhary & Bano, 2011). The CT modality is frequently used for determination of pancreatic diseases. However, pancreas have a small size is one of the most minor organs in the abdominal region (Liu et al., 2022). Additionally, it is arduous to distinguish the borders of the pancreas on CT images due to its irregular shape, anatomical variations among individuals (weight, height, fat ratio, etc.), gender, age and having many different organs around it. Despite all this, the effective use of CT imaging techniques is an important tool for determining the pancreatic cancer diagnosis at the early stages.

The detection of pancreatic diseases is a time-consuming process for healthcare professionals. Therefore, artificial intelligence (AI)-supported algorithms such as segmentation, object detection, and image classification have been developed. Moreover, the percentage of error tolerance in the healthcare field should be quite low. Therefore, high-sensitivity methods are needed when predicting the medical images. For this, while it is necessary to examined images on a pixel-based classification algorithms are needed. For this reason, segmentation algorithms are frequently used in medical images. Thanks to these AI supported algorithms, the percentage of mistake of healthcare professionals can be reduced and the disease can be diagnosed at an early stage.

The aim of this paper is to pancreas segmentation which is located in the abdomen. For this reason, U-Net, Attention U-Net, Residual U-Net, Attention Residual U-Net, and Residual U-Net++ segmentation models were used in the study. CT images were used to train and test of these models. The used data set includes images of 82 patients. Residual U-Net++ segmentation model was achieved the best performance in the comparative analysis. The Residual U-Net++ segmentation model achieved the dice of 0.903, IoU of 0.823, sensitivity of 0.898, specificity of 1.000, precision of 0.908, and accuracy of 0.999.

The rest of this paper is organised as: Section 2 presents literature survey of several approaches for pancreas segmentation. Section 3 presents the utilized methodologies, including data pre-processing techniques, details of segmentation networks, and computational details of performance evaluation metrics. Section 4 presents the results obtained by the segmentation models. Concluding remarks are presented in Section 5.

2. Related Works

In this section, the studies providing the analysis of the pancreas segmentation were pointed out with the indication on research using deep learning-based segmentation models for pancreas segmentation.

Zhang et al. (D. Zhang et al., 2021) aimed to perform pancreas segmentation using CT images. The used data set consists of CT images of 82 patients. A novel segmentation network, called DCNN was proposed. The segmentation accuracy was analyzed with the dice similarity coefficient (DSC). DSC of 84.90% was achieved in pancreas segmentation.

Dogan et al. (Dogan et al., 2021) aimed to perform pancreas segmentation using CT images. The used data set consists of CT images of 82 patients. A novel segmentation network was proposed. The segmentation network includes of two parts, namely Mask R-CNN and 3D U-Net. DSC of 86.15% was achieved in pancreas segmentation.

Liu et al. (Liu et al., 2022) aimed to perform pancreas segmentation using CT images. In this study, the NIH data set which is consist of number of patients of 82 was used. A novel segmentation network, called ROI-VGGU-Net was proposed. The segmentation network aims dynamic extraction of pancreatic ROI and classification of pancreatic ROI with end-to-end deep learning method such as transfer learning. ROI-VGGU-Net segmentation network was achieved DSC of $85.4\% \pm 1.6\%$.

Yan and Defu (Yan & Zhang, 2021) aimed to segmentation of the pancreas using abdominal CT images. The NIH data set was used in this study. 2.5D U-Net with an attention mechanism, which contains 2D and 3D convolutional layers was used. The segmentation network was achieved DSC of $86.61 \pm 3.47\%$.

Li et al. (Li et al., 2021) aimed to segmentation of the pancreas using abdominal CT images. The NIH data set was used in this study. Multilevel Pyramidal Pooling Residual U-Net was used. While the DSC score of 81.36% was achieved by using ADR-U-Net, the highest DSC score of 82.77% was achieved when MLPP module was added to U-Net.

Cai et al. (Cai et al., 2017) aimed to segmentation of the pancreas by using CT and MRI modalities. The NIH data set was used for CT modality while UFL-MRI-79 data set was used for MRI modality. The UFL-MRI-79 data set consists of MRI images of 79 patients. A novel segmentation network, called Convolutional/Recurrent Neural Network Architecture was proposed for the pancreas segmentation. DSC scores of $82.4 \pm 6.7\%$ and $80.5 \pm 6.70\%$ were achieved in the NIH-CT82 and MRI-79 data sets, respectively.

3. Methodology

The utilized methodologies in the paper are presented under the subtitles of data set and preprocessing, segmentation networks, and performance evaluation metrics.

3.1. Data Set and Preprocessing

NIH-CT82 data set was prepared by The National Institutes of Health Clinical Center. This data set consists of 82 abdominal CT scans. CT scans includes 53 male and 27 female patients (Roth et al., 2015).

The preprocessing techniques are shown below:

- CT images were clipped with HU values of range of -100 and 240.
- 16-bit images were lossless converted to 8-bit images.
- Volumetric CT images were sliced into 2D images.
- If the maximum value is 0 in the masks, that masks and related images of masks were eliminated from the data set.
- Images were normalized with min-max normalization technique.
- 512 by 512 pixels images were resized to 256 by 256 pixels images. Cubic interpolation and exact nearest interpolation were used for images and masks, respectively.
- 90% of the images were used in training phase, while 10% were used in testing phase.

3.2. Segmentation Networks

In this study, U-Net (Ronneberger et al., 2015), a state-of-the-art segmentation network is considered. In this context, U-Net, Attention U-Net (Oktay et al., 2018), Residual U-Net (Z. Zhang et al., 2018), Attention Residual U-Net (Chen et al., 2020), and Residual U-Net++ (Jha et al., 2019) segmentation models were used. The attention mechanism was used because it achieves outperform in segmentation tasks.

In the training phase for segmentation models; loss function, optimizer, batch size, and epoch value were set as, the compound form of the cross entropy and dice loss functions, RMSprop, 2, and 20, respectively. Also, the initial learning rate was set as 1e-4. If performance of segmentation models is not improvement for during the 6 epochs, the learning rate was multiplied by 0.1.

PyTorch framework in Python programming language was used on Spyder Integrated Development Environment (IDE) in the experimental analysis procedure. NVIDIA GeForce RTX 3060 graphics card was used in training and testing procedures.

3.3. Performance Evulation Metrics

Accuracy, precision, sensitivity, specificity, dice, and IoU performance evaluation metrics were used to comparison the predictive performance of segmentation models. The formulations of performance evaluation metrics are shown in Equations 1, 2, 3, 4, 5, and 6.

True Positive (TP) refers to number of correctly classified positive class. True Negative (TN) refers to number of correctly classified negative class. False Positive (FP) refers to incorrectly

classified positive class. False Negative (FN) refers to number of the incorrectly classified negative class.

Accuracy, precision, sensitivity, specificity, dice and IoU indicates the results of pixel-based classification.

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

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

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

$$Specificity = \frac{TN}{TN+FP} \quad (4)$$

$$Dice = \frac{2*TP}{2*TP+FP+FN} \quad (5)$$

$$IoU = \frac{TP}{TP+FP+FN} \quad (6)$$

4. Results and Discussion

Table 1 represents the results obtained by using segmentation models. The dice of 0.895, IoU of 0.809, sensitivity of 0.876, specificity of 1.000, precision of 0.914, and accuracy of 0.999 were achieved by U-Net model. The dice of 0.899, IoU of 0.816, sensitivity of 0.913, specificity of 0.999, precision of 0.885, and accuracy of 0.999 were achieved by Attention U-Net model. The dice of 0.899, IoU of 0.816, sensitivity of 0.903, specificity of 0.999, precision of 0.895, and accuracy of 0.999 were achieved by Residual U-Net model. The dice of 0.895, IoU of 0.810, sensitivity of 0.900, specificity of 0.999, precision of 0.890, and accuracy of 0.999 were achieved by Attention Residual U-Net model. The dice of 0.903, IoU of 0.823, sensitivity of 0.898, specificity of 1.000, precision of 0.908, and accuracy of 0.999 were achieved by Residual U-Net++ model.

Considering the overall experimental analysis, the attention mechanism significantly increased the sensitivity result. The Residual U-Net++ segmentation model has outperformed other segmentation models while the U-Net model has the lowest segmentation performance according to the results of dice and sensitivity.

Performance comparison of models is shown in Figure 2. The results obtained by Residual U-Net++ are given in Figure 3.

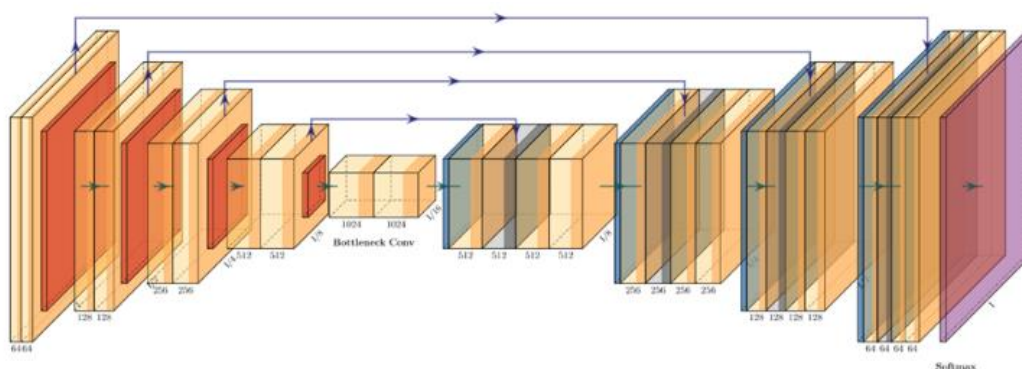


Figure 1. U-Net architecture design (Iqbal, H., 2018)

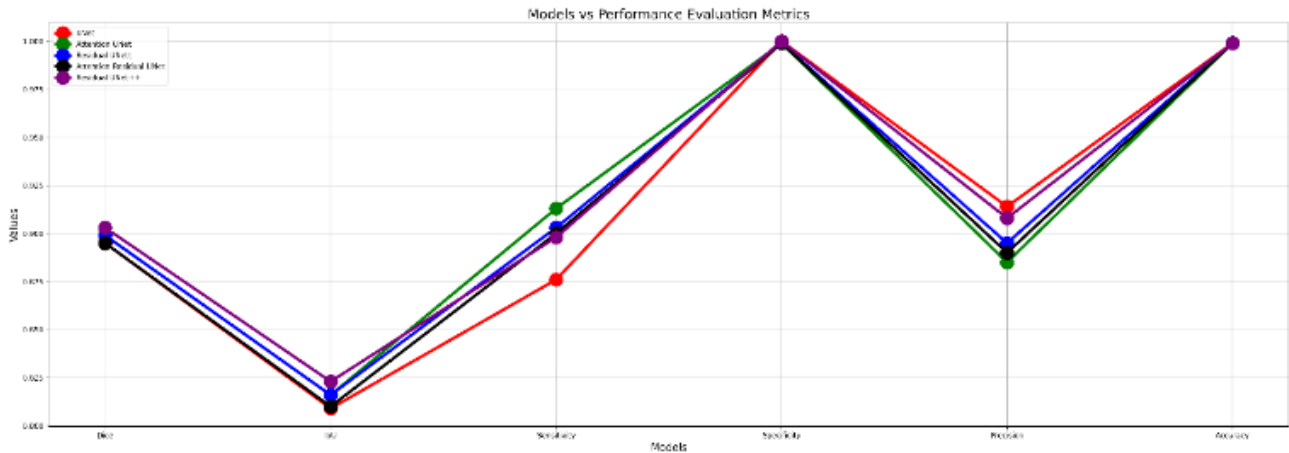


Figure 2. Performance comparison of models

Table 1. Results obtained using segmentation models

Models	Dice	IoU	Sensitivity	Specificity	Precision	Accuracy
U-Net	0.895	0.809	0.876	1.000	0.914	0.999
Attention U-Net	0.899	0.816	0.913	0.999	0.885	0.999
Residual U-Net	0.899	0.816	0.903	0.999	0.895	0.999
Attention Residual U-Net	0.895	0.810	0.900	0.999	0.890	0.999
Residual U-Net++	0.903	0.823	0.898	1.000	0.908	0.999

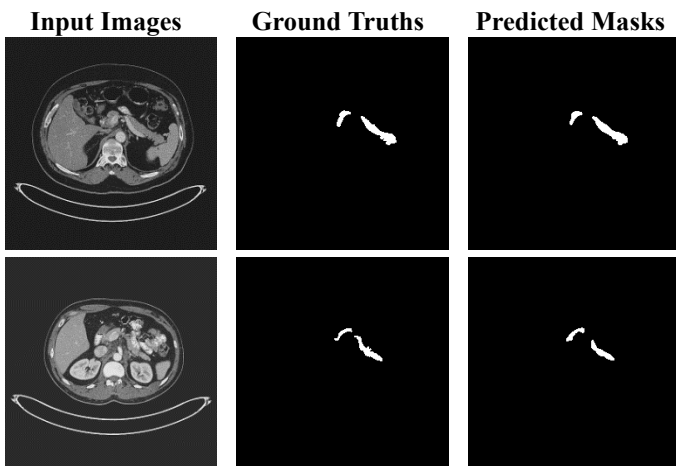


Figure 3. Results obtained by Residual U-Net++

5. Conclusion

In this study, several segmentation models were used to perform pancreas segmentation. It is attempted to present a suggestion to other researchers on the segmentation performances of the models by comparing U-Net, Attention U-Net, Residual U-Net, Attention Residual U-Net, and Residual U-Net++ networks. In comparative analysis, the attention mechanism increased the segmentation performance. The Residual U-Net++ segmentation model has outperformed other segmentation models with the dice of 0.903, IoU of 0.823, sensitivity of 0.898, specificity of 1.000, precision of 0.908, and accuracy of 0.999. As a result, with the

help of the AI assisted decision support system, the workload of health employees can be reduced.

6. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- Hu, J. X., Lin, Y. Y., Zhao, C. F., Chen, W. B., Liu, Q. C., Li, Q. W., & Gao, F. (2021). Pancreatic cancer: A review of epidemiology, trend, and risk factors. *World Journal of Gastroenterology*, 27(27), 4298. <https://doi.org/10.3748/WJG.V27.I27.4298>
- Chaudhary, V., & Bano, S. (2011). Imaging of the pancreas: Recent advances. *Indian Journal of Endocrinology and Metabolism*, 15(5), 25. <https://doi.org/10.4103/2230-8210.83060>
- Liu, Z., Su, J., Wang, R., Jiang, R., Song, Y. Q., Zhang, D., Zhu, Y., Yuan, D., Gan, Q., & Sheng, V. S. (2022). Pancreas Co-segmentation based on dynamic ROI extraction and VGGU-Net. *Expert Systems with Applications*, 192, 116444. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2021.116444>
- Zhang, D., Zhang, J., Zhang, Q., Han, J., Zhang, S., & Han, J. (2021). Automatic pancreas segmentation based on lightweight DCNN modules and spatial prior propagation. *Pattern Recognition*, 114, 107762. <https://doi.org/10.1016/j.patcog.2020.107762>

- Dogan, R. O., Dogan, H., Bayrak, C., & Kayikcioglu, T. (2021). A Two-Phase Approach using Mask R-CNN and 3D U-Net for High-Accuracy Automatic Segmentation of Pancreas in CT Imaging. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 207, 106141. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2021.106141>
- Liu, Z., Su, J., Wang, R., Jiang, R., Song, Y. Q., Zhang, D., Zhu, Y., Yuan, D., Gan, Q., & Sheng, V. S. (2022). Pancreas Co-segmentation based on dynamic ROI extraction and VGGU-Net. *Expert Systems with Applications*, 192, 116444. <https://doi.org/10.1016/J.ESWA.2021.116444>
- Yan, Y., & Zhang, D. (2021). Multi-scale U-like network with attention mechanism for automatic pancreas segmentation. *PLOS ONE*, 16(5), e0252287. <https://doi.org/10.1371/JOURNAL.PONE.0252287>
- Li, M., Lian, F., Wang, C., & Guo, S. (2021). Accurate pancreas segmentation using multi-level pyramidal pooling residual U-Net with adversarial mechanism. *BMC Medical Imaging*, 21(1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/S12880-021-00694-1/FIGURES/5>
- Cai, J., Lu, L., Xie, Y., Xing, F., & Yang, L. (2017). Improving Deep Pancreas Segmentation in CT and MRI Images via Recurrent Neural Contextual Learning and Direct Loss Function. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1707.04912>
- Roth, H. R., Lu, L., Farag, A., Shin, H. C., Liu, J., Turkbey, E. B., & Summers, R. M. (2015). Deeporgan: Multi-level deep convolutional networks for automated pancreas segmentation. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 9349, 556–564. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24553-9_68/COVER
- 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/COVER
- Oktay, O., Schlemper, J., Folgoc, L. Le, Lee, M., Heinrich, M., Misawa, K., Mori, K., McDonagh, S., Hammerla, N. Y., Kainz, B., Glocker, B., & Rueckert, D. (2018). Attention U-Net: Learning Where to Look for the Pancreas. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1804.03999>
- Zhang, Z., Liu, Q., & Wang, Y. (2018). Road Extraction by Deep Residual U-Net. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 15(5), 749–753. <https://doi.org/10.1109/LGRS.2018.2802944>
- Chen, X., Yao, L., & Zhang, Y. (2020). Residual Attention U-Net for Automated Multi-Class Segmentation of COVID-19 Chest CT Images. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2004.05645>
- Jha, D., Smedsrud, P. H., Riegler, M. A., Johansen, D., De Lange, T., Halvorsen, P., & Johansen, H. D. (2019). ResUNet++: An Advanced Architecture for Medical Image Segmentation. *Proceedings - 2019 IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2019*, 225–230. <https://doi.org/10.1109/ISM46123.2019.00049>
- Iqbal, H. (2018). Harisqbal88/plotneuralnet v1. 0.0. URL: <https://doi.org/10.5281/Zenodo>.



Classification and Segmentation of Alzheimer Disease in MRI Modality using the Deep Convolutional Neural Networks

Furkan Karakaya¹, Caglar Gurkan^{2,*}, Abdulkadir Budak³ and Hakan Karatas⁴

¹ Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Konya Technical University, Konya (ORCID: 0000-0003-1103-0208), ce.furkankarakaya@gmail.com

^{2*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{2*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

³ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1171810)

ATIF/REFERENCE: Karakaya, F., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). Classification and Segmentation of Alzheimer Disease in MRI Modality using the Deep Convolutional Neural Networks. *European Journal of Science and Technology*, (40), 99-105.

Abstract

In the study, classification and segmentation tasks were implemented for analysis of Alzheimer's disease. In classification task, 7 different models were tested using transfer learning. The GoogLeNet model achieved the best classification performance with the accuracy of 0.9467, sensitivity of 0.9474, specificity of 0.9811, and F1-score of 0.9467. In segmentation task, U-Net architecture design was used for the segmentation of Alzheimer's disease. U-Net model achieved the dice of 0.874, IoU of 0.776, sensitivity of 0.868, specificity of 0.999, precision of 0.879, and accuracy of 0.999. In order to create the pipeline, classification and segmentation models were used together. Consequently, a computer vision-assisted decision support system was created.

Keywords: Alzheimer, Classification, Segmentation, GoogLeNet, U-Net.

Derin Evrişimli Sinir Ağlarını Kullanarak MRG Modalitesinde Alzheimer Hastalığının Sınıflandırılması ve Segmentasyonu

Öz

Çalışmada Alzheimer hastalığının analizi için sınıflandırma ve segmentasyon görevleri uygulanmıştır. Sınıflandırma görevinde transfer öğrenme kullanılarak 7 farklı model test edilmiştir. GoogLeNet modeli 0.9467 doğruluk, 0.9474 duyarlılık, 0.9811 özgüllük ve 0.9467 F1 skoru ile en iyi sınıflandırma performansını elde etmiştir. Segmentasyon görevinde, Alzheimer hastalığının segmentasyonu için U-Net mimari tasarımı kullanılmıştır. U-Net modeli 0.874 zar skoru, 0.776 IoU, 0.868 duyarlılık, 0.999 özgüllük, 0.879 kesinlik ve 0.999 doğruluk elde etmiştir. Pipeline oluşturmak için sınıflandırma ve segmentasyon modelleri birlikte kullanılmıştır. Sonuç olarak, bilgisayarlı görü destekli bir karar destek sistemi oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Alzheimer, Sınıflandırma, Segmentasyon, GoogLeNet, U-Net.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

Alzheimer's disease is a type of dementia that causes problems with mind, thinking, and behavior. Symptoms usually progress slowly and get worse over time. The biggest known risk factor is age. If Alzheimer's disease is not diagnosed early, the quality of life of patients may be shortened and the number of diseases resulting in death may increase. While it is estimated that there are 50 million Alzheimer's patients today, this number is expected to triple in 30 years (Alp Eren et al., 2021).

Nowadays, there is no treatment for Alzheimer's disease, so it is vital to take precautions together with early diagnosis (Öziç & Özşen, 2020). Therefore, auxiliary diagnostic systems are needed. The most important of these diagnostic systems is artificial intelligence applications. The most important artificial intelligence sub-research area in health is computer vision. Continuously developing medical imaging systems are pointed out as one of the most important reasons for this. Magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT) and X-ray modalities can be given as examples of those that are frequently used in medical imaging systems. Especially MRI and CT are imaging systems that are frequently used in the diagnosis of Alzheimer's disease. The inclusion of computer vision applications in these imaging systems is a very important research area (Hong et al., 2019; John & Kunju, 2018; Khvostikov et al., 2018).

It has been suggested by many scientific researchers that various classification and segmentation techniques can be used for Alzheimer's disease. Alliou et al., (Alliou et al., 2019), aimed to perform the segmentation of Alzheimer's diseases by using MRI images. U-Net model was performed on Online Aerospace Supplier Information System (OASIS) data set. Accuracy of 92.71%, Sensitivity of 94.43%, and Specificity of 91.59% were achieved by U-Net model. Ahmed et al. (Ahmed et al., 2019), aimed to perform the classification of Alzheimer's diseases by using MRI images. Gwangju Alzheimer's and Related Dementia (GARD) cohort data set was used. A novel ensemble learning based classification method was proposed. The ensemble classifier achieved accuracy of 90.05%. Vieira et al. (Vieira et al., 2017), aimed to perform the classification of Alzheimer's diseases by using MRI images. ADNI data set which includes the three classes was used. In the study, accuracy of 83.03% was achieved.

The aim of the paper is to diagnose Alzheimer's disease, which negatively affects human life. Therefore, classification and segmentation processes were used together in this study. In both processes, MR images were used in the training of the classification and segmentation models. After, these models were used as pipeline structure. At this stage, firstly the images were classified and then segmented. As a result, a computer vision-assisted decision support system was created for Alzheimer's disease.

The contributions of this proposed study are summarized as follows:

1. A novel pipeline was proposed.
2. A computer aided diagnosis (CAD) system was created using classification and segmentation for the diagnosis of Alzheimer's disease.

The rest of this paper is organized as follows. In Section 2, the utilized methodologies have been detailed. In Section 3, obtained results have been discussed. In Section 4, concluding remarks have been reported.

2. Methodology

The utilized methodology in the study is presented under the subtitles data sets, classification and segmentation networks and performance evaluation metrics.

2.1. Data sets

Two different data sets were used for classification and segmentation tasks.

In classification task, data set includes four classes namely, Non Demented, Very Mild Demented, Mild Demented, and Moderate Demented (*Alzheimer's Dataset (4 Class of Images) | Kaggle*, n.d.). The data set consists of total of 7,093 MRI images. The data set includes 1699, 235, 1699, and 3460 images for Mild Demented, Moderate Demented, Very Mild Demented, and Non Demented classes, respectively. The size of the images in the data set is 256 by 256 pixels. Training and testing size of data set is %90 and %10, respectively.

In segmentation task, Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative (ADNI) data set was used (*ADNI | Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative*, n.d.). The data set consists of 135 MRI images of patients. The total number of labeled images which are the right and left hippocampus regions in the data set is 3586. The format of the images in the data set is DICOM, so DICOM data was converted to PNG format. The images and masks in the data set were resized to 128 by 128 pixels. After, min-max normalization was applied. Lastly, the training and testing size of the data set were determined as 90% and 10%, respectively.

2.2. Classification and Segmentation Networks

In image classification task, transfer learning method was used. At this stage, models trained on the ImageNet data set were used. DenseNet121, EfficientNet, GoogLeNet, MobileNet version 3, ResNet101, ResNext101, and ShuffleNet models were used for the Alzheimer's disease classification. In the training phase of image classification models; cross entropy was used as loss function, Adam was used as optimizer, batch size was set as 16, and epoch was set as 20. $1e-3$ was set as the learning rate. Google Colab integrated development environment (IDE) was used in the experiment. PyTorch framework in Python programming language was used in the coding stage. The experiment was implemented on the NVIDIA Tesla T4 graphics card.

In segmentation task, U-Net (Weng & Zhu, 2021), a state-of-the-art segmentation network, was used. U-Net architecture design is shown in Figure 1. In the training phase of U-Net model; the compound form of the cross entropy and dice loss functions was used as loss function, RMSprop was used as optimizer, batch size was set as 2, and epoch was set as 50. $1e-4$ was set as the initial learning rate. If segmentation performance of U-Net is not improvement for during the 15 epochs, the learning rate was multiplied by 0.1. Spyder IDE was used in the experiment. PyTorch framework in Python programming language was used in the coding stage. The experiment was implemented on the NVIDIA GeForce RTX 3060 graphics card.

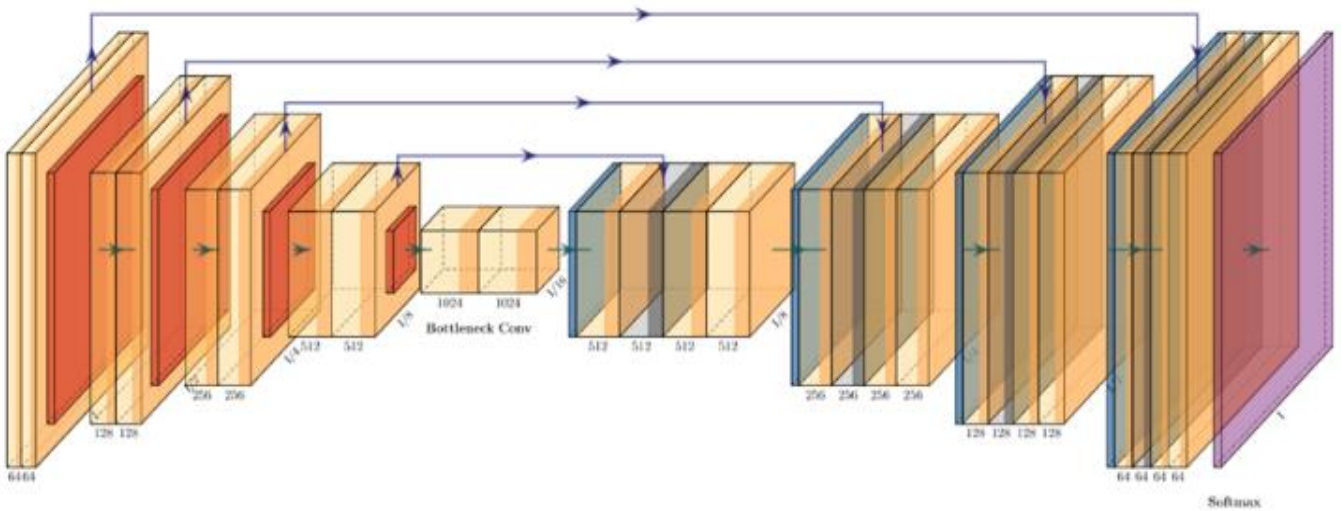


Figure 1. U-Net architecture design (Iqbal, 2018)

2.3. Performance Evaluation Metrics

In this study, accuracy, sensitivity, specificity, F1-score, dice and IoU performance evaluation metrics were used for the performance analysis of the classification models and U-Net. Formulations of accuracy, precision, sensitivity, specificity, F1-score, dice and IoU performance evaluation metrics are shown in this section from equation 1 to equation 7. True Positive (TP) indicates to number of correctly classified positive class. True Negative (TN) indicates number of correctly classified negative class. False Positive (FP) indicates incorrectly classified positive class. False Negative (FN) indicates number of the incorrectly classified negative class.

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

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

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

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4)$$

$$\text{F1 - Score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Sensitivity}}{\text{Precision} + \text{Sensitivity}} \quad (5)$$

$$\text{Dice} = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FP + FN} \quad (6)$$

$$\text{IoU} = \frac{TP}{TP + FP + FN} \quad (7)$$

3. Results and Discussion

From Table 1, Densenet121 model achieved accuracy of 90.4388, sensitivity of 89.8414, specificity of 96.5833 and F1-

Score of 88.5524. The training time of Densenet121 model is 16 minutes and 45 seconds. EfficientNet model achieved accuracy of 92.6332, sensitivity of 92.8281, specificity of 97.4071 and F1-Score of 92.1447 The training time of EfficientNet model is 35 minutes and 40 seconds. GoogLeNet model achieved accuracy of 94.6708, sensitivity of 94.7475, specificity of 98.1175 and F1-Score of 94.6708 The training time of GoogLeNet model is 10 minutes and 01 seconds. MobileNet_v3 model achieved accuracy of 91.5360, sensitivity of 90.7704, specificity of 97.0899 and F1-Score of 89.8757 The training time of MobileNet model is 9 minutes and 35 seconds. ResNet101 model achieved accuracy of 87.9310, sensitivity of 81.8456, specificity of 95.7228 and F1-Score of 83.5871 The training time of ResNet101 model is 30 minutes and 42 seconds. ResNext101 model achieved accuracy of 82.9135, sensitivity of 77.8572, specificity of 93.8420 and F1-Score of 78.3370 The training time of ResNext101 model is 45 minutes and 34 seconds. ShuffleNet model achieved accuracy of 92.3197, sensitivity of 92.7022, specificity of 97.3556 and F1-Score of 90.2638 The training time of ShuffleNet model is 29 minutes and 34 seconds.

The best three classification performances were achieved by GoogLeNet, EfficientNet, and ShuffleNet. The three shortest training times were achieved by MobileNet_v3, GoogLeNet, and DenseNet121, respectively. Figure 2 shows accuracy of models and training times. Figure 3 shows performance evaluation metrics results of models and training times. Figure 4 shows confusion matrix for GoogLeNet model. Figure 5 shows the used number of 9 input images and the output images achieved by the GoogLeNet model.

U-Net model achieved the dice of 0.874, IoU of 0.776, sensitivity of 0.868, specificity of 0.999, precision of 0.879, and accuracy of 0.999. The results obtained by U-Net are given in Figure 6.

Figure 7 shows the used number of 2 input images and the output images achieved by pipeline of the combination of the GoogLeNet and U-Net models.

Table 1. Results obtained using classification models

Models	Accuracy	Sensitivity	Specificity	F1-score	Training Time
DenseNet121	90.4388	89.8414	96.5833	88.5524	16.45
EfficientNet	92.6332	92.8281	97.4071	92.1447	35.40
GoogLeNet	94.6708	94.7475	98.1175	94.6708	10.01
MobileNet_v3	91.5360	90.7704	97.0899	89.8757	09.35
ResNet101	87.9310	81.8456	95.7229	83.5871	30.42
ResNext101	82.9135	77.8572	93.8420	78.3370	45.34
ShuffleNet	92.3197	92.7022	97.3556	90.2638	29.34

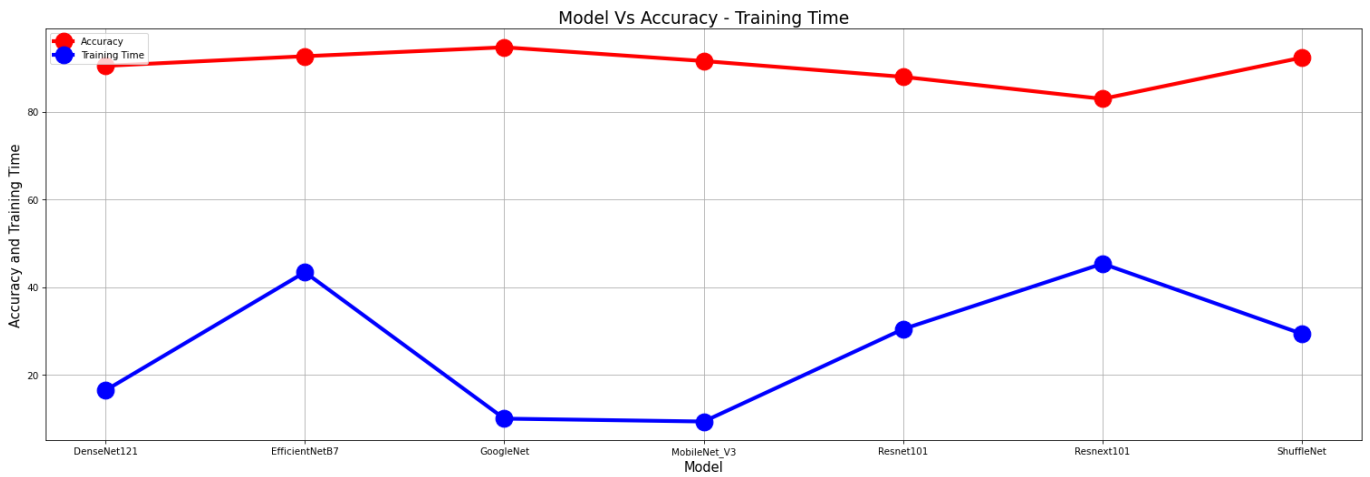


Figure 2. Accuracy of models and training times

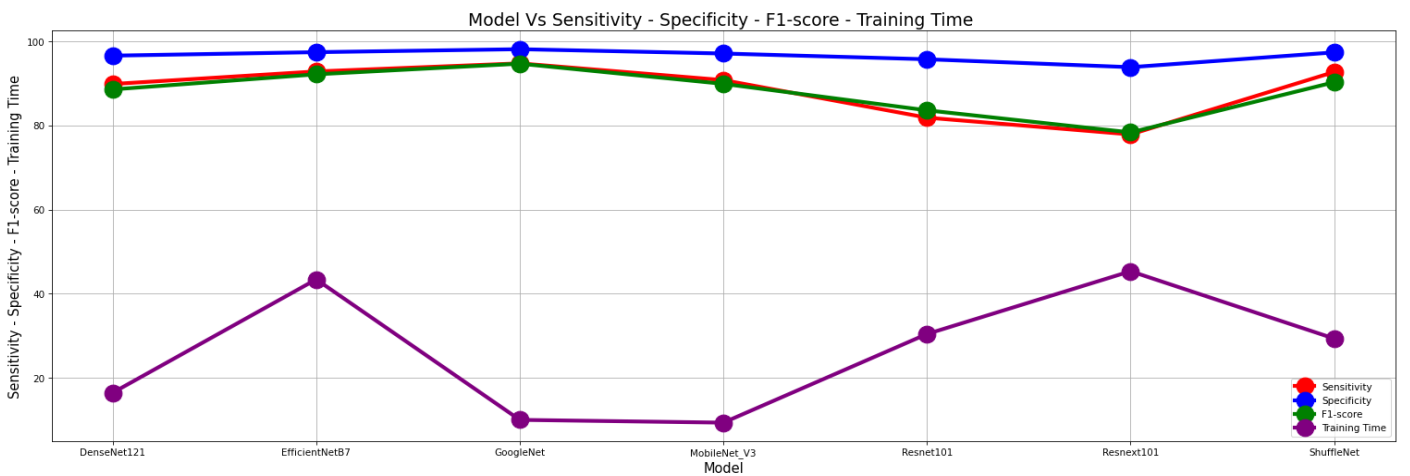


Figure 3. Performance evaluation metrics results of models and training times

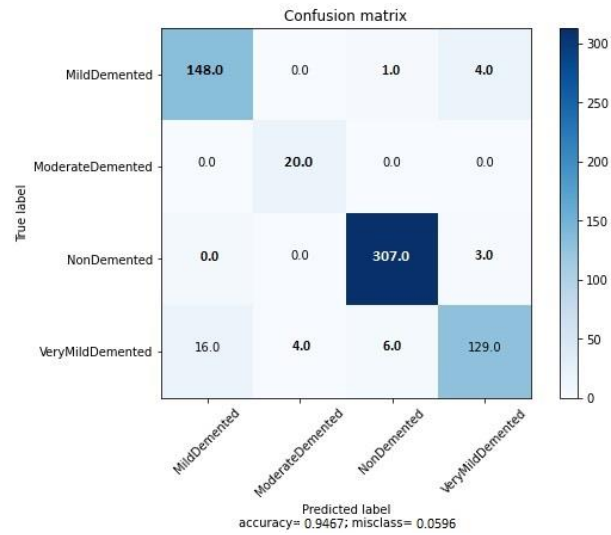


Figure 4. Confusion matrix for GoogLeNet model

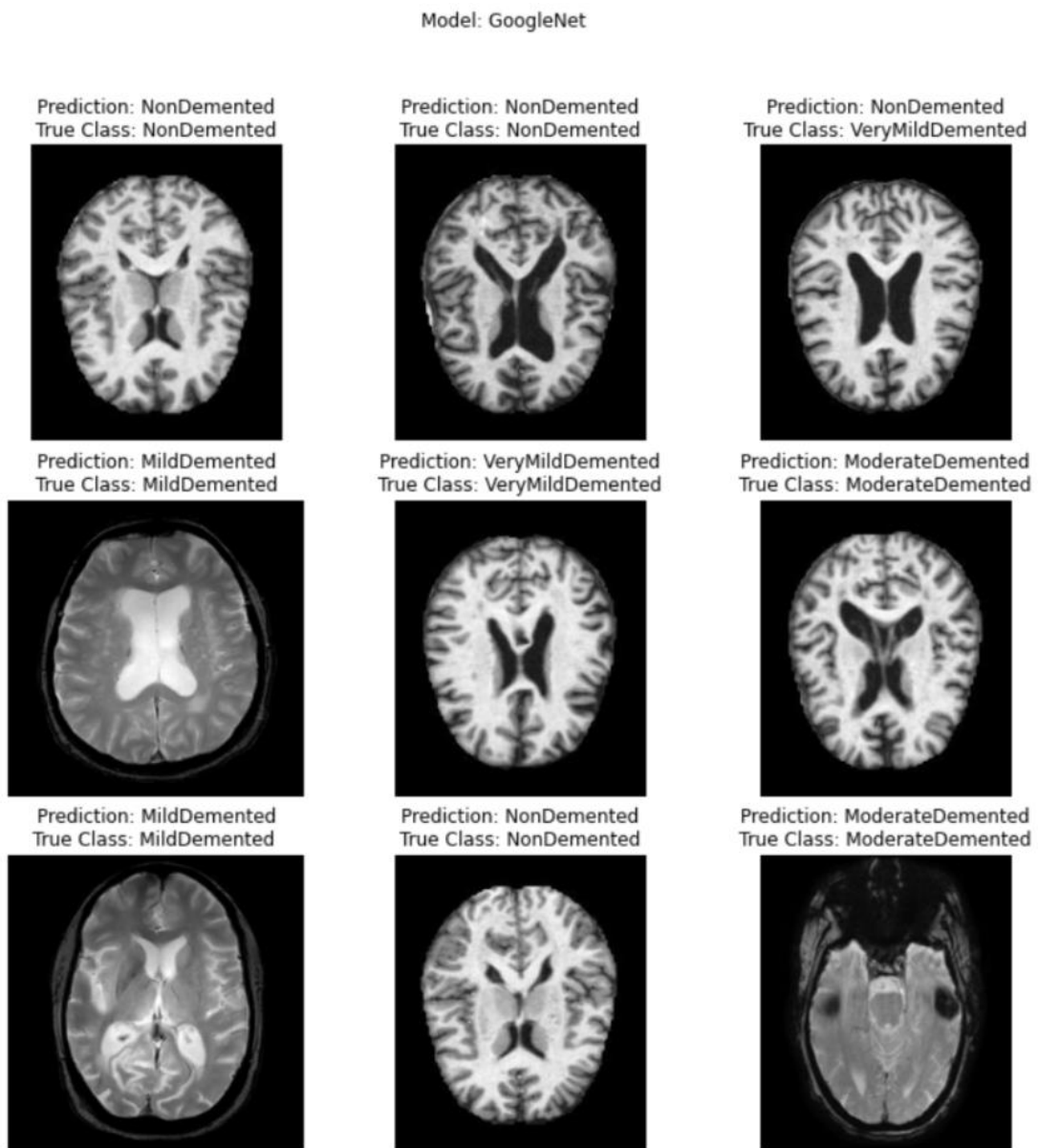


Figure 5. Predictions obtained by GoogLeNet

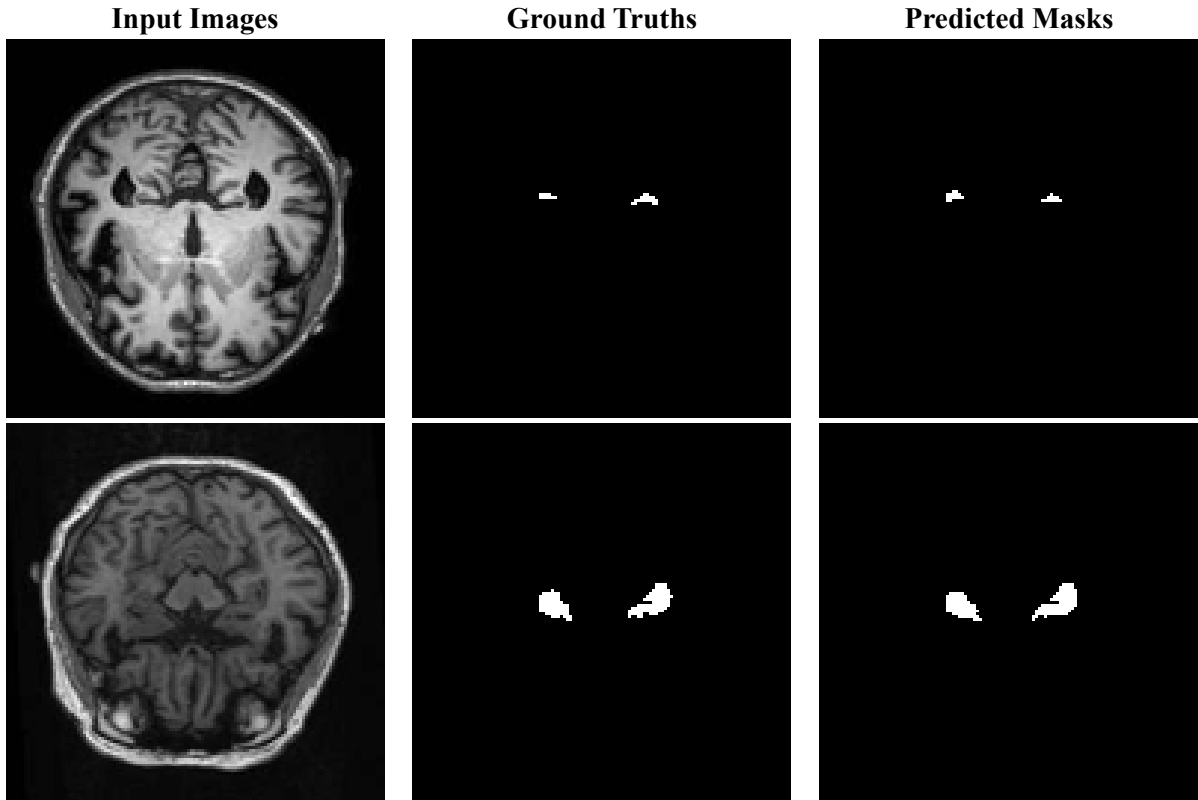


Figure 6. Predictions obtained by U-Net

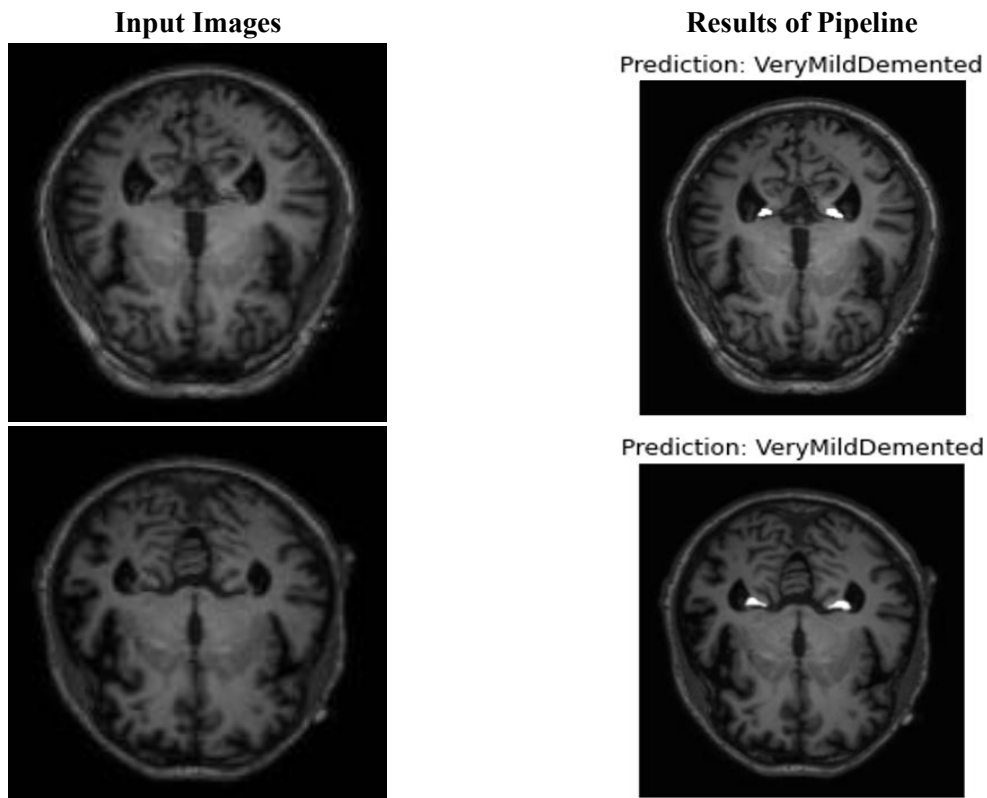


Figure 7. Results of Pipeline

4. Conclusions

In this study, several classification models were used to perform alzheimer classification. It is attempted to present a suggestion to other researchers on the classification performances

of the models by comparing DenseNet121, EfficientNetB7, GoogLeNet, MobileNet_V3, Resnet101, Resnext101 and ShuffleNet. The GoogLeNet classification model has outperformed other classification models with the accuracy of 0.9467, sensitivity of 0.9474, specificity of 0.9811, and F1-score

of 0.9467. The U-Net model achieved the dice of 0.874, IoU of 0.776, sensitivity of 0.868, specificity of 0.999, precision of 0.879, and accuracy of 0.999. Subsequently, pipeline was created by using classification and segmentation models. As a result, with the help of computer vision assisted CAD system, the workload of radiologists can be reduced. In addition, Alzheimer's disease can be detected early using the proposed pipeline.

Iqbal, H. (2018). Harisiqbal88/plotneuralnet v1. 0.0. URL: <https://doi.org/10.5281/Zenodo>.

5. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- Alp Eren, H., Okyay, S., Adar, N., Üniversitesi, E. O., Fakültesi, M.-M., Bölümü, M., Anahtar, T., & Öz, K. (2021). ADOKEN: MR İÇİN DERİN ÖĞRENME TABANLI KARAR DESTEK YAZILIMI. *Journal of Engineering Sciences and Design*, 9(2), 406–413. <https://doi.org/10.21923/JESD.887327>
- Öziç, M. Ü., & Özşen, S. (2020). Classification of 3b alzheimer's mr images using voxel values in volumetric loss regions. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 7(3), 1152–1166. <https://doi.org/10.31202/ecjse.728049>
- John, R., & Kunju, N. (2018). Detection of Alzheimer's Disease Using Fractional Edge Detection. *Journal of Biodiversity & Endangered Species*, 09(03). <https://doi.org/10.4172/2229-8711.1000230>
- Khvostikov, A., Aderghal, K., Benois-Pineau, J., Krylov, A., & Catheline, G. (2018). 3D CNN-based classification using sMRI and MD-DTI images for Alzheimer disease studies. <https://ida.loni.usc.edu>
- Hong, X., Lin, R., Yang, C., Zeng, N., Cai, C., Gou, J., & Yang, J. (2019). Predicting Alzheimer's Disease Using LSTM. *IEEE Access*, 7, 80893–80901. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2919385>
- Allioui, H., Sadgal, M., & Elfazziki, A. (2019). Deep MRI Segmentation: A Convolutional Method Applied to Alzheimer Disease Detection. *IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 10(11). www.ijacsa.thesai.org
- Ahmed, S., Choi, K. Y., Lee, J. J., Kim, B. C., Kwon, G. R., Lee, K. H., & Jung, H. Y. (2019). Ensembles of Patch-Based Classifiers for Diagnosis of Alzheimer Diseases. *IEEE Access*, 7, 73373–73383. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920011>
- Vieira, S., Pinaya, W. H. L., & Mechelli, A. (2017). Using deep learning to investigate the neuroimaging correlates of psychiatric and neurological disorders: Methods and applications. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 74, 58–75. <https://doi.org/10.1016/J.NEUBIOREV.2017.01.002>
- SARVESH DUBEY. (2020). Alzheimer's Dataset (4 class of Images) Images of MRI Segmentation. <https://www.kaggle.com/datasets/tourist55/alzheimers-dataset-4-class-of-images>
- ADNI | Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative. (2003). <https://adni.loni.usc.edu/>
- Weng, W., & Zhu, X. (2021). INet: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. *IEEE Access*, 9, 16591–16603. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3053408>



Classification of Monkeypox Skin Lesion using the Explainable Artificial Intelligence Assisted Convolutional Neural Networks

Korhan Deniz Akin¹, Caglar Gurkan^{2,*}, Abdulkadir Budak³ and Hakan Karatas⁴

¹ TED University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2845-0030), korhandenizakin@gmail.com

^{2*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Graduate School of Science, Eskisehir Technical University, Eskisehir, (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglargurkan@eskisehir.edu.tr

^{2*} Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-4652-3363), caglar.gurkan@akgun.com.tr

³ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-0328-6783), kadir.budak@akgun.com.tr

⁴ Department of Artificial Intelligence and Image Processing, Akgun Computer Inc., Ankara (ORCID: 0000-0002-9497-5444), hakan.karatas@akgun.com.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1171816)

ATIF/REFERENCE: Akin, K.D., Gurkan, C., Budak, A. & Karatas, H. (2022). Classification of Monkeypox Skin Lesion using the Explainable Artificial Intelligence Assisted Convolutional Neural Networks. *European Journal of Science and Technology*, (40), 106-110.

Abstract

The World Health Organization (WHO) has given people various protective warnings for Monkeypox. If monkeypox spreads rapidly, it becomes a serious public health problem. In this case, it creates a serious congestion in hospitals. Therefore, auxiliary systems can be needed in hospitals. In this study, explainable artificial intelligence (xAI) assisted convolutional neural networks (CNNs) based a decision support system was proposed. The data set was used for this task consists of 572 images in two classes, such as Monkeypox and Normal. 12 different CNN models were used for Monkeypox and Normal skin classification. MobileNet V2 model achieved best performance with the accuracy of 98.25%, sensitivity of 96.55%, specificity of 100.00% and F1-Score of 98.25%. This model was supported by explainable AI methods. As a result, an artificial intelligence (AI) assisted auxiliary diagnosis system has been proposed for Monkeypox skin lesion.

Keywords: Monkeypox, Skin lesion, Deep learning, Convolutional neural networks, Transfer learning.

Açıklanabilir Yapay Zeka Destekli Evrişimsel Sinir Ağları Kullanılarak Maymun Çiçeği Deri Lezyonunun Sınıflandırılması

Öz

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), insanlara maymun çiçeği için çeşitli koruyucu uyarılar vermiştir. Maymun çiçeği hızla yayılırsa ciddi bir halk sağlığı sorunu haline gelir. Bu durumda hastanelerde ciddi bir yoğunluk oluşturur. Bu nedenle, hastanelerde yardımcı sistemlere ihtiyaç duyulabilir. Bu çalışmada, açıklanabilir yapay zeka (AYZ) destekli evrişimli sinir ağları (ESA) tabanlı bir karar destek sistemi önerilmiştir. Bunun için kullanılan veri seti Monkeypox ve Normal olmak üzere iki sınıfta 572 görüntüden oluşmaktadır. Monkeypox ve Normal ciltlerin sınıflandırılması için 12 farklı ESA modeli kullanılmıştır. MobileNet V2 modeli, %98,25 doğruluk, %96,55 duyarlılık, %100,00 özgüllük ve %98,25 F1-Skoru ile en iyi performansı elde etmiştir. Bu model, AYZ yöntemleriyle desteklenmiştir. Sonuç olarak, maymun çiçeği cilt lezyonu için yapay zeka (YZ) destekli bir yardımcı teşhis sistemi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Maymun çiçeği, Deri lezyonu, Derin öğrenme, Evrişimli sinir ağları, Transfer öğrenme.

* Corresponding Author: caglar.gurkan@akgun.com.tr

1. Introduction

Monkeypox is a disease that is caused by the Monkeypox virus. It can either spread from animals to humans or humans to humans. Fever, headache, muscle aches, back pain, low energy, swollen lymph nodes, and more importantly; a rash found on the face, palms of the hands, soles of the feet, eyes, mouth, throat, groin, and genital and/or anal regions of the body can be examples of the symptoms of Monkeypox (World Health Organization, 2022). In most scenarios, patients recover from the infection with medications to reduce pain and fever. However, newborns, children, and people with weak immunity may experience more severe symptoms than other people and die. There were reports of the disease appearing in the past such as in Cameroon, the Central African Republic, the Republic of the Congo, Côte d'Ivoire, the Democratic Republic of the Congo, Gabon, Liberia, Nigeria, and Sierra Leone (Kumar et al., 2022). However, in 2022 more cases than regularly seen in some parts of Africa have been reported. The outbreak of monkeypox has been seen Europe, the Americas, Africa, the Western Pacific, and countries of the Eastern Mediterranean too in addition to the African continent.

Because of increasing demand, there is a shortage of doctors, especially in rural areas (Al-Shamsi, 2017). Therefore, auxiliary diagnostic systems are needed. For this reason, the use of artificial intelligence (AI) assisted diagnostic systems is increasing day by day. In this context, research studies on computer vision, which is a sub-research area of artificial intelligence are vital. Computer vision researches covers image classification, object detection, and image segmentation. Convolutional neural networks (CNNs) are the basis of these research topics.

In this paper, explainable AI assisted CNN based a decision support system was proposed to detection of Monkeypox skin lesion. Another main goal is to prevent the density that may occur in hospitals with the proposed system. For this purpose, state-of-the-arts image classification networks, such as ResNet-18, ResNet-50, VGG-16, Densenet-161, EfficientNet B7, EfficientNet V2, GoogLeNet, MobileNet V2, MobileNet V3, ResNeXt-50, ShuffleNet V2, and ConvNeXt were used in the experimental analysis. MobileNet V2 model achieved best performance with the accuracy of 98.25%, sensitivity of 96.55%, specificity of 100.00% and F1-Score of 98.25%. Therefore, the MobileNet V2 model was supported by explainable AI features.

The rest of this paper is organised as: Section 2 presents the literature survey for analysis of Monkeypox disease. Section 3 presents the utilized methodologies. Section 4 presents the results obtained by the classification models. Section 5 presents concluding remarks.

2. Related Works

It has been suggested by many researchers that several data collection and classification techniques can be used for Monkeypox disease.

Islam et al. (Islam et al., 2022a) proposed a Web-scraping-based data collection system for monkeypox skin lesion. After, researchers applied several preprocessing methods such as resizing and data augmentation to the data set. As a result, researchers shared the data set as open source with other scientists. Islam et al. (Islam et al., 2022b) aimed to perform Monkeypox classification. The used data set consists of 804

original images and 39,396 augmented images. In the classification task, ResNet50, Inception-V3, DenseNet121, MnasNet-A1, MobileNet-V2, ShuffleNet-V2-1x, and SqueezeNet models were used. In the study, ShuffleNet-V2-1x model achieved the best performance with the accuracy of 0.79. Ahsan et al. (Ahsan, Uddin, & Luna, 2022) created a new data set for Monkeypox classification. The data set consists of 43 Monkeypox, 47 Chickenpox, 17 Measles, and 54 Normal images. Ahsan et al. (Ahsan, Uddin, Farjana, et al., 2022) aimed to perform Monkeypox classification. The used data set consists of 1915 augmented images. In the classification task, VGG16 model was implemented using transfer learning. In the study, VGG16 model achieved accuracy of 0.97, precision of 0.97, recall of 0.97, F1-score of 0.97, sensitivity of 0.973, and specificity of 0.97. Ali et al. (Ali et al., 2022) aimed to perform Monkeypox classification. The used data set consists of 228 original images and 3192 augmented images. In the classification task, VGG16, ResNet50, Inception-V3, and ensemble of these models were implemented using transfer learning. In the study, ResNet50 model achieved the best performance with the accuracy of 82.96%, precision of 87%, recall of 83%, and F1-score of 84%.

3. Methodology

The utilized methodologies in the paper are presented under the subtitles of experimental setup and performance evaluation metrics.

3.1. Experimental Setup

Data set includes two classes namely, Monkeypox and Normal. The data set consists of total of 572 images (*Monkeypox Skin Images Dataset (MSID) | Kaggle*, n.d.). Training part of data set includes 224 and 235 images for Monkeypox and Normal classes, respectively. Validation part of data set includes 28 and 29 images for Monkeypox and Normal classes, respectively. Test part of data set includes 28 and 28 images for Monkeypox and Normal classes, respectively. All images in the data set were resized to 224 by 224 pixels.

Models trained on the ImageNet data set were used in the transfer learning method. ResNet-18, ResNet-50, VGG-16, Densenet-161, EfficientNet B7, EfficientNet V2, GoogLeNet, MobileNet V2, MobileNet V3, ResNeXt-50, ShuffleNet V2, and ConvNeXt models were used for Monkeypox disease classification. In the training phase of image classification models; cross entropy was used as loss function, stochastic gradient descent (SGD) was used as optimizer, momentum value was set as 0.9, batch size was set as 32, and epoch was set as 50. $1e-2$ was set as the initial learning rate. If classification performance of models is not improvement for throughout the 7 epochs, the learning rate was multiplied by 0.1. PyTorch framework in Python programming language on the Google Colab integrated development environment (IDE) was used in the experiments. NVIDIA Tesla T4 graphics card was used in the experimental phase.

3.2. Performance Evaluation Metrics

Accuracy, sensitivity, specificity, and F1-score were used for the performance comparison of the classification models. Accuracy, precision, sensitivity, specificity, and F1-score formulas are shown from equation 1 to equation 5. True Positive (TP) refers to number of correctly classified positive class. True Negative (TN) refers number of correctly classified negative

class. False Positive (FP) refers incorrectly classified positive class. False Negative (FN) refers number of the incorrectly classified negative class.

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

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

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

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (4)$$

$$\text{F1 - Score} = \frac{2 \times \text{Precision} \times \text{Sensitivity}}{\text{Precision} + \text{Sensitivity}} \quad (5)$$

4. Results and Discussion

From Table 1, ResNet-18 model achieved accuracy of 98.25%, sensitivity of 96.55%, specificity of 100.00% and F1-Score of 98.25%. The training time of ResNet-18 model is 3 minutes 32 seconds. Size of weight file of ResNet-18 model is 42.7 Megabyte. ResNet-50 model achieved accuracy of 96.49%, sensitivity of 93.10%, specificity of 100.00% and F1-Score of 96.43%. The training time of ResNet-50 model is 4 minutes 33 seconds. Size of weight file of ResNet-50 model is 90.0 Megabyte. VGG-16 model achieved accuracy of 92.98%, sensitivity of 89.66%, specificity of 96.43% and F1-Score of 92.86%. The training time of VGG-16 model is 5 minutes 39 seconds. Size of weight file of VGG-16 model is 512 Megabyte. Densenet-161 model achieved accuracy of 96.49%, sensitivity of 96.55%, specificity of 96.43% and F1-Score of 96.55%. The training time of Densenet-161 model is 6 minutes 52 seconds. Size of weight file of Densenet-161 model is 102 Megabyte. EfficientNet B7 model achieved accuracy of 94.74%, sensitivity of 100.00%, specificity of 89.29% and F1-Score of 95.08%. The training time of EfficientNet B7 model is 8 minutes 27 seconds.

Size of weight file of EfficientNet B7 model is 245 Megabyte. EfficientNet V2 model achieved accuracy of 96.49%, sensitivity of 100.00%, specificity of 92.86% and F1-Score of 96.67%. The training time of EfficientNet V2 model is 8 minutes 57 seconds. Size of weight file of EfficientNet V2 model is 449 Megabyte. GoogLeNet model achieved accuracy of 96.49%, sensitivity of 96.55%, specificity of 96.43% and F1-Score of 96.55%. The training time of GoogLeNet model is 5 minutes 35 seconds. Size of weight file of GoogLeNet model is 512 Megabyte. MobileNet V2 model achieved accuracy of 98.25%, sensitivity of 96.55%, specificity of 100.00% and F1-Score of 98.25%. The training time of MobileNet V2 model is 3 minutes 42 seconds. Size of weight file of MobileNet V2 model is 8.75 Megabyte. MobileNet V3 model achieved accuracy of 75.44%, sensitivity of 62.07%, specificity of 89.29% and F1-Score of 72.00%. The training time of MobileNet V3 model is 3 minutes 10 seconds. Size of weight file of MobileNet V3 model is 5.94 Megabyte. ResNeXt-50 model achieved accuracy of 92.98%, sensitivity of 100.00%, specificity of 85.71% and F1-Score of 93.55%. The training time of ResNeXt-50 model is 5 minutes 15 seconds. Size of weight file of ResNeXt-50 model is 88.0 Megabyte. ShuffleNet V2 model achieved accuracy of 78.95%, sensitivity of 65.52%, specificity of 92.86% and F1-Score of 76.00%. The training time of ShuffleNet V2 model is 3 minutes 37 seconds. Size of weight file of ShuffleNet V2 model is 20.6 Megabyte. ConvNeXt model achieved accuracy of 96.49%, sensitivity of 100.00%, specificity of 92.86% and F1-Score of 96.67%. The training time of ConvNeXt model is 23 minutes 25 seconds. Size of weight file of ConvNeXt model is 748 Megabyte.

Considering the results of all performance evaluation metrics, the training times of the models, and the size of model weight file, the three best classification performances were achieved by MobileNet V2, ResNet-18, and Densenet-161. The reason why the performance evaluation metrics results are the same is because the models cannot achieve the more classification performance. Figure 1 shows the randomly choose number of 25 input images, and the classes of output images obtained by the MobileNet V2 model. Figure 2 shows the randomly choose number of 6 input images, and the heatmaps of output images obtained by the MobileNet V2 model. SmoothGradCAMpp method was used for heatmaps.

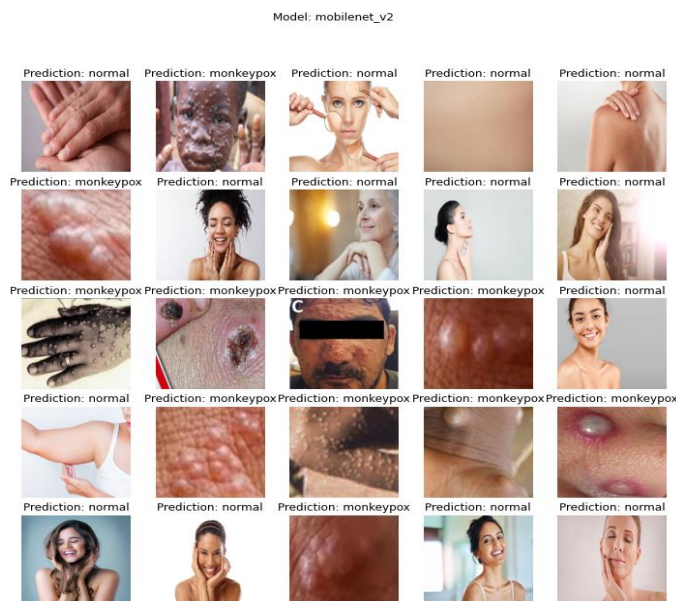


Figure 1. Predictions obtained by MobileNet V2

Table 1. Results obtained by CNN models

Models	Accuracy	Sensitivity	Specificity	F1 Score	Training Time	Size of Model Weight File
ResNet-18	98.25%	96.55%	100.00%	98.25%	3 minutes 32 seconds	42.7 Megabyte
ResNet-50	96.49%	93.10%	100.00%	96.43%	4 minutes 33 seconds	90.0 Megabyte
VGG-16	92.98%	89.66%	96.43%	92.86%	5 minutes 39 seconds	512 Megabyte
Densenet-161	96.49%	96.55%	96.43%	96.55%	6 minutes 52 seconds	102 Megabyte
EfficientNet B7	94.74%	100.00%	89.29%	95.08%	8 minutes 27 seconds	245 Megabyte
EfficientNet V2	96.49%	100.00%	92.86%	96.67%	8 minutes 57 seconds	449 Megabyte
GoogLeNet	96.49%	96.55%	96.43%	96.55%	5 minutes 35 seconds	512 Megabyte
MobileNet V2	98.25%	96.55%	100.00%	98.25%	3 minutes 42 seconds	8.75 Megabyte
MobileNet V3	75.44%	62.07%	89.29%	72.00%	3 minutes 10 seconds	5.94 Megabyte
ResNeXt-50	92.98%	100.00%	85.71%	93.55%	5 minutes 15 seconds	88.0 Megabyte
ShuffleNet V2	78.95%	65.52%	92.86%	76.00%	3 minutes 37 seconds	20.6 Megabyte
ConvNeXt	96.49%	100.00%	92.86%	96.67%	23 minutes 25 seconds	748 Megabyte

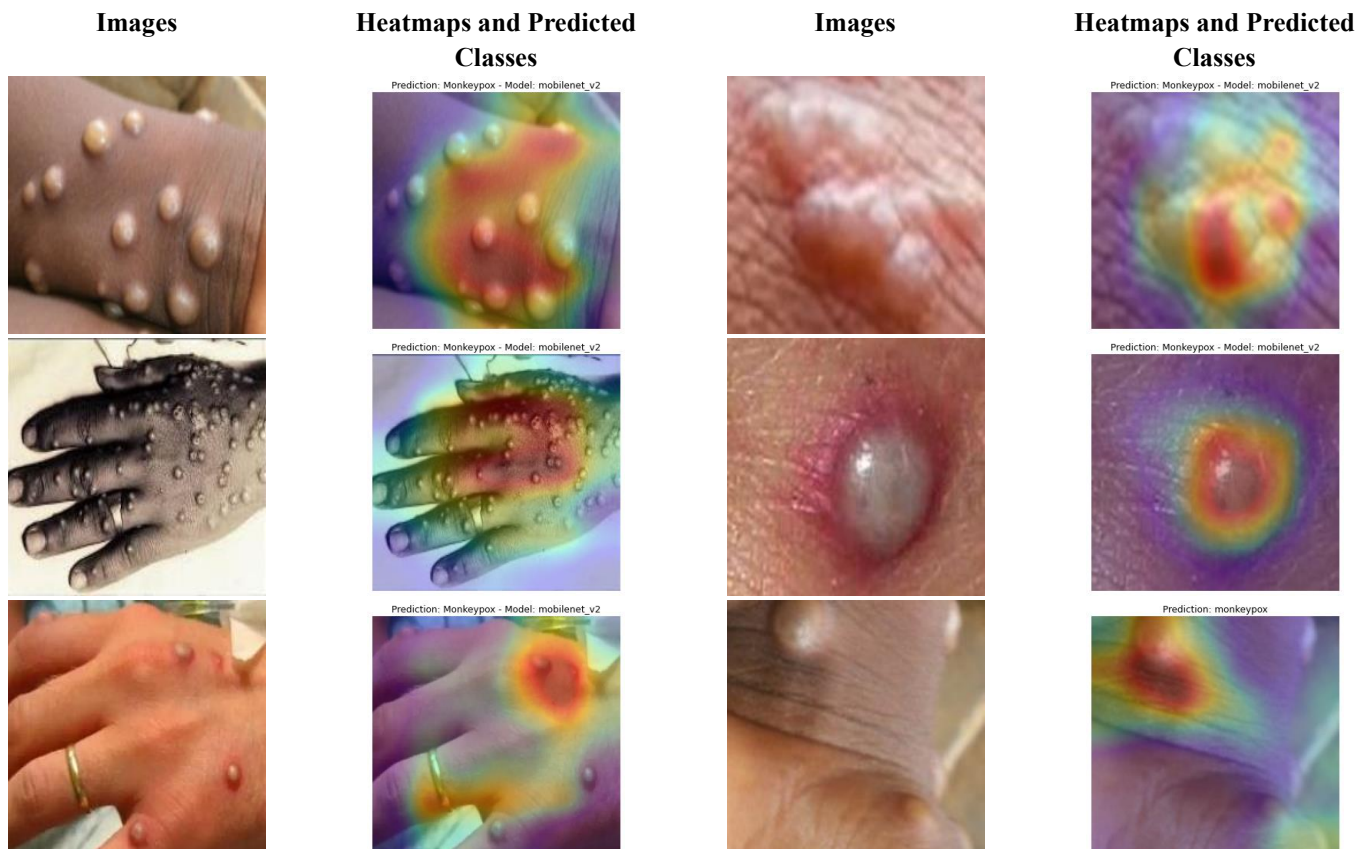


Figure 2. Heatmaps and predicted classes obtained by MobileNet V2

5. Conclusion

In this study, ResNet-18, ResNet-50, VGG-16, Densenet-161, EfficientNet B7, EfficientNet V2, GoogLeNet, MobileNet V2, MobileNet V3, ResNeXt-50, ShuffleNet V2, and ConvNeXt models were used to perform classification of Monkeypox skin lesion. In comparative analysis, MobileNet V2 model achieved best performance with the accuracy of 98.25%, sensitivity of 96.55%, specificity of 100.00% and F1-Score of 98.25%. This model was used for explainable artificial intelligence. Thus, the classification decision of the classification model was explained. Also, this model can be used on mobile devices as the size of weight file of MobileNet V2 is small. Thus, if monkeypox turns into a pandemic, patients can test themselves at home. As a result, a caused by the pandemic workload on health employees can be avoided.

6. Acknowledge

This paper has been prepared by AKGUN Computer Incorporated Company. We would like to thank AKGUN Computer Inc. for providing all kinds of opportunities and funds for the execution of this project.

References

- World Health Organization. (2022). Monkeypox outbreak 2022 - Global. <https://www.who.int/emergencies/situations/monkeypox-oubreak-2022>
- Kumar, N., Acharya, A., Gendelman, H. E., & Byrareddy, S. N. (2022). The 2022 outbreak and the pathobiology of the monkeypox virus. *Journal of Autoimmunity*, 102855. <https://doi.org/10.1016/j.jaut.2022.102855>
- Al-Shamsi, M. (2017). Addressing the physicians' shortage in developing countries by accelerating and reforming the medical education: Is it possible? *Journal of Advances in Medical Education & Professionalism*, 5(4), 210–219. </pmc/articles/PMC5611431/>
- Islam, T., Hussain, M. A., Uddin, F., Chowdhury, H., & Islam, B. M. R. (2022). A Web-scraped Skin Image Database of Monkeypox, Chickenpox, Smallpox, Cowpox, and Measles. *BioRxiv*, 2022.08.01.502199. <https://doi.org/10.1101/2022.08.01.502199>
- Islam, T., Hussain, M. A., Uddin, F., Chowdhury, H., & Islam, B. M. R. (2022). Can Artificial Intelligence Detect Monkeypox from Digital Skin Images? *BioRxiv*, 2022.08.08.503193. <https://doi.org/10.1101/2022.08.08.503193>
- Ahsan, M. M., Uddin, M. R., & Luna, S. A. (2022). Monkeypox Image Data collection. <https://arxiv.org/abs/2206.01774v1>
- Ahsan, M. M., Uddin, M. R., Farjana, M., Sakib, A. N., Momin, K. Al, & Luna, S. A. (2022). Image Data collection and implementation of deep learning-based model in detecting Monkeypox disease using modified VGG16. <https://arxiv.org/abs/2206.01862v1>
- Ali, S. N., Ahmed, M. T., Paul, J., Jahan, T., Sani, S. M. S., Noor, N., & Hasan, T. (2022). Monkeypox Skin Lesion Detection Using Deep Learning Models: A Feasibility Study. <https://arxiv.org/abs/2207.03342v1>
- Monkeypox Skin Images Dataset (MSID) | Kaggle. (n.d.). Retrieved August 28, 2022, from <https://www.kaggle.com/datasets/dipuiucse/monkeypoxskini/magedataset>



Çinko Borat Katkılı CTP Kompozit Malzemelerin Üretimi, Mekanik Ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Sinan Göktaş^{1*}, Erhan Duru², Serdar Aslan³

^{1*} Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9107-6024),

sinan.goktas@ogr.sakarya.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6205-6566),

erhanduru@sakarya.edu.tr

³ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5061-6338), saslan@sakarya.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1174469)

ATIF/REFERENCE: Göktaş, S., Duru, E., & Aslan, S. (2022). Çinko Borat Katkılı CTP Kompozit Malzemelerin Üretimi, Mekanik Ve Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 111-116.

Öz

Bu çalışmada, elektrik sanayinde yoğun olarak kullanılan cam elyaf takviyeli polyester malzemenin, çinko borat katkısı ile üretimi, malzemede meydana gelen mekanik ve kimyasal etkileri araştırılmıştır. Elektrik sanayinde oldukça sık kullanılan cam elyaf takviyeli kompozit malzemelerin tercih edilme sebebi öncelikle, mukavemetlerinin yüksek, yoğunluklarının düşük olması, yalıtkan olması ve alev geciktirici özellikte olmasıdır. Bu malzemeler sadece polyester ve cam elyaf olarak bu özellikleri tam anlamıyla karşılayamamaktadır. Bu yüzden katkı malzemelerine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada bunun için çinko borat kullanılmıştır. Malzemeyi üretmek için el yatırması + soğuk pres yöntemi kullanılmıştır. Malzemelere farklı oranlarda çinko borat eklenerek mekanik ve yanmazlık etkisi incelenmiştir. Üretilen malzemelere çekme, 3 noktalı eğme, ve yanma testleri uygulanmıştır. Çekme deneyleri sonucunda en yüksek çekme gerilmesi 130 MPa ile %10 çinko borat katkılı malzemede görülmüştür. Yine %10 katkılı malzemede 250 MPa ile en yüksek eğilme dayanımı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Cam elyaf, Kompozit, Alev Geciktirici, Çinko borat, Polyester,

Zinc Borate-Containing GFRP Production and Examination of Mechanical and Chemical Properties

Abstract

In this study, the physical and chemical effects of zinc borate to glass fiber reinforced polymer and processing of the composite are examined. Glass fiber reinforced polyester is commonly used material in electric industry. The main reason for this, GFRP is an insulator and flame retardant material also it has high strength and low density. Separately polyester or glass fiber can not provide these properties. So additive materials is needed. In this study zinc borate is used for that purpose. Hand lay-up and cold press methods are used for processing. Different ratios of zinc borate is added to samples. The mechanical and non-flammability effects were investigated by adding zinc borate at different rates to the materials. Tensile, 3-point bending and burning tests were applied to the produced materials. As a result of the tensile tests, the highest tensile stress with 130 MPa was observed in the 10% zinc borate added material. Again, the highest flexural strength of 250 MPa was observed in the 10% doped material.

Keywords: Glass fiber, Composite, Flame retardant, Zinc borate, Polyester

* Sorumlu Yazar: sinan.goktas@ogr.sakarya.edu.tr

1. Giriş

Literatürde çok çeşitli katkı maddeleri polyesterin içerisine katılarak fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu katkı maddeleri içerisinden özellikle alev geciktirici özelliği olanlar daha ön plana çıkmaktadır. Bu tozların hangi oranlarda malzemeye ne gibi özellikler kazandıracığını belirlemek için birçok araştırma yapılmıştır.[1]

Kompozit malzemeler, iki veya daha fazla malzemenin makroskobik yapıda bir araya getirilmesiyle, yeni bir malzemenin yapılması olarak tanımlanabilir. Kompozitler matriks ve fiberlerden meydana gelir. [2] Kompozitler sadece yapısal özellikleri için değil aynı zamanda elektriksel, termal, tribolojik ve çevresel uygulamalar için de kullanılmaktadır.[3] Polimer bazlı kompozit malzemeler, uygulama alanlarını genişleten yüksek oranda işlenebilir polimerler ile fonksiyonel dolgu maddeleri ile kullanıldığında çoklu işlevleri ortaya çıkar. [4] Doymamış polyester reçine, ısıyla sertleşen en önemli reçinedir ve mükemmel mekanik performans, düşük yoğunluğa, iyi korozyon direncine, düşük maliyete ve yüksek mukavemet-ağırlık oranına sahiptir. Polyesterin küresel kullanımının yaklaşık %60'ı, cam elyaf takviyeli plastik kompozitler üretmek için, geri kalanı ise esas olarak dekoratif dökümler için kullanılır.[5] Polimerler doğası gereği yanıcıdır, düşük sınırlı oksijen indeksine (LOI) sahiptir ve UL-94 yanma testini geçemez ve bu nedenle evrensel kullanımları insan hayatı ve mülkiyeti için büyük bir yangın tehdidi oluşturur. Yanabilirlik, arzu edilen bir alev geciktirme gereksiniminin, örneğin dikey yanma testleri sırasında bir V-0 derecesinin gerekli olduğu elektrik ve elektronik endüstrilerinde olduğu gibi, pratik uygulamalarını önemli ölçüde kısıtlamıştır. Dolayısıyla bu, alev geciktiricili epoksi ve polyester termosetleri oluşturmak için verimli alev geciktiricilerin geliştirilmesine yol açmıştır.[6] Bununla birlikte, tipik polyester malzemeleri, zayıf alev geciktiriciliğe ve zayıf yaşlanma direncine sahiptir ve yanma sırasında yüksek düzeyde ortaya duman çıkma sorunu vardır. Bu dezavantajlar pratik uygulamasını büyük ölçüde sınırlar. Ancak alev geciktirici katkıları yaprak uygulama yelpazesini genişletmek mümkündür. Yaygın halojen içeren alev geciktiriciler, yanma sırasında büyük miktarlarda zehirli gazlar ve duman üretir. Bu nedenle, son çalışmalar, iki kategoriye ayrılabilen alternatif halojensiz alev geciktiricileri, yani katkı tipi ve reaktif tipi üzerine yoğunlaşmıştır. Katkı alev geciktirici, polimeri alev geciktirici hale getirmek için mekanik karıştırma yoluyla polimere eklenir. Reaktif alev geciktiriciler polimerizasyona bir monomer olarak katılır, böylece polimerin kendisi alev geciktirici bileşenler içerir. [5]

Literatürde alevi önlemek veya en azından belirli bir süre geciktirmek için yapılan birçok çalışma bulunmaktadır. Bu noktada çinko borat, çevre dostu bir alev geciktirici ve aynı zamanda duman bastırıcı olarak dikkat çekmektedir. Ayrıca anti bakteriyel malzeme olarak da kullanılır.[7]

Literatürde çinko borat dışında farklı alev geciktirici maddeler ile yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Beycioğlu ve ark. yapmış oldukları çalışmada cam elyaf takviyeli polyester kompozitlere alev geciktirici özellik kazandırmak için antimon tripoksit(Sb_2O_3), alüminyum hidroksit ($Al(OH)_3$) ve çinko borat ($2ZnO_3.BrO_3.3H_2O$) farklı oranlarda kullanarak etkilerini araştırmışlardır.[8] Shui-Yu Lu ve Hamerton yapmış oldukları araştırmada halojensiz alev geciktiricili polimerlerin kimyasındaki son gelişmeleri ele almışlardır. Çeşitli polimerlere farklı

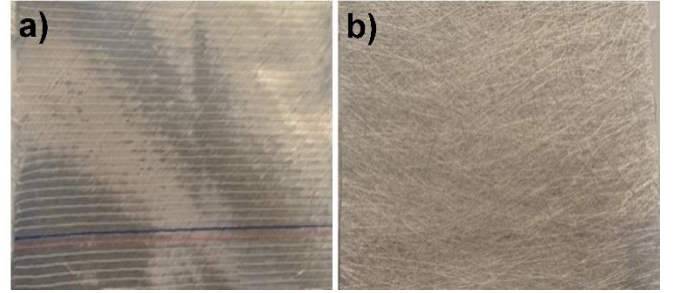
halojensiz alev geciktiriciler ekleyerek karşılaştırmalar yapmıştır.[9]

Bu çalışmada %10, 15, 20 ve 25 oranlarında çinko borat cam elyaf polimerin içine katılarak mekanik ve kimyasal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca çinko borat katkılı malzemelerin katkısız cam elyaf polimer ile karşılaştırılması yapılmıştır. Kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini karşılaştırmak için çekme ve 3 noktalı eğme testleri yapılmıştır. Çinko boratın alev geciktirici etkisini görmek için de UL94 yanmazlık testi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

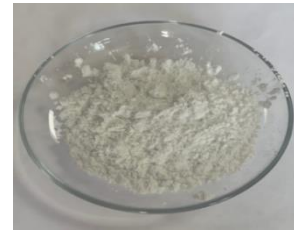
2.1 Materyal

Araştırmada çinko borat, cam elyaf, polyester ve yardımcı malzemeler kullanılmıştır. Matris elemanı tiksotropik olmayan, hızlandırıcı ihtiva etmeyen, düşük reaktif, düşük viskoziteli, ortofталik esaslı bir doymamış polyester reçine kullanılmıştır. Takviye elemanı olarak Şekil.2.1.a biaxial dokuma kumaş +/- 45 (800 gr/m²) ve Şekil.2.1.b'deki mat keçe elyaf (450 gr/m²) kalıp ölçüsü olan 250x250 mm olarak kesilerek birlikte kullanılmıştır.



Şekil 2.1. a) Biaxial dokuma kumaş, b) keçe elyaf

Kimyasal formülü $2ZnO.3B_2O_3.3,5H_2O$ olan ZnBor (Çinko Borat), endüstride yaygın olarak kullanılan beyaz katı, kokusuz, nem çekmez, viskoz ve granül/toz yapıda bulunan bir borattır. Yüksek dehidrasyon sıcaklığına (290-300°C) sahiptir. Suda çözünürlüğü çok düşüktür. Borik asit (H_3BO_3) ve çinko oksitinin (ZnO) reaksiyonu sonucu elde edilir. Numune üretiminde kullanılan çinko boratın fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2.1 ve Tablo 2.2'de verilmiştir.



Şekil 2.3. Çinko borat

Tablo 2.1. Çinko Borat'ın Fiziksel Özellikleri

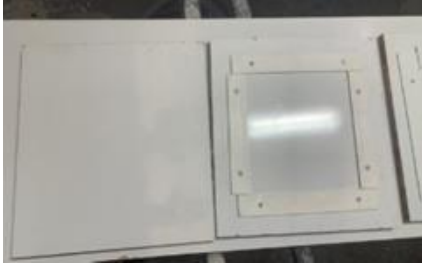
Fiziksel Özellikler	
Özgül ağırlık	2,71 (25 C)
Molekül ağırlığı	434,6 g/mol
Erime noktası	650°C

Tablo 2.3. Çinko Borat'ın Kimyasal Bileşimi

Kimyasal İçerik	
B ₂ O ₃	%46,80 - 49,20
ZnO	%36,30 - 38,70
H ₂ O	%12,1 - 16,9

2.2. Üretim Yöntemi

Çinko boratın, cam elyaf takviyeli polyester (C.T.P) kompozit malzemeye etkilerini incelemek için el-yatırması + soğuk press yöntemiyle farklı oranlarda numuneler üretildi. Numune üretimi için 3x250x250 mm ve 4x250x250 mm parlak MDF'den Şekil 2.4'deki gibi kalıplar hazırlanmıştır.



Şekil 2.4. Numune kalıpları

%10,%15,%20,%25, oranında çinko borat tartılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan çinko borat 1'kglık polyester içerisine karıştırılmıştır.



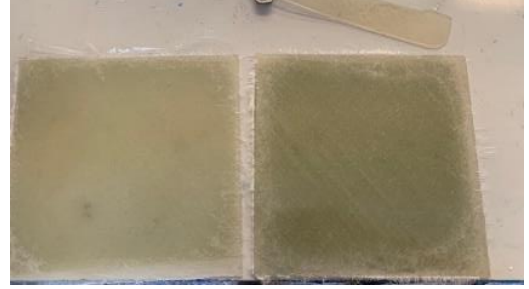
Şekil 2.5. (a) Çinko boratın ağırlıkça tartılması, (b) çinko boratın polyestere eklenmesi, (c) çinko borat ve polyestere karıştırılması

Sertleştirici olarak meg-peroksit ve kobalt hızlandırıcı olarak hazırlanan polyester çinko borat karışımına ilave edilmiştir. Kalıp ölçüsünde hazırlanan takviye elemanına rulo fırça yardımıyla Şekil 2.6'daki gibi uygulanmıştır.



Şekil 2.6. Kalıplara takviye ve matrisin rulo fırça ile uygulanması

3 mm kalınlıkta olan kalıp için 3 adet keçe elyaf ve 1 adet biaxial (-/+ 45) dokuma kumaş kullanılmıştır. 4 mm kalınlıkta olan kalıp için 4 adet keçe elyaf ve 2 adet biaxial (-/+ 45) dokuma kumaş kullanılmıştır. Bu yöntemde kalıp iki taraflı olduğu için üretilen malzemenin iki yüzü de parlak olarak çıkmaktadır. Numuneleri üretirken kullanılan katkı malzemesinin yüzeyi nasıl etkilediğini anlaşılması için jelkot uygulanmamıştır. Kalıp kapatıldıktan sonra soğuk press yardımıyla 50 barr basınç altında kürlenmeye bırakıldı. Numunelerin donması için yaklaşık 2 saat preste bırakıldı. Süre sonunda kalıplardan çıkarıldı.



Şekil 2.7. Üretilen numune plakalar

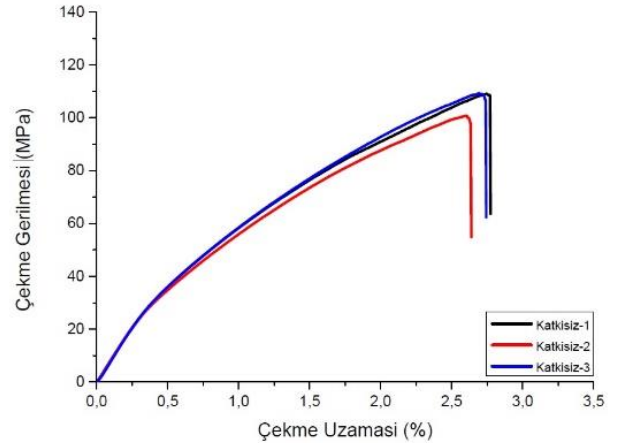
2.3. Karakterizasyon Çalışmaları

Üretilen malzemelerin çekme deneyleri ISO 527-1 standardına göre, eğilme özelliklerinin belirlenmesi için ISO 178 standardına göre 3 noktalı eğme testi yapılmıştır. Çekme ve 3 noktalı eğme deneyleri üçer kez tekrarlanmış ve ortalama çekme, eğilme gerilmesi dayanımı hesaplanmıştır. Alevlenebilirlik özelliklerinin belirlenmesi için UL-94 standartlarına göre yatay ve dikey yanma testi yapılmıştır.

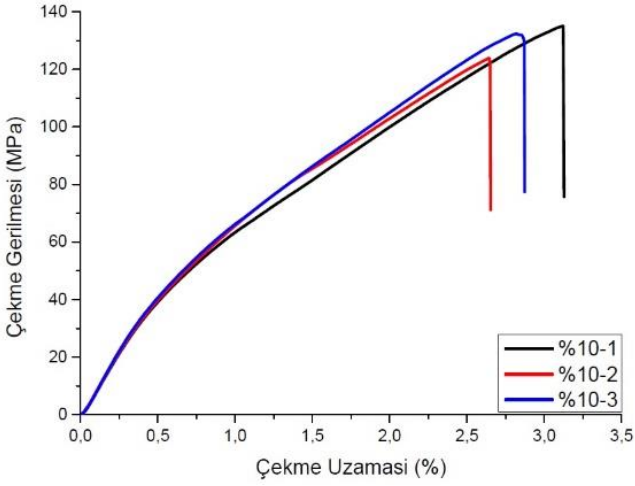
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Çekme Deneyi

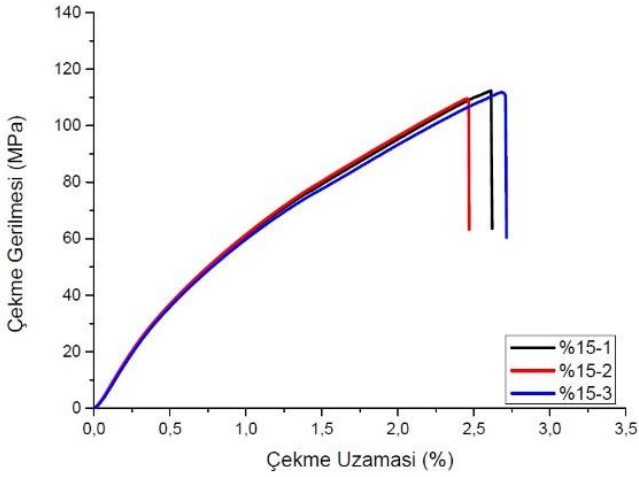
Farklı oranlarda çinko borat katkıli kompozit malzemelerin çekme deneyi sonuçları Şekil 3.1-3.5'de verilmiştir. Katkısız malzemelerde ortalama 106 MPa ile en düşük çekme gerilmesi görülmüştür. %10 çinko borat katkısı yapıldığında çekme gerilmesi, yaklaşık %22'lik bir artışla 130 MPa olmuştur. Çinko borat katkı oranı %15, 20 ve 25'lere çıkarıldığında ise sürekli bir düşüş görülmüştür. Dört farklı katkı oranında en yüksek çekme gerilmesi %10 numunelerinde görülmüştür.



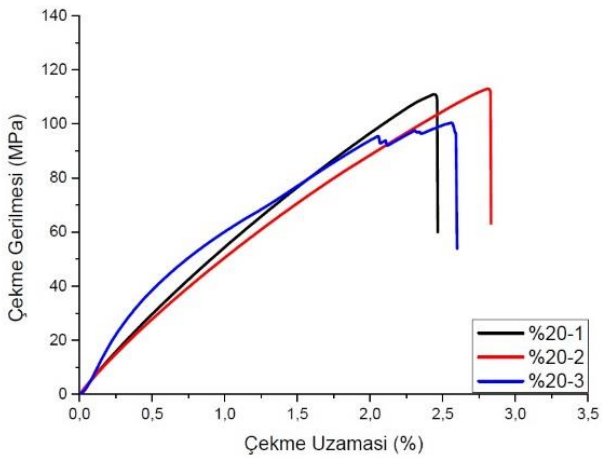
Şekil 3.1. Çinko Borat katkısı eklenmemiş numunelerin çekme deneyi grafiği (K1 1.numune, K2 2.numune, K3 3.numune)



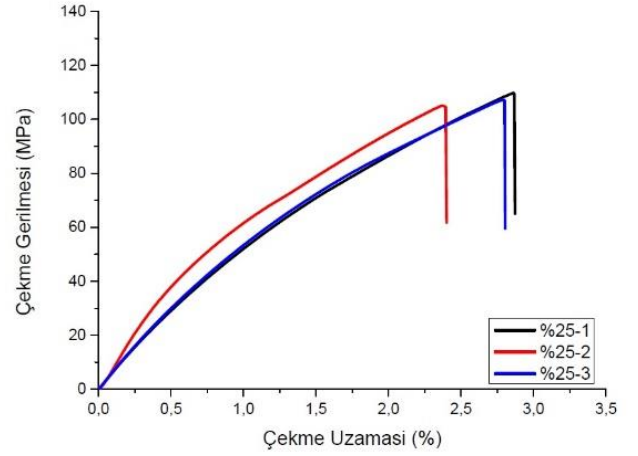
Şekil 3.2 %10 Çinko Borat katkı eklenmiş numunelerin çekme deneyi grafiği(%10-1 1.numune, %10-2 2.numune, %10-3 3.numune)



Şekil 3.3 %15 Çinko Borat katkı eklenmiş numunelerin çekme deneyi grafiği(%15-1 1.numune, %15-2 2.numune, %15-3 3.numune)



Şekil 3.4. %20 Çinko Borat katkı eklenmiş numunelerin çekme deneyi grafiği(%20-1 1.numune, %20-2 2.numune, %20-3 3.numune)



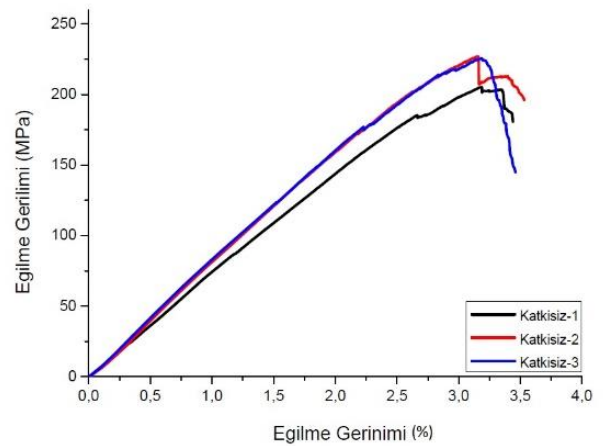
Şekil 3.5 %25 Çinko Borat katkı eklenmiş numunelerin çekme deneyi grafiği(%25-1 1.numune, %25-2 2.numune, %25-3 3.numune)

Tablo 3.1. Çekme Deneyi Sonuçları

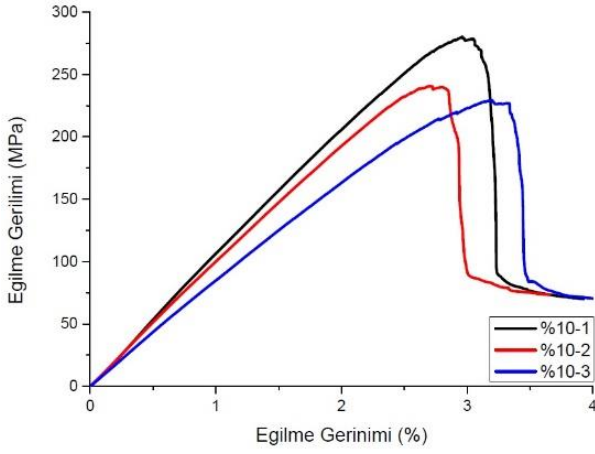
Katkı Oranı	σ (MPa)	Uzama(%)
%0	106,37	2,71
%10	130,43	2,88
%15	111,85	2,59
%20	108,09	2,62
%25	107,37	2,68

3.2 Eğilme Deneyi

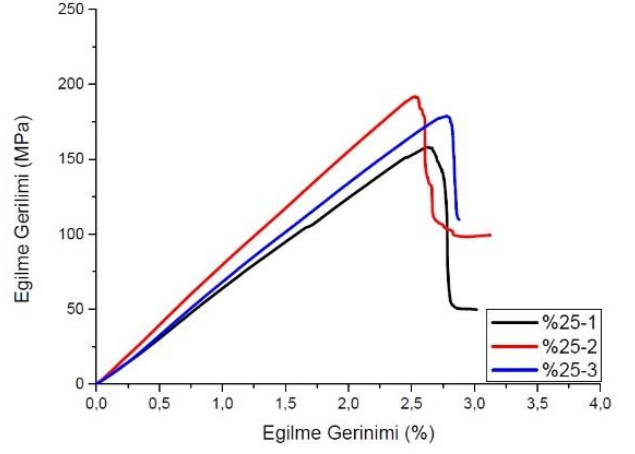
Farklı oranlarda çinko borat katkılı kompozit malzemelerin 3 nokta eğilme deneyi sonuçları Şekil 3.6-3.10'da verilmiştir. Katkisiz malzemelerde ortalama 219 MPa ile en düşük eğilme gerilmesi görülmüştür. %10 çinko borat katkısı yapıldığında eğilme gerilmesi, yaklaşık %14'lük bir artışla 250 MPa olmuştur. Çinko borat katkı oranı %15, 20 ve 25'lere çıkarıldığında ise sürekli bir düşüş görülmüştür. Dört farklı katkı oranında en yüksek eğilme gerilmesi %10 numunelerinde görülmüştür.



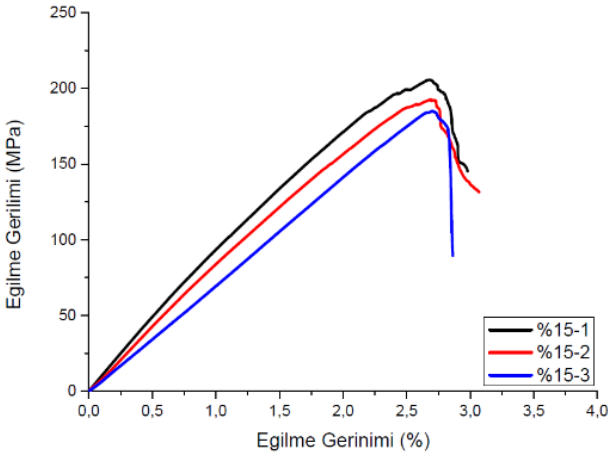
Şekil 3.6. Çinko Borat katkı eklenmemiş numunelerin eğilme deneyi grafiği(K1 1.numune, K2 2.numune, K3 3.numune)



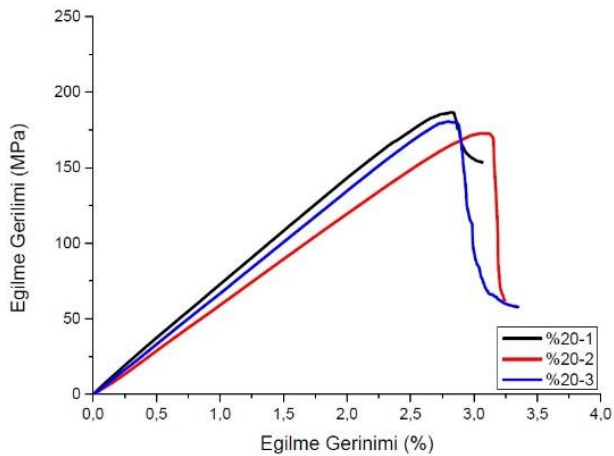
Şekil 3.7. %10 Çinko Borat katkısı eklenmiş numunelerin eğilme deneyi grafiği(%10-1 1.numune, %10-2 2.numune, %10-3 3.numune)



Şekil 3.10. %25 Çinko Borat katkısı eklenmiş numunelerin eğilme deneyi grafiği(%25-1 1.numune, %25-2 2.numune, %25-3 3.numune)



Şekil 3.8. %15 Çinko Borat katkısı eklenmiş numunelerin eğilme deneyi grafiği(%15-1 1.numune, %15-2 2.numune, %15-3 3.numune)



Şekil 3.9. %20 Çinko Borat katkısı eklenmiş numunelerin eğilme deneyi grafiği(%20-1 1.numune, %20-2 2.numune, %20-3 3.numune)

Tablo 3.2. Eğilme Deneyi Sonuçları

Katkı Oranı	Eğilme Gerinimi(MPa)
%0	219,29
%10	250,13
%15	194,49
%20	180,08
%25	176,23

3.3. UL94 Yatay ve Dikey Yanma Bulguları

3.3.1. Yatay Yanma Testi Bulguları

Tablo 3.4. Çinko borat eklenmemiş numunelerin yanma süreleri

Numune	Yanma Süresi(s)
K-1	306.00
K-2	326.00
K-3	315.00
Ort.	315.67

Tablo 3.5. %10 Çinko borat eklenmiş numunelerin yanma süreleri

Numune	Yanma Süresi(s)
%10-1	335.00
%10-2	342.00
%10-3	339.00
Ort.	338.67

Tablo 3.6. %15 Çinko borat eklenmiş numunelerin yanma süreleri

Numune	Yanma Süresi(s)
%15-1	367.00
%15-2	352.00
%15-3*	266.00
Ort.	359.50

*3.numune 100mm sınırına ulaşmadan erken söndüğü için ortalamaya katılmamıştır.

Tablo 3.7. %20 Çinko borat eklenmiş numunelerin yanma süreleri

Numune	Yanma Süresi(s)
%20-1	390.00
%20-2	373.00
%20-3	364.00
Ort.	375.67

Tablo 3.8. %25 Çinko borat eklenmiş numunelerin yanma süreleri

Numune	Yanma Süresi(s)
%25-1	412.00
%25-2	401.00
%25-3	389.00
Ort.	400.67

Yatay yanma sonuçlarına göre 30 sn alev sonrası bütün numuneler 25 mm'lik referans çizgisini geçmiştir. Ancak katkı oranı artıka 100 mm referans çizgisine hızı düşerek daha yavaş yanarak ulaşmıştır. Bu nedenle çinko borat katkılı numuneler UL94 HB olarak sınıflandırılmıştır.

3.3.2. Dikey Yanma Bulguları

Tablo 3.9. UL94 Dikey yanma sınıflandırma tablosu

Katkı Oranları	Yanma Süresi (s) ≤10 - ≤30	Toplam Yanma Süresi(s) ≤50 - ≤250	Numunenin Tamamının Yanması	Alev Parçacıkları Tarafından Tutuşan Pamuk	V0	V1	V2
%0	X	X	EVET	HAYIR	X	X	X
%10	X	X	EVET	HAYIR	X	X	X
%15	X	X	EVET	HAYIR	X	X	X
%20	X	√	EVET	HAYIR	X	X	X
%25	X	√	EVET	HAYIR	X	X	X

UL94 Dikey yanma testi sonuçları Tablo 3.9'da verilmiştir. Bu sonuçlara göre %0, %10, %15 çinko borat eklenmiş numunelerin yanma süreleri 30 sn fazla sürmektedir. Sınıflandırmanın yapılabilmesi için gerekli olan maksimum süre olan 250 saniyeyi geçmektedir. Ve numunelerin tamamı yanmaktadır. Bu nedenle numunelerin hiçbirisi UL94 dikey yanma sınıflarından hiç birine girmemektedir. %20 ve %25 çinko borat eklenmiş numunelerin toplam yanma süresi 250 saniyenin altında değer vermektedir. Ancak yanma süresi 30 saniyeden fazla olduğu için ve numunenin tamamı yandığı için herhangi bir UL94 dikey yanma sınıflandırması için uygun değildir. Ancak hiçbir numune deney düzeneğinin altında bulunan pamuğu parça kaybederek yakmamıştır. Bu nedenle çinko borat eklenmiş numuneler V0 ve V1 sınıfındaki gerekliliği sağlamıştır. Ancak bütün gereklilikler ele alındığında çinko borat katkılı numuneler UL94 dikey yanma testindeki V0, V1 ve V2 standartlarının hiçbirini karşılamamaktadır.

4.Sonuç

Üretilen numunelere %10, %15, %20, %25 oranında çinko borat eklenmiştir. Numunelerin çekme özellikleri tayini için ISO-527-1 standardında çekme testi ve 3 noktalı eğme deneyi ISO-178 standardına göre yapılmıştır.

Çinko borat cam elyaf takviyeli polyester malzemeye %10 oranında eklendiğinde %22'lik bir çekme dayanım

kazandırmıştır. Katkı oranının artması çekme dayanımında kayba neden olmuştur.3 nokta eğme testinde çinko borat %10 oranında eklendiğinde eğilme gerilmesinde %14' lük artış meydana gelmiştir.

Alevlenebilirlik deneyi UL94 standartlarına göre dikey ve yatay olarak yapılmıştır. Yatay yanma sonuçlarına göre çinko borat katkılı numuneler UL94 HB olarak sınıflandırılmıştır. Dikey yanma sonuçlarına göre %20 ve %25 çinko borat eklenmiş numuneler V0 ve V1 sınıfındaki gerekliliği sağlamıştır. Ancak bütün şartlar ele alındığında çinko borat katkılı numuneler UL94 dikey yanma testindeki V0, V1 ve V2 standartlarını karşılamamaktadır.(Tablo 3.9)

Sonuç olarak çinko borat, cam elyaf takviyeli polyester kompozit malzemenin mekanik özelliklerine olumlu olarak etki etse de, alevlenebilirlik özelliklerine etksi sınırlı kalmıştır.

5.Teşekkür

Deneyisel çalışmalarım sırasında her türlü imkânından yararlandığım Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümüne ve Dr.Öğr.Üyesi Serdar ASLAN' teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] Taşgın, Y., Katalizör olarak katılan bor oksit ve boric asidin polyester üzerindeki etkilerinin mekanik ve mikroyapı açısından incelenmesi, Science and Eng. Of Fırat Univ,30(2),303-311, 2018.
- [2] Sayer, M., Hibrit kompozitlerin darbe davranışlarının incelenmesi, Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 2009.
- [3] ASM Handook Composite (2001), ASM International, USA.
- [4] Prashanth S., Subbaya KM., Nithin K., Sachhidananda S., Fiber reinforced composites - A review, J Material Sci, 6:341. doi: 10.4172/2169-0022.1000341
- [5] Jiang, M., Zhang, Y., Yu, Y., Zhang, Q., Huang, B., Chen, Z., Chen, T., Jiang J., Flame retardancy of unsaturated polyester composites with modified ammonium polyphosphate, montmorillonite, and zinc borate, Applied Polymer Sci, 2018.
- [6] Huo, S., Song P., Yu, B., Ran, S., Chevali, V., Phosphorus-containing flame retardant epoxy thermosets: Recent advances and future perspectives, Progress in Polymer Science 114, 2021.
- [7] Yıldız, B., Seydibeyog, M., Güner, F., Polyurethane-zinc borate composites with high oxidative stability and flame retardancy, Polymer Degradation and Stability 94, 2009, 1072-1075.
- [8] Beycioğlu, A., Yılmaz, E., Çetin, S., Göçe, N., Aruntaş, H.Y., Usage of antimony trioxide, aluminum hydroxide and zinc borate in grp composite production as fire-retardant additives: An experimental research, International Journal of Engineering Research and Development, 13(1),265-277,2021.
- [9] Lu, SY., Hamerton I., Recent Developments in chemistry of halogen-free flame retardant polymers, Prog. Polym. Sci. 27, 2002, 1661-1712.



Covid-19 Salgın Döneminde Öğrenilen Tüketici Alışveriş Davranışlarının Kalıcılığının Araştırılması

Müzeyyen Özhavzalı^{1*}

^{1*} Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0518-3021), thavzalimuzeyyen@hotmail.com

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1172491)

ATIF/REFERENCE: Özhavzalı, M. (2022). Covid-19 Salgın Döneminde Öğrenilen Tüketici Alışveriş Davranışlarının Kalıcılığının Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 117-122.

Öz

Dünyada Çin'in Hubei Eyaleti, Wuhan'da 17 Kasım 2019'da korona virüs(Covid-19) ilk vaka tespit edildi. Bu vakanın daha sonra tüm dünyada büyük bir hızla yayılması ile Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), 11 Mart 2020'de küresel salgın ilan etti. Bu salgın ile ülkelerin aldıkları sıkı tedbirlerle dünyada ekonomi, siyasi, kültürel ve sosyal hayat, eğitim, tüketim vb. alanlarında pek çok değişime sebep oldu. Bu çalışmada bu salgın geçici olsa bile salgın sürecinde öğrenilen tüketici davranışlarının kalıcı olup olmadığını, değişim varsa ne yönde olduğunu ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu amaçlar için veri toplama yöntemlerinden anket yöntemi kullanılarak kolayca örneklem metot ile 790 kişiden Mart 2022'de veriler toplanmıştır. Araştırmanın sonucunda Covid-19 salgın sürecinde yaş, eğitim seviyesi vb. değişkenlere göre tüketicilerin alışveriş tutum ve davranışlarında olan önemli değişikliklerin Covid-19 sonrası(Post Covid-19) döneminde devam ettiğini, online alışveriş yapma, temassız kredi kartı kullanma, kişisel hijyen ürünlerinin tüketim miktarı vb. bazı tutum ve davranışlarında ise bu değişimin artarak devam ettiği gibi sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tüketici, Tüketici Davranışları, Covid-19, Post Covid-19, Sayısal Analiz

Investigation of the Persistence of Consumer Shopping Behaviors Learned During the Covid-19 Epidemic Period

Abstract

The first case of coronavirus (Covid-19) was detected in the world on November 17, 2019 in Wuhan, Hubei Province of China. Then, with the rapid spread of this case all over the world, the World Health Organization (WHO) declared a global epidemic on March 11, 2020. With this epidemic, with the strict measures taken by countries, economy, politics, cultural and social life, education, consumption, etc. caused many changes in the field. In this study, even if this epidemic is temporary, it was carried out in order to reveal whether the consumer behaviors learned during the epidemic process are permanent and if there is a change, in what direction. For these purposes, data were collected from 790 people in March 2022 with the convenience sampling method using the survey method, one of the data collection methods. As a result of the research age, education level, etc. during the Covid-19 epidemic process. According to the variables, the significant changes in the shopping attitudes and behaviors of consumers continue in the post-Covid-19 (Post-Covid-19) period, online shopping, using contactless credit cards, the consumption amount of personal hygiene products, etc. in some attitudes and behaviors, results have been obtained as this change continues to increase.

Keywords: Customer, Customer behavior, Covid-19, Post Covid-19, Numerical Analysis

* Sorumlu Yazar: sinan.goktas@ogr.sakarya.edu.tr

1. Giriş

Dünya tarihinde salgınlar sadece etkin olduğu dönemde değil, uzun süreçte köklü toplumsal değişimlere yol açmıştır. En son dünyanın karşı karşıya kaldığı Covid-19 Pandemi sürecinde ve sonrasında ortaya çıkan küresel sağlık krizi, tüm ekonomik sektörleri etkilemiş ve tüm devletlerin, işletmelerin e-ticaret faaliyetlerinde planladıkları gelişimlerini çok hızlı ve daha erken gerçekleştirmelerine neden olmuştur.

Dünya tarihinde salgınlar sadece etkin olduğu dönemde değil, uzun süreçte köklü toplumsal değişimlere yol açmıştır. En son dünyanın karşı karşıya kaldığı Covid-19 Pandemi sürecinde ve sonrasında ortaya çıkan küresel sağlık krizi, tüm ekonomik sektörleri etkilemiş ve tüm devletlerin, işletmelerin e-ticaret faaliyetlerinde planladıkları gelişimlerin çok hızlı ve daha önce olmasına sebep olmuştur. Pandemi, tüketicilerin alışveriş tutumlarını ve satın alma alışkanlıklarını değiştirmeye zorlamıştır. Tüketiciler, Covid-19'un sağlıklarından çok ekonomik etkileriyle ilgilendiklerini belirtmişlerdir (Wright ve Blackburn, 2020).

Kaya, 2020'deki çalışmasında Türkiye'de ki e-ticaret sektörü her geçen yıl büyümeye ve gelişmeye devam ettiğini ve 2020 yılında ortaya çıkan ve tüm Dünya'yı etkisi altına alan COVID-19 pandemisi sebebiyle e-ticaret hacmi iki katına çıktığını belirtmiştir. Bu çalışmasında e-ticaretteki bu büyümenin, büyük, orta ölçekli şirketlerle KOBİ'leri e-ticaret odaklı büyüme stratejilere yönelttiğini ifade etmiştir. Bu durumun Türkiye'deki pek çok faaliyet alanının gelişmesi ile ticaret süreçlerinin, alışveriş alışkanlıklarının, tüketici davranışlarının değişmesine sebep olduğunu belirtmiştir (Kaya, 2021:232).

Tüketici davranışındaki değişiklikler, pazarın arz tarafına yansımaktadır. Bu durumda firmaların değişen tüketici ihtiyaçlarına uyum sağlama kapasitesine sahip olması gereklidir. Pandemi ve karantina (Tao vd., 2022) gibi istisnai durumlarda şirketlerin tüketicilerin değişen ihtiyaçlarını ve buna bağlı alışverişteki tutum ve davranışlarını içeren bilgileri hızlı bir şekilde elde etmeleri gereklidir (Payne, 2020; Wright, 2020). Dolayısı ile değişik alan yazınlarında da vurgulandığı gibi, pandemi hayatın hemen her yönünü değiştirdi: yaşam biçimlerindeki ve buna bağlı tüketici tutum ve tercihlerindeki değişimleri zorunlu olarak karşılamak için yeni çözümler sunmak ve uygulamak için mal ve hizmet tedarikçileri gereksinimlerini hızlı bir biçimde karşılamalıdır (Calkins, 2021).

Bu çalışmada bu salgın geçici olsa bile salgın sürecinde öğrenilen tüketici davranışlarının kalıcı olup olmadığını, değişim varsa ne yönde olduğunu ortaya koymak amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Amaç ve Metodoloji

Bu çalışma Covid-19 salgını geçici olsa bile salgın sürecinde öğrenilen tüketici davranışlarının kalıcı olup olmadığını, değişim varsa ne yönde olduğunu ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu amaç için veri toplama yöntemlerinden anket yöntemi kullanılarak kolayca örneklem metot ile online Mart 2022'de veriler toplanmıştır.

Bu çalışmada çalışma grubu belirlenirken 2021 yılı sonu itibarı ile Türkiye'nin 84 milyon 680 bin 273 nüfusu ve bu nüfus içerisinde 18-69 yaş grubu 59 milyon 028 bin 321 kişi temel alınmıştır (TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2021).

Yazıcıoğlu ve Erdoğan (2004) tarafından verilen Evren Büyüklüğü Tablosu değerlendirildiğinde çalışma grubu yaklaşık 800 gönüllü 18-69 yaş grubu tüketicilerin katılımcı olması hedeflenmiştir. Daha sonra alanda uygulanan bu anketlerden eksiksiz olarak gelen 790 adet ankete istatistiksel analiz yapılmıştır.

2.1.1. Verilerin Toplanması

Araştırmanın verileri Google Forms üzerinden çevrim içi (online) ortamda hazırlanmıştır. Araştırma 2022 Mart ayı içerisinde yapılmıştır. Katılımcılara online anket formu başında bilgilendirilme yapılarak gönüllülük temeline dayalı olarak araştırma verileri toplanmıştır.

2.1.2. Verilerin Analizi

Araştırma verilerinin analizinde IBM SPSS 20 paket programı kullanılmıştır. Elde edilen verilere tanımlayıcı istatistiksel analizler ve bunlara ek olarak, Mann Whitney U ve Cochran-Mantel-Haenszel Testi vb. analizi kullanılmıştır. Ayrıca sonuçlar $p < 0,05$ anlamlılık düzeyinde ve %95 güven aralığında ele alınmıştır.

2.1.3. Araştırmanın Sınırlılıkları

Bu araştırmanın sınırlılıkları Türkiye'de yaşayan 18-69 yaş aralığındaki bireyler ve örneklem sayısı, anket formunda sorulan sorular, anket formunun uygulandığı dönem ve katılımcıların verdikleri cevaplarıdır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

Araştırmaya katılanların %53,8'ü(425 kişi) erkek iken %46,2'i(365 kişi) kadındır. Katılımcıların %14,9'u(118 kişi) 20 yaş ve altı, %28,5'i(225 kişi) 21-30 yaş arası, %15,8'ü(125 kişi) 31-40 yaş arası, %14,6'ı (115 kişi) 41-50 yaş arası, %14,3'ü(115 kişi) 51-64 yaş arası, %11,9'u(94 kişi) 65 yaş ve üstü olup katılımcıların %49,1'i(388 kişi) bekar, %42,4'ü(335 kişi) evli ve %8,5'i(67 kişi) dul/boşanmıştır. Bu çalışmadaki katılımcılardan şu anda herhangi bir kronik hastalığı (SARS, kanser, kalp krizi, şeker hastalığı vb.) veya psikiyatrik/psikolojik rahatsızlığı olanların oranı %33,5(265 kişi) ve bu rahatsızlıkları olmayanların oranı %9,7(77 kişi) olduğu tespit edilmiştir.

Araştırmaya katılanların Covid-19 salgın sürecinde hanelerinde %62,5'inin (494 kişi) 1-3 kişi, %16,2'inin (128 kişi) 4 kişi, %21,2'sinin (178 kişi) 5 ve üzeri kişi olduğunu, Post Covid-19 döneminde bu oranlar %40,3'ü(319 kişi) 1-3 kişi, %37,4'ü(293 kişi) 4 kişi, %34,3'ü(188 kişi) 5 kişi ve üzeri şeklinde olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmaya katılanların %45,6'ı(360 kişi) çalışmadığını, %16,6'ı(131 kişi) çalıştığını, %13,7'i(108 kişi) emekli olduğunu, %14,7'i kendi işletmesi olduğunu ve salgın döneminde açık olduğunu, %7,8'i(62 kişi) salgın döneminde işsiz kaldığını, %1,6'ı(13 kişi) kendi işletmesi olduğunu ve salgın döneminde kapalı olduğunu belirtmiştir. Post Covid-19 döneminde katılımcılardan %39,3'ü(309 kişi) hala çalışmadığını, %14,8'i (118 kişi) emekli olduğunu, %17,7'ü(118 kişi) çalıştığını, %14,8'i(117 kişi) kendi işletme shibi olup işletmesinin açık olduğunu, %1,4'ü(12 kişi) kendi işletmesi olduğunu ve şu anda kapalı olduğunu belirtmiştir. Araştırmadaki katılımcıların %63'ü(498 kişi) 3000 TL ve altı, %13,3'ü(105 kişi) 3001- 4000 TL arası,%6,8'i(54 kişi) 4001-5000 TL arası ve 5001 TL ve üzeri

%16,8'i(133 kişi) gelire sahip iken Post Covid-19 döneminde bu oranlar %43,54'ü(344 kişi) 3000 TL ve altı, %24,43'ü(193 kişi) 3001- 4000 TL arası, %23,80'i(188 kişi) 4001-5000 TL arası ve %8,23'ü ve 5001 TL ve üzeri gelire sahiptir.

Araştırmaya katılanların %6,1'i(4 kişi) okuma-yazma biliyor, %39,1'i(309 kişi) ortaöğretim, %28,2'i(227 kişi) lise, %24,2'i(191 kişi) üniversite ve %7,5'i(59 kişi) lisansüstü eğitim mezunudur. Çalışmadaki katılımcıların meslekleri ise %6,1'i(48 kişi) esnaf/işyeri sahibi, %15,5'i(107 kişi) ev hanımı, %16,3'ü(129 kişi) diğer, % 19,5'i(155 kişi) özel sektörde işçi, %21,1'i(167 kişi) memur, %23,3'ü(184 kişi) öğrencidir. Bu katılımcıların evlerinde çocuk olanların sayısına bakıldığında

%18,9'u(149 kişi) 2 çocuk, % 14,5'i(107 kişi) 4 ve daha fazla çocuk, %22,3'ü(176 kişi) 2 çocuk, % 42,5'i(336 kişi) 1 çocuk şeklindedir. Yine katılımcıların evlerinde birlikte yaşadıkları 20 yaş altı erişkin sayısına bakıldığında %41,4'ü(327 kişi) 1 erişkin, %25,2'i(199 kişi) 2 erişkin, %15,9'u(126 kişi) 3 erişkin ve %17,4'ü(133 kişi) 4 ve daha fazla erişkin şeklindedir.

Bu araştırmada katılımcıların genel olarak sağlık durumları ile ilgili Covid-19 ve Post Covid-19 süreci karşılaştırıldığında %24,8'i(196 kişi) "Çok kötü", %24,1'i(190 kişi) "Ne iyi ne kötü", % 19,5'i(154 kişi) "Kötü", %16,4'ü(130 kişi) "Çok iyi", % 15,2'i(120 kişi) "İyi" olarak cevap vermişlerdir.

Tablo 1. Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerinde tüketicilerin alışveriş yapmada bazı tutum ve davranışlarının durumu

Alışveriş yapma durumu	Covid- 19 Dönemi*						Post Covid-19**					
	Azaldı		Değişmedi		Arttı		Azaldı		Değişmedi		Arttı	
Kredi kartı ile	66	8,4	216	27,3	508	64,3	45	5,7	205	25,9	540	68,4
Nakit para ile	358	45,3	228	28,9	204	25,8	86	10,9	190	24,1	514	65,1
Kredi kartı ile temassız	66	8,4	241	30,5	483	61,1	32	4,1	210	26,6	548	69,4
İnternet sitelerinden(e-ticaret)	78	9,9	272	34,4	440	55,7	100	12,7	220	27,8	470	59,5
İnternette taksitli alışveriş	197	24,9	278	35,2	315	39,9	140	17,7	302	38,2	348	44,1
Genel olarak alışveriş yapma arzusu	49	6,2	215	27,2	526	66,6	65	8,2	215	27,2	510	64,6

* Covid- 19 Dönemi öncesine göre ** Covid- 19 Dönemine göre

Tablo 1 incelendiğinde Covid-19 döneminde tüketiciler alışverişte kredi kartı kullanma oranlarının %64,8(508 kişi) arttığını, %27,3'ü(216 kişi) değişmediğini, nakit para ile alışveriş yapmada %45,3'ü(358 kişi) azaldığını, %28,9'u(228 kişi) değişmediğini, kredi kartı ile temassız alışveriş yapma durumlarının %61,1'i(483 kişi) arttığını, %30,5'i(241 kişi) değişmediğini, internet sitelerinden alışveriş yapma durumunun %55,7'i(440 kişi) arttığını, %34,4'ü(272 kişi) değişmediğini, internette taksitli alışveriş konusunda %39,9'u(315 kişi) arttığını, %35,2'i(278 kişi) değişmediğini, genel olarak alışveriş yapma arzusunun %66,6'ı(526 kişi) arttığını, %27,2'i(215 kişi) değişmediğini ifade etmiştir. Aynı Tabloya göre Post Covid-19

dönemlerinde tüketiciler alışverişte kredi kartı kullanma oranlarının %68,4(540 kişi) arttığını, %25,9'u(205 kişi) değişmediğini, nakit para ile alışveriş yapmada %59,5'i(514 kişi) azaldığını, %24,1'i(190 kişi) değişmediğini, kredi kartı ile temassız alışveriş yapma durumlarının %68,4'ü(548 kişi) arttığını, %26,6'ı(210 kişi) değişmediğini, internet sitelerinden alışveriş yapma durumunun %59,5'i(470 kişi) arttığını, %27,8'i(220 kişi) değişmediğini, internette taksitli alışveriş konusunda %44,1'i(348 kişi) arttığını, %38,2'i(302 kişi) değişmediğini, genel olarak alışveriş yapma arzusunun %64,6'ı(510 kişi) arttığını, %26,2'i(205 kişi) değişmediğini ifade etmiştir(Bkz. Tablo 1).

Tablo 2. Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerinde tüketicilerin ürün çeşitlerine göre alışveriş yapma durumu

Malzeme alma durumu	Covid- 19 Dönemi*						Post Covid-19 Dönemi**					
	Azaldı		Değişmedi		Arttı		Azaldı		Değişmedi		Arttı	
Temizlik	79	10,0	245	31,0	466	59,0	60	7,6	162	20,5	568	71,9
Kişisel hijyen	82	10,4	252	31,9	454	57,5	88	11,1	222	28,1	480	60,8
Gıda	78	9,9	255	32,3	457	57,8	90	11,4	60	7,6	640	81,0
Kıyafet	95	12,0	267	33,8	428	54,2	80	10,1	300	38,0	410	51,9
İnternet paketi	105	13,3	228	28,9	457	57,8	102	12,9	168	21,3	520	65,8
Konuşma paketi	70	8,9	257	32,5	463	58,6	68	8,6	212	26,8	510	64,6
Mesaj paketi	84	10,6	261	33,0	445	56,3	78	9,9	262	33,2	450	57,0
Hobilere yönelik	94	11,9	295	37,3	401	50,8	110	13,9	260	32,9	420	53,2
Kitap/dergi vb.	118	14,9	309	39,1	363	45,9	108	13,7	302	38,2	380	48,1
Teknolojik cihaz	110	13,9	307	38,9	373	47,2	120	15,2	423	53,5	247	31,3
Eğitimle ilgili	21	2,7	138	17,5	581	73,5	30	3,8	140	17,7	620	78,5
Sağlıkla ilgili (ilaç, maske vb.)	68	8,6	209	26,5	513	64,9	380	48,1	230	29,1	180	22,8
Bitkisel gıda takviyeleri	11	1,4	229	29,0	550	69,6	30	3,8	180	22,8	580	73,4
Dışarıda yemek yeme	220	27,8	126	15,9	444	56,2	30	3,8	280	35,4	480	60,8
Ev dışından yemek siparişi	117	14,8	303	38,4	370	46,8	125	15,8	245	31,0	420	53,2

*Covid-19 Dönemi öncesine göre, **Covid-19 Dönemine göre

Tablo 2 incelendiğinde Covid-19 döneminde tüketiciler temizlik malzemeleri satın alma oranlarının %59,0(466 kişi) arttığını, %31,0'ı(245 kişi) değişmediğini, kişisel hijyen malzemeleri satın alma taleplerinin %57,5'i(454 kişi) arttığını, %31,9'u(228 kişi) değişmediğini, gıda malzemeleri alışveriş oranlarında %57,8'i(457 kişi) arttığını, %32,3'ü(255 kişi) değişmediğini, kıyafet alışverişi yapma durumunun %54,2'i(428 kişi) arttığını,%33,8'i(267 kişi) değişmediğini, internet paketi, konuşma paketi ve mesaj paketi alışverişlerinde sırasıyla %57,8'i(457 kişi), %58,6'ı(463 kişi) artış olduğunu, hobilere yönelik, kitap, dergi vb. ve teknolojik cihaz alışveriş oranında artışın sırasıyla %50,8(401 kişi), %45,9(363 kişi) ve %47,2(373 kişi) belirtirken, eğitim ve sağlıkla(ilaç, maske vb.) ilgili malzemelerin alışveriş oranlarında sırasıyla %73,5(581 kişi) ve %64,9(550 kişi) şeklinde artış olduğunu, bitkisel gıda takviyeleri, dışarıda yemek yeme ve ev dışından yemek siparişi alışveriş oranlarında sırasıyla %69,6(550 kişi), %56,2(444 kişi) ve %46,8(370 kişi) artış olduğunu belirtmişlerdir. Aynı Tabloya göre Post Covid-19 dönemlerinde tüketiciler alışverişte temizlik malzemeleri almada %71,9(568 kişi) arttığını, %20,5'i(162 kişi) değişmediğini, kişisel hijyen malzemeleri satın almada %60,8'i(480 kişi) arttığını, %81,0'u(640 kişi) değişmediğini, gıda malzemeleri alışveriş oranlarında %81,0'u(640 kişi) arttığını, %38,0'ı(300 kişi) değişmediğini, kıyafet alışverişi yapma durumunun %519'u(410 kişi) arttığını,%38,0'ı(300 kişi) değişmediğini, internet paketi, konuşma paketi ve mesaj paketi alışverişlerinde sırasıyla %65,8'i(520 kişi), %58,6'ı(463 kişi) ve %57,0(450 kişi) artış olduğunu, hobilere yönelik ve kitap, dergi vb. alışveriş oranında artışın sırasıyla %53,2(420 kişi), %48,1(380 kişi) ve teknolojik cihaz ve sağlıkla(ilaç, maske vb.) ilgili alışveriş yapma oranında %47,2(373 kişi) ve %48,1(380 kişi) değişim olmadığını belirtirken, eğitim, bitkisel gıda takviyeleri, dışarıda yemek yeme ve ev dışından yemek siparişi oranlarında sırasıyla %78,5(620 kişi), %73,4(580 kişi), %60,8(480 kişi) ve %53,2(420 kişi) şeklinde artış olduğunu belirtmişlerdir(Bkz. Tablo 2).

Diğer yandan bu çalışmaya katılan tüketicilerin internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığı, kredi kartı ile ve kredi kartı ile temassız alışveriş yapma tutum ve davranışlarının bazı demografik faktörlerle ilişkisi incelendiğinde Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerindeki internet üzerinden alışveriş yapma tutum ve davranışı durumunun eğilimine yönelik her iki dönem için uygulanan Pearson Ki-kare Testi sonucunda cinsiyetle ilişkili olmadıkları tespit edilmiştir($p_{Covid-19}=0,297$, $p_{Post Covid-19}=0,288$). Yine Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerindeki yaş grupları değişkeni, kontrol değişkeni olarak alınarak yapılan teste göre farklı yaş gruplarındaki tüketicilerin cinsiyet ile internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığındaki tutum ve davranış durumu arasındaki ilişkilerin anlamsız olduğu tespit edilmiştir($p_{Covid-19}=0,497$, $p_{Post Covid-19}=0,483$ olasılıkla) Araştırmadaki tüketicilerin Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerindeki eğitim düzeyi değişkenlerinin kontrol değişkenleri olarak alınıp yapılan test sonucuna göre yine cinsiyet ile internetten alışveriş yapma alışkanlığındaki davranış eğilimi arasındaki ilişkinin anlamsız olduğu saptanmıştır($p_{Covid-19}=0,971$, $p_{Post Covid-19}=0,988$ olasılıkla).

Araştırmada tüketicilerin kredi kartı ve kredi kartı ile temassız alışveriş yapma alışkanlığı eğilimi ($p=0,000$ olasılıkla) yaş gruplarına göre farklılaşmaktadır. Buna göre alışverişi kredi kartı ve kredi kartı ile temassız yapma yüzdesi en yüksek olan yaş grubu %39,6 ile 26-35 arasındadır. Yine son bir yıl içinde internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığı eğitim düzeyine göre de ($p=0,000$ olasılıkla) farklılaşmaktadır. Buna göre internet üzerinden alışveriş yapma yüzdesi en yüksek olan grup %28,2 ile lise mezunu olarak gözükken ve hal üniversitede okuyan öğrencilerin araştırmada sayı olarak yüksek olmasına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Lise mezunlarını ise %24,2 ile üniversite mezunları izlemektedir. Çalışmaya katılan tüketicilerin eğitim durumları için "Lise öncesi", "Lise ve sonrası" kategorileri oluşturularak tekrar düzenlenen eğitim düzeyi değişkeni ile e-ticaret yapma alışkanlığı değişkeni arasında hesaplanan üstünlük oranı değeri 4,22'dir. Bu sonuçtan lise ve üzeri eğitim düzeyinde olan tüketicilerin e-ticareti artarak yapma olasılığının lise öncesi eğitim durumunda olanların e-ticaret yapma olasılığından yaklaşık 4,22 kat fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmada yaş değişkeni de yeniden düzenlenerek 26-45 yaş ve diğer yaş grupları kategorileri oluşturularak e-ticaret yapma alışkanlığı eğilimi arasındaki üstünlük oranı hesaplandığında 1,58 değeri elde edilmektedir. Bu sonuçtan 26-45 yaş grubunun internetten alışveriş yapma olasılığının diğer yaş gruplarında internet üzerinden alışveriş yapma olasılığının yaklaşık 1,58 kat olduğu saptanmıştır.

3.1. Bulgular

Araştırmanın sonuçlarına bakıldığında Covid-19 döneminde tüketicilerin alışverişte artan kredi kartı kullanma oranları, kredi kartı ile temassız alışveriş, internet sitelerinden alışveriş, internetten taksitli alışveriş yapmada ve genel olarak alışveriş yapma arzusunun Post Covid-19 döneminde de yükselmiştir. Her iki dönem için tek azalma oranı gösteren tüketici tutum ve davranışı ise nakit para ile alışveriş yapma olduğu tespit edilmiştir (Bkz. Tablo 1).

Tablo 2 incelendiğinde Covid-19 döneminde temizlik ve hijyen malzemeleri, gıda malzemeleri, kıyafet, hobilere yönelik, kitap, dergi vb. ve teknolojik cihaz alışveriş oranlarında tüketicilerin artışın Post Covid-19 döneminde de artmaya devam ettiği tespit edilmiştir. Bu sonuç Kayabaşı(2020) , DORinsight, (2020) ve Çılan ve Kuzu (2013) çalışmalarında belirttiği pandemi dönemi ve sonrasında evde kalma ve izolasyon nedeniyle internet üzerinden mesafeli satışların talebi artması beklentisini doğrulamaktadır.

Yine Covid-19 döneminde tüketicilerin artan satın alma eğilimi internet paketi, konuşma paketi ve mesaj paketi alışverişlerinde, eğitim ve sağlıkla(ilaç, maske vb.), bitkisel gıda takviyeleri, dışarıda yemek yeme ve ev dışından yemek siparişinde aynı eğilimi Post Covid-19 döneminde de göstermiştir. Bu sonuçlar Kayabaşı(2020), Baltacı ve Akaydın(2020), m Pantano vd. (2020), Çılan ve Kuzu (2013) ve Hacıoğlu ve Sağlam'ın (2021) çalışmalarındaki tüketicilerin zorunlu nedenlerle birlikte tüketim ve alışveriş alışkanlıklarında değişimlere neden olduğu görüşü ile benzerlik göstermektedir. Diğer yandan sadece bu iki dönem için teknolojik cihaz ve

sağlıkla (ilaç, maske vb.) ilgili alışveriş yapma oranında değişim olmadığı tespit edilmiştir. (Bkz. Tablo 2). Bunun nedeni Covid-19 sonrası kalkan maske kullanma yaşağı gibi kısıtlamalara rağmen tüketicinin sağlık sorunu yaşaması veya hanesinde 65 yaş ve üzeri yetişkinlerle birlikte olmasından dolayı kişilerin maske kullanımı, kolonya, dezenfektan vb. kullanımına devam etmesinden kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmaya katılan tüketicilerin internet üzerinden alışveriş yapma alışkanlığı, kredi kartı ile ve kredi kartı ile temassız alışveriş yapma tutum ve davranışlarının eğilimine yönelik salgın dönemi ve sonrası için cinsiyetle ilişkili olmadıkları tespit edilmiştir. Yine Covid-19 ve Post Covid-19 dönemlerindeki farklı yaş gruplarındaki tüketicilerin cinsiyet ve eğitim ile internetten alışveriş yapma alışkanlığındaki davranış eğilimi arasındaki ilişkilinin anlamsız olduğu saptanmıştır. Yaş gruplarına bakıldığında ise alışveriş kredi kartı ve kredi kartı ile temassız yapma yüzdesi en yüksek olan yaş grubu 26-35 için farklılaşmaktadır. Bunun nedeninin internet üzerinden alışveriş yapma yüzdesi en yüksek olan grup lise mezunu olarak gözükken ve hala üniversitede okuyan öğrencilerin araştırmada sayı olarak yüksek olmasına bağlı olduğunu söyleyebiliriz. Araştırmaya katılan tüketicilerin eğitim durumları yeniden “Lise öncesi”, “Lise ve sonrası” kategorileri oluşturularak düzenlenen eğitim düzeyi değişkeni ile e-ticaret yapma alışkanlığı değişkeni arasında hesaplanan üstünlük oranına göre lise ve üzeri eğitim düzeyinde olan tüketicilerin e-ticareti artarak yapma olasılığının, lise öncesi eğitim durumunda olanların e-ticaret yapma olasılığından yaklaşık dör kattan fazla olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırmada yaş değişkeni de yeniden düzenlenerek 26-45 yaş ve diğer yaş grupları kategorileri oluşturularak e-ticaret yapma alışkanlığı eğilimi arasındaki üstünlük oranına göre, bu yaş grubunun internetten alışveriş yapma olasılığının diğer yaş gruplarından internet üzerinden alışveriş yapma olasılığının yaklaşık iki kat olduğu saptanmıştır.

4. Sonuç

Tarih boyunca dünyada görülen tüm salgın hastalıklar milyonlarca insanın sağlık problemi yaşamasına ve ölmesine sebep olmuştur. Salgın hastalıklar sadece sağlık sektöründe değil siyasi, ekonomik, sosyal gibi her sektörde neden olduğu büyük değişimlerden dolayı tüketicilerin de satın alma, alışveriş tutum ve davranışlarında değişikliklere neden olmuştur. Salgınlar sadece etkin olduğu süreçte değil, uzun vadeli süreçte köklü toplumsal değişimlere yol açmıştır. Böyle büyük değişimlerin olmasına istinaden ekonomik sistemi oluşturan tüm işletmeler, kurumlar kendi mal, hizmet üretimi ve satışındaki teknikleri değiştirmek ve çok hızlı bu değişim sürecine ayak uydurmak zorunda kalmışlardır. Aynı şekilde dünyanın en son karşı karşıya kaldığı Covid-19 pandemisi sürecinde ekonomide ve iş dünyasında meydana gelen değişimler sosyal hayatı da etkilemiştir. Bu dönemde iş yerlerinin kapanması ve evde kalmak zorunda kalan tüketicilerin sosyal yaşamları ve tüketim alışkanlıkları değişmiştir. Hem tüketicilerin değişen tüketim tutum ve davranışlarını güncel tespit etmek hem de bu süreci takip edip işletme olarak değişime uyum sağlamayı kolaylaştıracak tedbirleri almak, alt yapılarını, birimlerini yenilemek veya daha güçlendirmek için hem dünyada hem de Türkiye’de belirli periyotlarla ülkeler genelinde anketler hazırlanarak, araştırmalar yaparak tüketiciler için hizmet memnuniyet endeksleri oluşturulmalıdır. Bu araştırma sonuçları kullanılarak işletmeler teknik alt yapıların, ürünün çıkış ve teslimine kadar olan tüm

süreçlerde iyileştirilmesini yapmalıdır. İlerleyen süreçte tüketiciler e-ticaret üzerinden yapılan alışverişlerinde esnek teslimat modellerini tercih edecektir. Bu nedenle alışveriş yapılan firmalar için gece teslimatı, alıcının istediği saatte teslim ve kapiya bırakma, kargo ve kurye hizmetleri butik olma durumu, alışveriş yapan tüketicilerin ürünleri birkaç saat içinde teslim edilmesini isteme gibi hizmetleri kapsayacak şekilde uyum sürecine yönelik birimlerini güçlendirmelidir. Dünyada tüm işletmeler e-ticaretin gelişimi yanında, h-ticarete (hızlı ticaret) uyum sağlamak zorunda kalabilir. Türkiye, genç nüfusu ile bu değişimlere mal ve hizmet üretimindeki tüm kurum ve kuruluşları ile dünyadaki gibi çok hızlı bir biçimde uyum sağlayıcı tedbirleri almalıdır.

Bu çalışmadaki bulgular ve sonuçlara göre araştırmacılara salgın süreci ve sonrasını daha kapsayan ve örneklem sayısı büyük araştırmalar yapılması önerilebilir. Ayrıca tüketicilerin belirsizliğin söz konusu olduğu durumlarda içinde buldukları korku ve panik duygularıyla olması gerekenden daha fazla satın alma davranışı gerçekleştirmesi veya belli ürünlere yönelmesine yol açan tutum ve davranışlarla ilgili ölçek geliştirip araştırma yapılabilir. Salgın sebebiyle değişen tüketici davranışları sonucunda daralan sektörler, yeni sektörler ve büyüyen sektörlerle ilgili, bu sektörlerin yeni strateji oluşturmalarının katkı verecek araştırmaların yapılabileceği de öneri olarak sunulabilir.

Kaynakça

- Agresti, A. (2002). *Categorical Data Analysis*. New York: John Wiley & Sons
- Agresti, A. (1996). *An introduction to categorical data analysis*. New York: John Wiley & Sons.
- Baltacı, A. ve Akaydın, H. (2020). COVID-19 Pandemi sürecinin tüketicilerin gıda ürünlerini satın alma davranışları üzerindeki etkisi. *Yüksek İhtisas Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 57-64.
- Calkins, T. COVID Has Forever Changed the Customer Experience Here’s How Companies Can Continue to Adapt. 2021. <https://insight.kellogg.northwestern.edu/article/customer-experience-covid-innovation>, Erişim Tarihi: 10 Mayıs 2022.
- Cici, E. N. ve Bilginer Özsaatçı, F. G. (2021). The impact of crisis perception on consumer purchasing behaviors during the COVID-19 (coronavirus) period: a research on consumers in Turkey. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Yktisadi ve Ydari Bilimler Dergisi* 16, 727–754. doi: 10.17153/oguiibf.923025
- Çevik, İ. T. (2020). Changing Consumer Behavior In The Pandemi Process. *Business & Management Studies: An International Journal*, 8(2), 2331-2347. <https://doi.org/10.15295/bmij.v8i2.1528>
- Çılan, Ç. A. ve Kuzu, S. (2013). Kişisel E-Ticaret Uygulamalarının Kategorik Veri Analizi Yöntemleri İle Değerlendirilmesi, *Alphanumeric Journal*, 1(1), 027–032.
- DORinsight. (2020, Nisan 29). Türkiye’deki koronavirüs salgını sürecinde yapılan ankete katılanların %63’ü yaz tatili yapmayı planlamıyor. Aralık 4, 2020 Dorinsight Haberleri: <https://www.haberler.com/dorinsight>
- Hacıoğlu A. ve Sağlam M. (2021). Covid-19 Pandemi Sürecinde Tüketici Davranışları Ve E-Ticaretteki Değişimler, *Medya ve Kültürel Çalışmalar Dergisi*, <https://doi.org/10.29228/mekcad.2>
- <https://www.nielsen.com/us/en/insights/article/2020/key-consumer-behavior-thresholds-identified-as-the-coronavirus-outbreak-evolves/> Erişim tarihi: 2 Mayıs 2022

- <https://www.seyahatsagligi.gov.tr/Site/HaberListesi/COVID-19>,
Erişim tarihi: 25 Ocak 2022
- Jones, K.(2020). “How COVID-19 Consumer Spending is Impacting Industries” Visual Capitalist, April 22, 2020, <https://www.visualcapitalist.com/consumer-spending-impacting-industries/>, Erişim tarihi:12 Mayıs 2022
- Tao, H., Sun, X., Liu, X., Tian, J. Zhang, D. (2022). The Impact of Consumer Purchase Behavior Changes on the Business Model Design of Consumer Services Companies over the Course of COVID-19. *Front. Psychol.*, 13, 818845.
- Torun Kayabaşı, E . (2020). COVID-19’un Piyasalara Ve Tüketici Davranışlarına Etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, COVID-19 Özel Sayısı 2, 15-25. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/asead/issue/54658/740424>
- TÜİK, Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi, 2021, <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=45500>, Erişim tarihi: 12 Şubat 2022
- Yavuz, F. (2020). Tarıma Koronavirüs Etkisi. *Kriter Dergisi*, Yıl 5(46).
- Yazıcıoğlu, Y. ve Erdoğan S.(2004). *SPSS Uygulamalı Bilimsel Araştırma Yöntemleri*, Ankara: Detay Yayıncılık.
- Wright, O. ve Blackburn, E. (2020), “How Covid-19 will permanently change consumer behavior”, Accenture. https://www.accenture.com/_acnmedia/PDF-123/Accenture-COVID19-Pulse-SurveyResearch-PoV.pdf#zoom=40
- Wright, K. COVID-19 is Changing Consumer Behavior Worldwide; Business Needs to Adapt Rapidly. 2020. <https://home.kpmg/xx/en/home/media/press-releases/2020/11/businesses-need-to-adapt-to-changing-consumerbehavior.html>, Erişim Tarihi:10 Mayıs 2022).



Genelleştirilmiş Dışbükey Gövde Kombinasyonu Yaklaşımı

Ali Çalışkan¹, Selcan Kocabaş^{2*}

¹ Kırklareli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kırklareli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2693-3269), acaliskan@klu.edu.tr

^{2*} Kırklareli Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik Bölümü, Kırklareli, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3416-9608), 1208251101@ogrklu.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1172941)

ATIF/REFERENCE: Çalışkan, A. & Kocabaş, S. (2022). Genelleştirilmiş Dışbükey Gövde Kombinasyonu Yaklaşımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 123-126.

Öz

Bilgisayar destekli geometrik tasarımın önemli konuları içerisinde yer alan dışbükey gövde hesabı bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturmaktadır. Literatürde birçok tanımı bulunan dışbükey gövde, ele aldığımız çalışmada dışbükey gövde kombinasyonu yaklaşımı ile hesaplanmıştır. Verilen nokta kümesi için tüm olası dışbükey kümelerin kombinasyonu tanımından [13], n noktadan oluşan konveks gövde elde edilmiştir. Çalışmada ele alınan konveks gövde yaklaşımı ile ortaya konan özel ve genelleştirilmiş metodların matematik ve geometrinin yanında endüstriyel hayatla da ilişkisi gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bilgisayar destekli geometrik tasarım, konveks gövde, dışbükey küme kombinasyonu, n -noktalı dışbükey gövde

Generalized Convex Hull Combination Approach

Abstract

Convex hull calculation, which is one of the important topics of computer aided geometric design, constitutes the starting point of this study. Convex hull, which has many definitions in the literature, was calculated with the convex hull combination approach in our study. From the definition of the combination of all possible convex sets for the given point set [13], a convex body consisting of n points is obtained. In addition to mathematics and geometry, the relationship between the special and generalized methods revealed by the convex body approach, which is discussed in the study, with industrial life is shown.

Keywords: Computer-aided geometric design, convex hull, convex set combination, n -point convex hull

1. Giriş

Bu kısımda dışbükey gövde kombinasyonu ile ilgili temel bilgiler sunulmuştur.

Afin uzayın aksiyomları nedeniyle vektör ile vektörün uç noktası arasında birebir eşleme vardır. [2].

Tanım1: $\alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{R}$ sıfırdan farklı olup $A, B, C \in E^3$ noktalarının yer vektörleri $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c} \in \mathbb{R}^3$ için $\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c} = \vec{0}$, $\alpha + \beta + \gamma = 0$ sağlanıyorsa A, B, C noktaları bir doğru üzerindedir denir [3].

Tanım2: $\alpha, \beta, \gamma, \vartheta \in \mathbb{R}$ sıfırdan farklı olup $A, B, C, D \in E^3$ noktalarının yer vektörleri $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{d} \in \mathbb{R}^3$ için $\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c} + \vartheta\vec{d} = \vec{0}$ ve $\alpha + \beta + \gamma + \vartheta = 0$ sağlanıyorsa A, B, C, D aynı düzlemindedir denir [4].

Tanım3 (Üçgenlerin Cebirsel Ölçümü [ABC]):

Bir ABC üçgeninin alanı $S = |\alpha|$, $\alpha \in \mathbb{R}$ ise $\alpha = [ABC]$ değerine üçgenin cebirsel ölçümü denir.

[ABC] nin yönü pozitif (saat yönünün tersi) ise $\alpha = +S$; [ABC] nin yönü negatif (saat yönü) ise $\alpha = -S$ olur [5], [10].

Yönlendirilmiş bir düzlemde üç noktadan oluşan temel üçgenin cebirsel ölçümü bir noktanın yerini belirlemede büyük kolaylık sağlar.

Tanım 4: AB kenarları ortak ABM ve ABN gibi iki üçgenin ortak olmayan köşelerinin AB kenarını kestiği nokta X olmak üzere

$$\frac{XM}{XN} = \frac{[ABM]}{[ABN]} = \frac{\alpha}{\beta}$$

oranına üçgenlerin cebirsel ölçümlerinin oranı denir.

Sırayla doğru (iki nokta) ve üçgen (üç nokta) üzerinde yaptığımız bu tanımlamalar daha fazla noktaya genişletilebilir. n-noktadan oluşan düzlemsel dışbükey gövdelerin hesabı hesaplamalı geometrinin en temel problemlerinden biridir. Bir nokta kümesinin dışbükey (konveks) gövdesi, tüm noktaları içeren en küçük dışbükey küme veya noktaları içeren tüm dışbükey kümelerin kesişimi olarak tanımlanır [1]. Ele aldığımız bu çalışmada dışbükey gövde verilen noktaların tüm olası dışbükey gövde kombinasyonları üzerine inşa edilecektir.

2. Materyal ve Metot

Önceki çalışmamızda [13] sonlu nokta kümesinin dışbükey gövde kombinasyonu bulunurken ilk olarak noktanın üzerinde yer aldığı doğru elde edilmiştir. Ardından noktanın, iç bölgesinde yer aldığı üçgen kombinasyonu hesaplanıp sonrasında teknoloji ve sanayinin önemli operasyonlarından biri olan rafineri probleminin çözümünde bu metotlar uygulanmıştır.

Bu çalışmamızda da; doğru ve düzlem üzerinde incelenen problemin n – noktada hesaplanabilmesi için genelleştirilmiş dışbükey gövde kombinasyonu formülü verilmiştir. Ayrıca rafineri sürecindeki karışım problemlerinin çözümü bu formül baz alınarak sağlanmıştır.

Tanım 5: $P \subset \mathbb{R}^n$ herhangi bir küme olsun. Kümenin herhangi iki noktasını birleştiren doğru parçası yine kümeye aitse yani

$\forall a \in [0,1]$ için $x_1, x_2 \in P$ olmak üzere $ax_1 + (1 - a)x_2 \in P$ ise Pkümesine konveks küme denir. [6], [7].

Tanım 6: Dışbükey Gövde Kombinasyonu

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ nokta kümesi için

$$L := \sum_{j=1}^n l_j \quad \text{ve} \quad \lambda_i = \frac{l_i}{L} \quad \text{olmak üzere}$$

$$\forall i, \lambda_i \geq 0 \quad \text{için} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i = 1 \quad \text{sağlanıyorsa} \quad \sum_{i=1}^n \lambda_i p_i,$$

P kümesinin dışbükey gövde kombinasyonudur denir [1], [7] ve [9].

Lemma 1:

A ve B bir doğru üzerinde sabit iki nokta, P bu doğru üzerinde herhangi bir nokta ise bu noktaların yer vektörleri $\vec{a}, \vec{b}, \vec{p}$ ve $\alpha, \beta \neq 0$ için

$$\vec{AP} = \frac{\beta}{\alpha} \vec{AB} \quad \text{veya} \quad \vec{p} = \frac{\alpha\vec{a} + \beta\vec{b}}{\alpha + \beta} \quad (1)$$

olur.

İspat: P noktası AB'yi $\frac{AP}{PB} = \frac{\beta}{\alpha}$ gibi bir oranda bölceğinden P noktasının yeri AB arasında veya dışında olma hallerine göre sırayla $\frac{\beta}{\alpha}$ pozitif veya negatif olur.

$\frac{\beta}{\alpha}$ cebirsel sayısı $\beta + \alpha \neq 0$ için

$$\frac{AP}{\beta} = \frac{PB}{\alpha} = \frac{AP + PB}{\beta + \alpha} = \frac{AB}{\beta + \alpha} \quad \text{olduğundan}$$

$$\vec{p} = \frac{\alpha\vec{a} + \beta\vec{b}}{\alpha + \beta} \quad \text{elde edilir.}$$

Lemma 1'in karşıtı da doğrudur.

Lemma 2:

A, B, C düzlemde aynı doğru üzerinde bulunmayan sabit noktalar, P düzlemde herhangi bir nokta ise bu noktaların yer vektörleri $\vec{a}, \vec{b}, \vec{c}, \vec{p}$; α, β ve $\gamma \neq 0$ için

$$\vec{p} = \frac{\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c}}{\alpha + \beta + \gamma} \quad (2)$$

gelir.

İspat:

$\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c} = \vec{0}$ ve $\alpha + \beta + \gamma = 0$ ise

A, B, C bir doğru üzerinde olduğundan

$(\alpha + \beta + \gamma)\vec{p} = \alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c}$; $\alpha + \beta + \gamma \neq 0$ dır.

Aksi halde $\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} - (\alpha + \beta)\vec{c} = \vec{0}$ yani

$\alpha\vec{CA} + \beta\vec{CB} = \vec{0}$ olur ki bu da ancak A, B, C 'nin aynı doğru üzerinde bulunması ile mümkündür. Bu durum hipoteze aykırıdır.

$$\alpha + \beta + \gamma \neq 0 \text{ için } \vec{p} = \frac{\alpha\vec{a} + \beta\vec{b} + \gamma\vec{c}}{\alpha + \beta + \gamma} \text{ gelir.}$$

Lemma 2'nin karşıtı da doğrudur.

Sonuç:

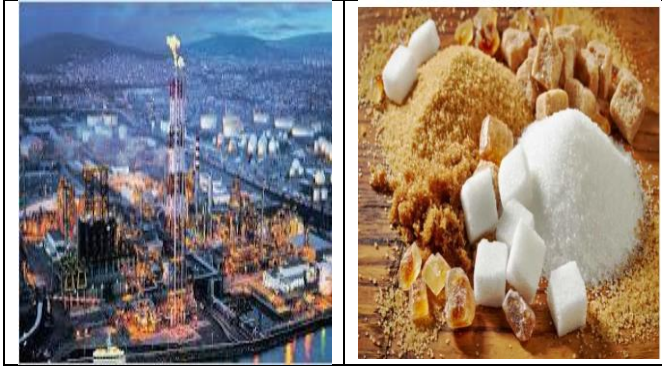
A_1, A_2, \dots, A_n gibi n noktadan meydana gelen bir şekilde herhangi bir P noktasının \vec{p} yer vektörü $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{n+1} \neq 0$ için

$$\vec{p} = \frac{\alpha_1\vec{a}_1 + \alpha_2\vec{a}_2 + \dots + \alpha_{n+1}\vec{a}_{n+1}}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_{n+1}} \quad (3)$$

olduğu anlaşılır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu kısımda yukarıda verdiğimiz lemmalar ile dışbükey kombinasyon uygulaması sanayinin önemli bir meselesi olan rafine işlemi üzerinden ele alınmıştır. Rafineriler temel malzemelerin daha kullanışlı formlarda işlendiği işleme tesisleridir. Rafineriler ham madde olarak kullanılması zor olan malzemelerin işlenmesini, gündelik ya da endüstriyel hayatta kullanılmasını mümkün kılmaktadır. Örnek olarak Şekil 1 de petrol, Şekil 2 de ise şeker rafinerisi görülmektedir.



Şekil 1: Petrol ve Şeker Rafinerisi Tesisi [10], [11]

Rafineri uygulamalarından petrol rafinerisini ele alalım. Petrol kuyularının sondajı sonucu elde edilen ürün saf bir ürün olmayıp birkaç farklı bileşenli bir karışımdır. Karışımların içerdiği bileşenlerin oranları farklı kaynaklar arasında değişkenlik gösterebilir. Bu bazen kullanılabilir bazen de farklı kuyuların çıktıkları karıştırılarak rafine işlemi için uygun oranlarda bir karışım üretilebilir. Bu durum için aşağıda üç farklı uygulama verilmiştir.

Uygulama 1: Bu uygulamada doğru üzerinde inceleme yapılacaktır. Bunun için ürünün yalnızca iki bileşeniyle (bunlar A ve B olsun) ilgileneceğiz. Bize %20 A bileşeni ve %70 B bileşeni içeren bir ζ_1 karışımı, %32 A ve %40 B içeren başka bir ζ_2 karışımı verildiğinde amacımız %24 A ve %60 B içeren bir karışıma ulaşmak olacaktır. Gerçek hayattan aldığımız bu problemi geometrik çözümle sonuca varılabilmek için ζ_1 ve ζ_2 karışımlarını düzlemdeki noktalarla; $p_1 := (0.20, 0.70)$, $p_2 :=$

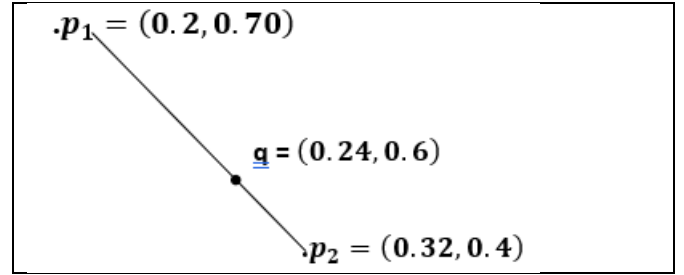
$(0.32, 0.40)$ ile temsil edelim. Lemma 1-(1) den faydalanarak p_1 ve p_2 noktaları arasındaki q noktası

$$(0.24, 0.60) = \frac{\alpha(0.20, 0.70) + \beta(0.32, 0.40)}{\alpha + \beta}$$

olur, bu eşitlikten $\alpha = 2\beta$ ve nihayet

$$\vec{q} = \frac{2}{3}\vec{p}_1 + \frac{1}{3}\vec{p}_2 \text{ elde edilir.}$$

Buradan aradığımız karışım ζ_1 ve ζ_2 karışımlarını 2:1 oranında birleştirdiğimizde elde ederiz. Geometrik olarak ise \vec{q} yer vektörü, Şekil 3 de görüldüğü gibi p_1 ve p_2 noktalarından geçen ana karışım doğrusu üzerinde yer alır.



Şekil 2: ζ_1 ve ζ_2 karışımlarından elde edilen ana karışım doğrusu

Böylece problemimizde verilen iki karışımı kullanarak elde etmek istediğimiz üçüncü karışıma ulaştık, fakat %26 A ve %44 B içeren bir karışım yapmak istediğimizde bu mümkün değildir çünkü ana karışım doğrusu üzerinde yer almaz.

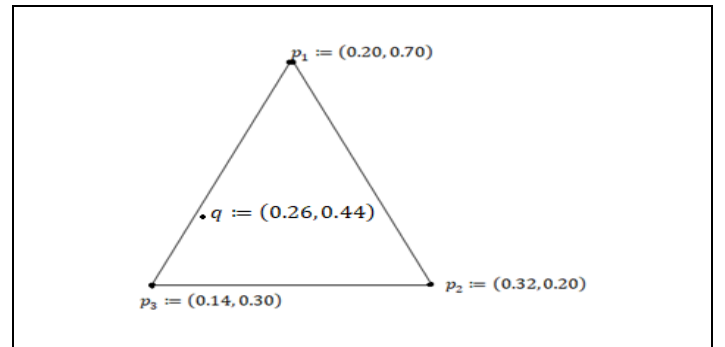
Uygulama 2: %14 A ve %30 B içeren üçüncü bir ζ_3 karışım varsa istenilen sonuca ulaşım ulaşamayacağımızı test edeceğiz. ζ_1 , ζ_2 ve ζ_3 karışımlarını düzlemdeki $p_1 := (0.20, 0.70)$, $p_2 := (0.32, 0.20)$ $p_3 := (0.14, 0.30)$ noktaları ile temsil edelim. Lemma 2-(2) den problemi çözersek:

$$(0.26, 0.44) = \frac{\alpha(0.2, 0.7) + \beta(0.32, 0.4) + \gamma(0.14, 0.3)}{\alpha + \beta + \gamma}$$

olur, bu eşitlikten $\gamma = \alpha$ ve $\beta = 3\alpha$ ve nihayet

$$\vec{q} = \frac{1}{5}\vec{p}_1 + \frac{3}{5}\vec{p}_2 + \frac{1}{5}\vec{p}_3 \text{ elde edilir.}$$

Aradığımız karışımı ζ_1, ζ_2 ve ζ_3 karışımlarını 1:3:1 oranında birleştirdiğimizde elde ederiz. Geometrik olarak \vec{q} yer vektörü, Şekil 4 de olduğu gibi p_1, p_2 ve p_3 noktalarından geçen ana karışım üçgeni içinde yer alır.



Şekil 3: ζ_1, ζ_2 ve ζ_3 karışımlarından elde edilen ana karışım üçgeni

Uygulama 3: Oluşturacağımız karışımda n tane bileşen hesaba katılmak isteniyorsa, o zaman bu karışım düzlemde n adet nokta ile temsil edilecektir.

Belirttiğimiz genelleştirilmiş durumdan hareketle elimizde 8 adet farklı karışım olduğunu varsayalım. Bu karışımlar sırayla;

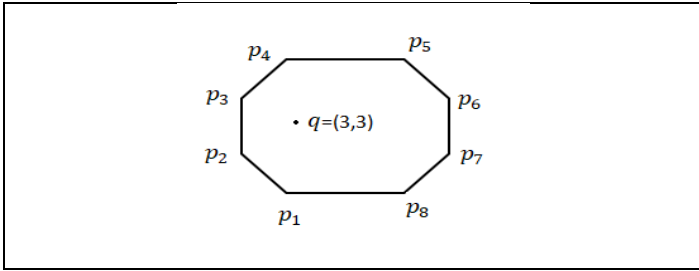
λ_1 : %20 A ve %10 B, λ_2 : %10 A ve %20 B, λ_3 : %10 A ve %30 B, λ_4 : %20 A ve %40 B, λ_5 : %30 A ve %40 B, λ_6 : %40 A ve %30 B, λ_7 : %40 A ve %20 B, λ_8 : %30 A ve %10 B bileşenlerini içersin. Amacımız bu karışımları kullanarak %30 A ve %30 B içeren yeni bir q karışımı elde etmek olacaktır. İlk olarak Uygulama 1 ve Uygulama 2 ye benzer şekilde karışımları düzlemdeki noktalarla ifade edelim. O zaman

$p_1 := (2,1)$; $p_2 := (1,2)$; $p_3 := (1,3)$; $p_4 := (2,4)$; $p_5 := (3,4)$;
 $p_6 := (4,3)$; $p_7 := (4,2)$; $p_8 := (3,1)$

ve $p_9 := (3,3)$ sırayla elde edilen karışımların ve oluşturacağımız yeni karışımın yer vektörleridir. Sonuç-(3) eşitliğini kullanarak

$$q = \frac{1}{16} \vec{p}_1 + \frac{1}{16} \vec{p}_2 + \frac{1}{16} \vec{p}_3 + \frac{1}{16} \vec{p}_4 + \frac{5}{16} \vec{p}_5 + \frac{5}{16} \vec{p}_6 + \frac{1}{16} \vec{p}_7 + \frac{1}{16} \vec{p}_8$$

gelir ve nihayet bu eşitlikten q karışımının verilen karışımlardan sırayla 1:1:1:1:5:5:1:1 oranında birleştirilerek elde edileceği anlaşılır.



Sekil 4: Düzlemde 8 noktalı ana karışım dışbükey gövdesi

4. Sonuç

Ele aldığımız bu çalışmada; bir veri setinin yorumlanabilmesi ve üzerindeki bazı hesaplamaların yapılabilmesi için dışbükey küme kombinasyonundan yararlanılmıştır. Bu amaçla (3) formülü baz alınarak dışbükey küme kombinasyonu hesaplanmış ve herhangi bir noktanın bu küme içerisinde yer alıp almadığının tespiti yapılmıştır. Bunlara ek olarak dışbükey küme kombinasyonları ile ilgili üç farklı uygulama sunulmuştur. Bu çalışmada sunulan yöntem ile petrol rafinerisinde elde edilen ürünlerin karışım oranlarının belirlenmesine katkı sağlanmıştır. Bu çalışmanın amacı dışbükey küme kombinasyonu ile üretim ve sanayi arasındaki ilişkiyi ifade edip ortaya koymaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın ortaya çıkmasında sağlamış olduğu katkı ve desteklerinden ötürü Prof. Dr. Ali Çalışkan'a yürekten teşekkür ederim.

Kaynakça

- [1] M. Berg, M. Kreveld, M. Overmars and O. Schwarzkopf. Computational Geometry Algorithms and Applications, 2000.
- [2] S. İzumiya and T. Sano. Generic affine differential geometry of plane curves., Proceedings of the Edinburgh Mathematical Society 41(02):315 – 324, 1998.

- [3] J.F. Ritt. Theory of functions. Columbia University Press, 1947.
- [4] M. Melkemi and M. Djebali. Computing the shape of a planar points set, Pattern recognition, Volume 33, Issue 9, Pages 1423-1436, 2000.
- [5] A. Kritchevsky. Oriented Areas and the Shoelace Formula, 2018
- [6] A.C. Thompson., Encyclopedia of Physical Science and Technology (Third Edition), 2003.
- [7] N. Unnikrishnan Nair, N. Balakrishnan, in Reliability Modelling and Analysis in Discrete Time, 2018
- [8] A. Bykat. Convex hull of a finite set of points in two dimensions. Inform. Process. Lett., 7:296-298, 1978.
- [9] F. P. Preparata. An optimal real-time algorithm for planar convex hulls. Commun. ACM, 22:402-405, 1979.
- [10] R. Sedgewick and K. Wayne, The textbook Algorithms, 4th Edition.
- [11] <https://www.haberturk.com/ersan-petrol-kahramanmarasa-petrol-rafinerisi-kuracak-1768587-ekonomi>
- [12] <https://best.cheaponline2022.ru/content?c=rafine%20edilmemi%20C5%9F%20ne%20demek&id=27>
- [13] A. Çalışkan and S. Kocabaş, Rafineri İşleminde Dışbükey Gövde Kombinasyonunun Önemi, 4. Uluslararası Harran Kongreleri, 2022



Akımlı ve Akımsız Yöntemlerle Üretilen Ni-P-CNF Kaplamaların Sertlik ve Korozyon Açısından Kıyaslanması

Melisa Köse^{1*}, Buse Yavuz¹, Zeynep Özcan¹, Dilara Uslu¹, Görkem Bulut¹, Sezer Tan¹, Hasan Algül¹, Mehmet Uysal¹

^{1*} Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, melisa.kose1@ogr.sakarya.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, buse.yvuz1@ogr.sakarya.edu.tr

³ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, zeynepozcan338@ogr.sakarya.edu.tr

⁴ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, dilarauslu219@ogr.sakarya.edu.tr

⁵ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, gorkem.bulut@ogr.sakarya.edu.tr

⁶ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, sezertan@sakarya.edu.tr

⁷ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, halgul@sakarya.edu.tr

⁸ Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, mehmetu@sakarya.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1173533)

ATIF/REFERENCE: Köse, M., Yavuz, B., Özcan, Z., Uslu, D., Bulut, G., Tan, S., Algül, H. & Uysal, M. (2022). Akımlı ve Akımsız Yöntemlerle Üretilen Ni-P-CNF Kaplamaların Sertlik ve Korozyon Açısından Kıyaslanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 127-131.

Özet

Akımlı ve akımsız yöntemlerle üretilen Ni-P ve Ni-P-CNF(karbon nanofiber) kaplamalar bu çalışmada sertlik ve korozyon özellikleri açısından kıyaslanmıştır. Son yıllarda oldukça popüler olan elektrolitik(akımlı ve akımsız) kaplamalar kendi içlerinde birçok avantajı da barındırmaktadır. Bu avantajlardan birçok araştırmacı faydalanmış ve literatür zenginliği oluşturmuştur. CNF ile yapılan kaplama çalışmaları ise sınırlıdır. Kaplamalara takviye edilen CNF korozyon direncinde artış sağlamaktadır. Çalışmada korozyon oranı değerleri verilerek bu artış gösterilmiştir. CNF eklenerek elde edilen kaplamaların korozyon oranı akımsız yöntemle kaplanan Ni-P-CNF numunesinde $5,34 \times 10^{-3}$ mpy olarak bulunmuştur. Akımlı kaplamada bu değer bir miktar artışla $15,79 \times 10^{-3}$ 'e yükselmiştir. Akımsız kaplama yöntemi ile üretilen kaplamaların korozyon direnci daha yüksek olmaktadır. CNF'nin etkisini daha iyi anlatabilmek için alaşım olan Ni-P kaplamalarla kıyaslanmıştır. Sonuçlar CNF'nin olumlu etkisini ortaya koymuştur. Çalışmada ayrıca sertlik değerleri de Vickers mikrosertlik alarak kıyaslanmıştır. Sertlik çalışmalarında CNF olumsuz etki göstermiştir. CNF eklenen kaplamalarda sertlik değerleri daha düşük çıkmıştır(akımsızda 521Hv – akımlıda 572Hv). Kaplamalar aynı zamanda X-ışınları difraktometresi (XRD),Taramalı elektron mikroskopu (SEM) ve enerji dağılım spektrometresi (EDS) analizleri ile çalışma desteklenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akımlı kaplama, akımsız kaplama, korozyon direnci, sertlik, kompozit kaplama

Comparison of Ni-P-CNF Coatings Produced by Electrodeposition and Electroless Methods in terms of Hardness and Corrosion

Abstract

Ni-P and Ni-P-CNF (carbon nanofiber) coatings produced by electrodeposition and electroless methods were compared in terms of hardness and corrosion properties in this study. Electrolytic (with and without current) coatings, which have been very popular in recent years, have many advantages in themselves. Many researchers have benefited from these advantages and created a wealth of literature. Coating studies with CNF are limited. CNF reinforced to coatings provides an increase in corrosion resistance. In the study, this increase is shown by giving the corrosion rate values. The corrosion rate of the coatings obtained by adding CNF was found to be 5.34×10^{-3} mpy in the Ni-P-CNF sample coated with the electroless method. In electrodeposition coating, this value increased slightly to 15.79×10^{-3} . The corrosion resistance of the coatings produced by the electroless coating method is higher. In order to better explain the effect of CNF, the alloy Ni-P coatings are compared. The results revealed the positive effect of CNF. In the study, the hardness values were also compared by taking Vickers microhardness. CNF showed a negative effect in hardness studies. Hardness values were lower in the coatings with CNF added (521Hv in electroless – 572Hv in electrodeposition). The coatings were also supported by X-ray diffractometry (XRD), Scanning electron microscopy (SEM) and energy distribution spectrometry (EDS) analyzes.

Keywords: Electrodeposition coating, electroless coating, corrosion resistance, hardness, composite coating

1. Giriş

Akımsız kaplamalar 1944 yılında Brenner ve Riddell tarafından geliştirilmiştir (Tourı & Monırvaghefi, 2020). Otokatalitik olarak da bilinmektedir. Genel anlamda kaplanacak metalin metal tuzu ve bu metal tuzunu indirgeyecek olan indirgeyici kullanılarak yapılmaktadır. Akımsız olarak bilinmesinin sebebi yöntemde elektrik akımının bulunmamasıdır (Huang ve ark., 2010). Kaplama çeşitlerinin arasında bu yöntem özel bir yer kaplamaktadır. Bunun sebebi hem iletken hem de iletken olmayan yüzeylerin kaplanmasıdır. Bu özelliğinin yanı sıra homojen kaplama kalınlığı, yüksek sertlik ve aşınma direnci de yine bu yöntemle fazlasıyla yüksek değerlerde elde edilmektedir. Akımsız nikel kaplamalar denildiğinde ilk olarak Ni-P ve Ni-B kaplamalar gelmektedir. Ni-P kaplamaları birçok parametre doğrudan etkilemektedir. Ancak etkileyen en önemli parametre fosfor miktarıdır (Lelevic & Walsh, 2019). Fosfor miktarı, korozyon direnci, aşınma direnci, sertlik elektriksel iletkenlik ve manyetik özellikler gibi birçok özelliği etkiler (Lelevic & Walsh, 2019). Akımsız kaplamalar literatüre göre amorf ve mikrokristalin yapılar oluşturmaktadır. Bu özelliği ve fosfor ilavesinin etkisi ile Ni-P kaplamalar önemli ölçüde korozyon ve aşınma direncini geliştirebilir (Huang ve ark., 2010).

Akımlı kaplama yöntemi malzeme yüzeyini geliştirmede kullanılan bir diğer yöntemdir. Literatürde "electrodeposition" olarak da bilinmektedir. Nispeten düşük maliyeti, genellikle düşük sıcaklıklarda yapılması ve atmosfer basıncında yapılması bu yöntemi elverişli kılar (Lelevic & Walsh, 2019). Akımlı kaplamanın özel bir avantajı, çok çeşitli metaller, alaşımlar, iletken polimerler ve kompozitler üretimde oldukça kullanışlı olmasıdır. Akımlı kaplama banyosunun bileşimi ve/veya koşulları değiştirilerek kaplamanın görünümü ve özellikleri kolay bir şekilde değiştirilebilir. Saatte on mikron mertebesinde kaplama üretilebilir (Lelevic & Walsh, 2019).

Her iki yöntemde krom (Cr) kaplamalara alternatif kaplamalar geliştirmek için uygulanan yöntemlerdir. Krom kaplamalar havacılık, otomotiv ve endüstride çeliğe karşı düşük sürtünme katsayısı ile birlikte sertlik, korozyon ve aşınma dayanımı sağladığından oldukça tercih edilebilir bir yöntemdir. Ancak geleneksel Cr kaplamalar Cr(VI) içeren sulu bir banyoda yapılır ve bu banyo kaplama esnasında oldukça ciddi sağlık problemlerine yol açmaktadır. Kanserojen etkilere sahip olan bu banyo Avrupa Birliği Tehlikeli Maddelerin Kısıtlanması Direktifi (SCHLESINGER, 2010) ile kısıtlanmıştır. Bu durum bahsedilen kaplama türleri olan Ni-P ve Ni-B kaplamalara olan ilgiyi arttırmıştır. Ancak krom kaplamaların sağladığı özellikleri yakalamak için kompozit kaplamaların uygulanması zaruridir.

Karbon nanofiber (CNF) sağladığı kimyasal ve fiziksel özellikler nedeniyle oldukça kullanışlı bir kaplama takviyesidir. Katalizör olarak kullanılması, elektrot malzemelerde kullanılması ve hidrojen depolamada oldukça etkili bir malzeme olmasından dolayı çok geniş bir kullanım alanı sağlamaktadır (Dhiman ve ark., 2018). CNF bunların yanı sıra kaplamalarda tribolojik ve elektrokimyasal özelliklerini geliştirmede de oldukça etkili bir kompozit takviyesidir. Ancak CNF'nin Ni-P matrisine ilave edilmesi ile ilgili sınırlı sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalardan birinde Gao ve ark. Ni-P matrisine CNF ilave etmiş ve korozyon ve aşınma direncinin arttığını gözlemlemiştir (Gao ve ark., 2015).

Bu çalışmada Ni-P matrisine CNF takviyesi yapılarak kompozit kaplamalar geliştirilmiştir. CNF takviyesinin alaşım Ni-P kaplamalara göre sertlik ve korozyon direnci açısından karşılaştırılması yapılmıştır. İki yöntem olan akımsız ve akımlı

kaplama türleri bu çalışmada kıyaslanmış ve CNF takviyeli kompozit kaplamalarda hangi yöntemin en uygun olduğu tartışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada 6XXX serisi alüminyum altlık üzerine Ni-P ve Ni-P-CNF kaplamalar akımlı ve akımsız olarak uygulanmıştır. Kaplamalar yapılırken akımlı ve akımsız olmak üzere 2 farklı banyo kullanılmıştır. Akımlı kaplamada kesikli akım tekniği tercih edilmiştir. Kaplama süreci başlıca üç aşamadan oluşmaktadır. İlki kaplama öncesi ön işlem, ikinci aşamada kaplama uygulaması ve son olarak üçüncü aşamada ise kaplama sonrası karakterizasyon işlemleri yer almaktadır. Kaplama öncesi işlemde öncelikle altlıklar kesildi ve ardından 120-240-400-600-800-1000 ve 1200'lük zımpara kâğıtları ile zımparalandı. Sonrasında alkali temizleme banyosuna daldırılarak yüzeyde bulunan kir ve yağlar giderildi. Alüminyuma özgülü olan zinkatlama işlemi bu aşamadan sonra yapıldı. Numune önce aside (nitrik, sülfürik ve HCl karışımı) daldırıldı ve ardından ticari olarak alınan zinkat çözeltisine daldırıldı. Bu işlem 2 kez tekrarlandı ve kaplanmak istenen banyolara altlık malzeme daldırıldı.

Tablo örneği aşağıda verilmiştir.

Tablo 1. Akımsız Ni-P-CNF kompozit kaplama banyosu ve çalışma şartları

Kimyasal	Miktar
Nikel Sülfat	220 (g/L)
Laktik Asit	20 (mL/L)
Sodyum Sitrat	20 (g/L)
Sodyum Hipofosfit	12 (g/L)
CNF	0-0,5-1-2 (g/L)
Çalışma Şartları	
Süre	40 dakika
Sıcaklık	88±2
pH	5

Tablo 2. Akımlı Ni-P-CNF kompozit kaplama banyosu ve çalışma şartları

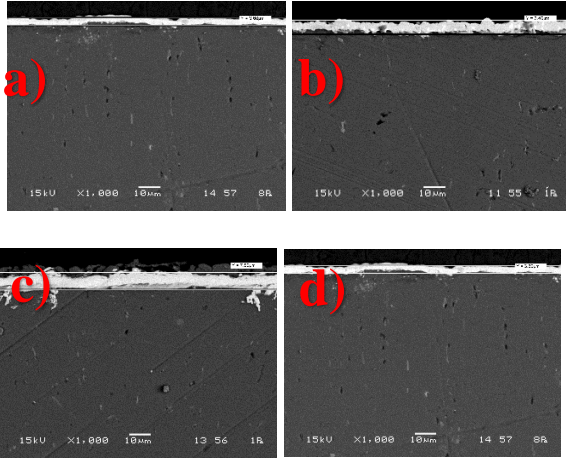
Kimyasal	Miktar
Nikel Sülfat	200 (g/L)
Nikel Klorür	30 (mL/L)
Sodyum Sitrat	140 (g/L)
Sodyum Hipofosfit	10 (g/L)
CNF	0-0,5-1-2 (g/L)
Çalışma Şartları	
Süre	40 dakika
Sıcaklık	60
pH	5
Akım yoğunluğu	10 A/dm ²
İş çevrimi	Ton:50, Toff:50

Üretilen kaplamaların yüzey ve kesit görüntüleri taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi yapılmıştır. X-Işını Kırınımı (XRD) analizlerinde Cu K α :1.54 Å dalga boyu kullanılmıştır. XRD analizlerinden hareketle Scherrer Formülü kullanılarak tane boyut analizi yapılmıştır. Scherrer formülü aşağıda verilmiştir (Patterson, 1939).

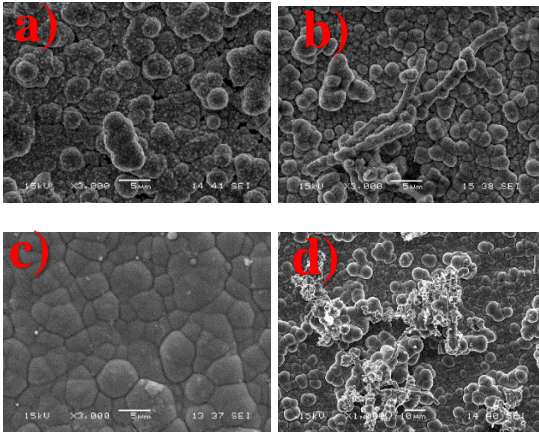
$$D = \frac{0.9\gamma}{\beta \cos \theta}$$

Sertlikler Vickers sertlik ölçüm cihazıyla yapılmıştır. Numuneler kesilmiş, bakalite alınmış ve kesit kısmından kaplama tabakalarının sertlikleri ölçülmüştür. Sertlikler 50-gram yük altında 10 saniye tutularak ölçülmüştür. Elementel analiz yapmak için enerji dağılım spektrometresi (EDS) analizi yapılmıştır. Korozyon testlerinin kinetik parametrelerini ölçmek için tafel polarizasyon çalışması yapıldı. Bu testler %3,5 NaCl solüsyonu ve karşıt elektrot olarak Doymuş Kalomel Elektrot (SCE) kullanılarak yapılmıştır. Çalışma elektrotu ise hazırlanan kaplamalardır.

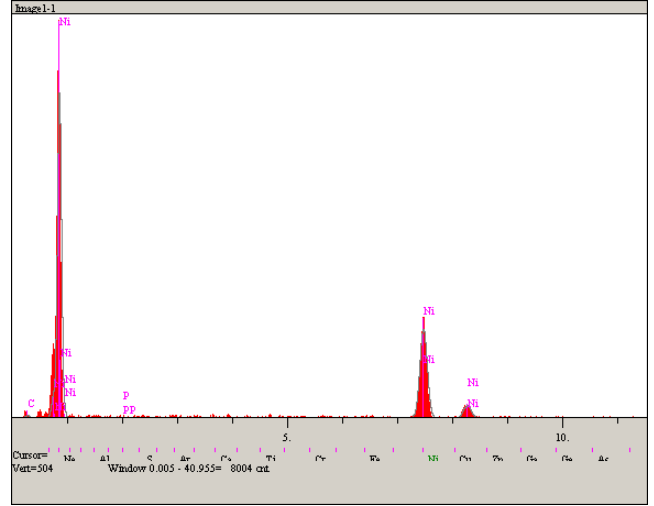
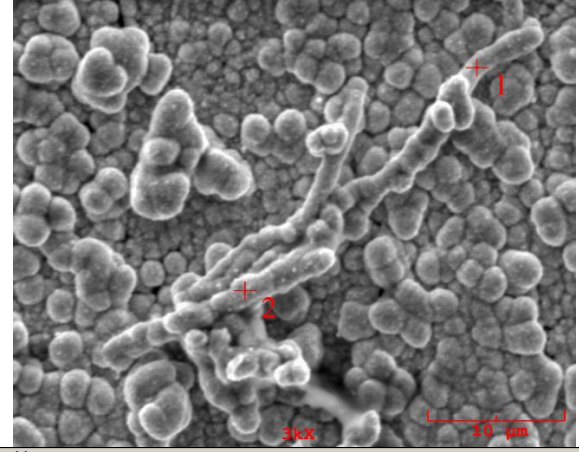
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma



Şekil 1. Akımlı ve akımsız Ni-P/CNF kaplamalara ait kesit görüntüleri; a:akımlı Ni-P, b: akımlı Ni-P-CNF, c: akımsız Ni-P, d: akımsız Ni-P-CNF.



Şekil 2. Akımlı ve akımsız Ni-P/CNF kaplamalara ait kesit görüntüleri; a:akımlı Ni-P, b: akımlı Ni-P-CNF, c: akımsız Ni-P, d: akımsız Ni-P-CNF.

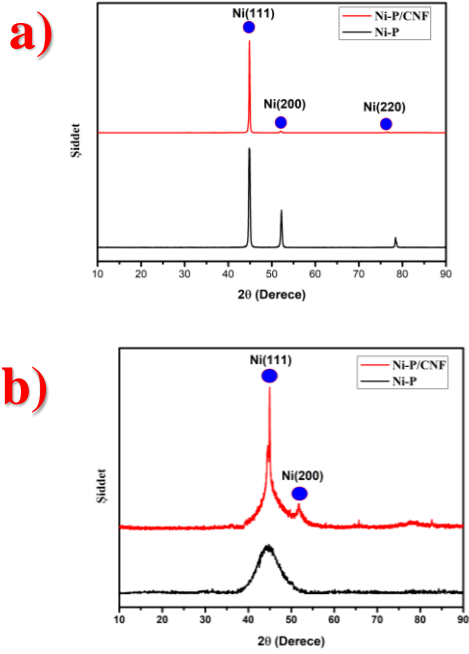


	1 No'lu bölge	2 No'lu bölge
Element	Ağırlıkça Yüzde (%wt)	Ağırlıkça Yüzde (%wt)
C	1.695	1.942
P	0.139	0.231
Ni	98.166	97.829
	100.000	100.000

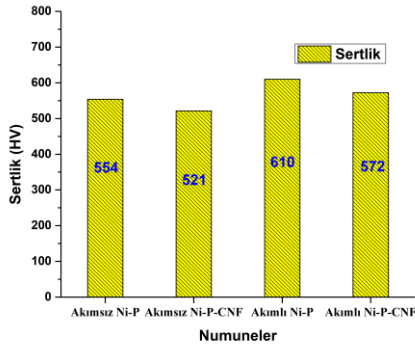
Şekil 3. Akımlı kaplama yöntemiyle üretilen Ni-P/CNF kaplamaya ait EDS analizi.

Tablo 3. Akımlı ve akımsız yöntemle üretilen Ni-P ve Ni-P-CNF kaplamaların tane boyut analizleri

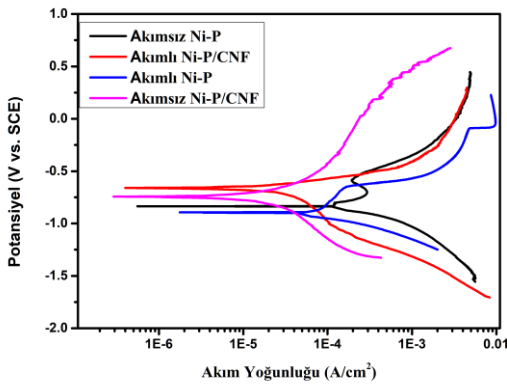
Numune	Tane boyutu
Akımlı Ni-P-CNF	12 nm
Akımsız Ni-P-CNF	18 nm
Akımlı Ni-P	20 nm
Akımsız Ni-P	23 nm



Şekil 4. Akımlı ve akımsız yöntemle üretilen Ni-P/CNF kaplamalara ait X-ışınları difraktometresi(XRD), a) Akımlı yöntemle üretilen kaplamalar, b) Akımsız yöntemle üretilen kaplamalar.



Şekil 5. Akımlı ve akımsız Ni-P/CNF kaplamalara ait sertlik grafiği.



Şekil 6. Akımlı ve akımsız Ni-P/CNF kaplamalara potansiyodinamik polarizasyon (Tafel) eğrileri.

Tablo 4. Akımlı ve akımsız yöntemle üretilen Ni-P ve Ni-P-CNF kaplamaların korozyon oranları

Numune	Korozyon Oranı(mpy)
Akımsız Ni-P/CNF	$5,334 \times 10^{-3}$
Akımlı Ni-P/CNF	$15,79 \times 10^{-3}$
Akımsız Ni-P	$33,2 \times 10^{-3}$
Akımlı Ni-PCNF	$51,7 \times 10^{-3}$

Şekil 1. Akımsız ve akımlı kaplama yöntemle kaplanan Ni-P/CNF kaplamalara ait kesit görüntülerini göstermektedir. Kaplama tabakası içerisine CNF partiküllerinin ilavesi ile akımlı yöntemle üretilen kaplamalarda kaplama kalınlığı 11.3 mm'den yaklaşık olarak 7mm'ye gerilemiştir. Aynı durum akımsız yöntemle üretilen kaplamalar içinde geçerlidir. Burada ise 7.8 mm'den yaklaşık olarak 3mm'ye gerilemiştir. CNF ilavesinin kaplama kalınlığını azaltmasının sebebi fiziksel bir bariyer oluşturmasıdır. Kaplama birikim hızı yavaşlar ve kaplama kalınlığı düşer. Benzer sonuç Ni-Co-TiO₂ nanokompozit kaplamalar üzerinde çalışma yapan Borkar ve Harimkar (Borkar & Harimkar, 2011) tarafından da rapor edilmiştir. Kesit görüntüleri incelendiğinde CNF ilavesinin kaplama tabakasında daha fazla pürüzlü yüzeyler oluşturduğu net bir biçimde görülmektedir.

Şekil 2. akımlı ve akımsız şekilde üretilen Ni-P/CNF kaplamalara ait SEM yüzey görüntülerini temsil etmektedir. Yüzey görüntüleri b ve d'ye bakıldığında uzun ipliksi yapılar CNF takviyesine aittir. Bu yapı literatürde tanımlanan CNF yapısına uygundur. B ve d görüntülerine bakıldığında CNF üzerinde matris içeriği olan Ni-P alaşım tanelerinin birikimi net bir biçimde görülebilir. CNF içeriğinin ilave edilmesi daha ince matris yapısına yol açmıştır. CNF üzerinde aynı zamanda çekirdeklenen tanelere bakıldığında yine daha ince Ni-P alaşım tanelerinin çekirdeklendiği görülmektedir. Bu çekirdeklenme sonucu yüzey morfolojisinin granüler hale geldiği söylenebilir.

Şekil 3. Akımlı yöntemle üretilen Ni-P/CNF kaplamaya ait olan EDS analizini göstermektedir. Şekil 2'de bahsedildiği gibi ipliksi yapılar CNF'ye aittir. Bu CNF'ler üzerinde çekirdeklenen Ni-P yapısının ispatı burada verilmiştir. EDS analizinden elde edilen sonuçlara göre Ni ve P oranı CNF üzerinde oldukça fazladır. Karbon (C) oranının düşük çıkmasının sebebi yeni çekirdekleme bölge olarak görev yapmasıdır. CNF'nin etrafında sarmal şekilde Ni ve P birikmesi EDS analizi sırasında X-ışınlarının buradan sayım almasına sebep olmuştur. C oranı ise iç bölgede kalan CNF'den gelen C oranıdır.

Şekil 4. Akımlı ve akımsız kaplamalara ait XRD analizlerini göstermektedir(a:Akımlı Ni-P ve Ni-P-CNF, b:Akımsız Ni-P ve Ni-P-CNF). Her iki XRD şekline bakıldığında $2\theta = 44^\circ$ 'deki pikler Ni(111)'e aittir. Akımlı kaplamaya ait olan "a" şeklindeki yapı literatürle uyumlu şekilde "Kristal yapı" olarak tarif edilen yapıya aittir. Marva ve ark. Yaptıkları akımlı kaplama kaplama çalışmasında yapının kristalin olduğunu göstermişlerdir (Fathy ve ark., 2014). Yine akımlı kaplamaya ait olan "a" şekline bakıldığında Ni(200) ve Ni(220) piklerinin CNF takviyesi ile kaybolduğu görülmektedir. Bunun sebebi CNF ilavesi ile nikel oranının hacimce azalması olabilir. Aynı zamanda CNF ilavesi ile nikel atomları sadece belirli bir yönde büyümüştür(Ni(111)). Şekil 4b ise akımsız yöntemle üretilen Ni-P ve Ni-P/CNF kaplamalara ait olan kaplamaların XRD analiz sonuçlarını

göstermektedir. Burada $2\theta=44^\circ$ 'te nikel aitt olan Ni(111) pik mevcuttur. CNF ilavesi sonrasında $2\theta=52^\circ$ 'de Ni(200) zirvesi boy vermiştir. CNF takviyesi ile oldukça yayvan ve geniş açılı olan $2\theta=44^\circ$ 'deki pikin şiddeti artmış ve daha düşük açı aralığına daralmıştır. Bu mikroyapısal bir dönüşüme işaretler. CNF ilavesi amorf olan Ni-P mikroyapısını mikrokristalin hale getirmeye başlamıştır. Bunun sebebi CNF'lerin çekirdekleyici etkisidir. CNF'ler üzerinde kristallenen nikel atomları CNF boyunca belirli bir düzen içinde kristallenmeye başlamış ve düzensiz formdan düzenli forma geçiş yapmaya başlamıştır. Yapı bu yüzden CNF ilavesi ile mikrokristalin hale gelmektedir.

Şekil 5. Akımlı ve akımsız yöntemle üretilen Ni-P/CNF kaplamalara ait Vickers sertlik değerlerini temsil etmektedir. Akımsız ve akımlı yöntemle üretilen alaşım Ni-P kaplamaların sertlikleri CNF takviyesi ile elde edilen kompozit kaplamalara kıyasla daha yüksektir. Akımsız kaplamalarda alaşım Ni-P kaplamalarının sertliği 554Hv iken CNF takviyesi sonrasında 521Hv'ye düşmüştür. Aynı durum akımlı yöntemle üretilen alaşım ve kompozit kaplamalar içinde geçerlidir. Alaşım Ni-P kaplamasının sertliği 610 Hv iken, CNF takviyesi ile elde edilen kompozit kaplamasının sertliği 572 Hv'ye düşmüştür. Bu düşüşlerin sebebi CNF takviyesinin oluşturduğu gözenekliliktir. CNF'ler arasında ve çekirdeklendikleri bölgelerde matris ile belirli bir boşluğa sebep olur. Doğal olarak bu durum sertliğin düşmesine yol açar.

Şekil 6. Akımlı ve akımsız yöntemlerle üretilen Ni-P ve Ni-P/CNF kaplamalara ait olan potansiyodinamik polarizasyon(tafel) eğrilerini göstermektedir. Bu eğriler korozyon oranı hakkında bilgiler vermektedir. En düşük akım yoğunluğu ve en yüksek potansiyele sahip olan eğrinin korozyon oranı en düşük çıkmaktadır. CNF ilavesi ile potansiyel değerleri pozitif bölgeye yaklaşmış ve devreden geçen akım yoğunluğu en düşük seviyeye inmiştir. CNF takviyeli akımlı ve akımsız kaplamalar en düşük korozyon oranına sahiptir($5,33 \times 10^{-3}$, $15,79 \times 10^{-3}$). CNF'lerin korozyon oranını düşürmesinin sebebi pasif bir tabaka oluşturarak oksijen geçirgenliğini azaltabilmesine ve matris ve elektrolit(çözelti) arasındaki elektron ve iyon taşınımını koruyabilmesine atfedilebilir(Promphet ve ark., 2017). Akımsız kaplamalarda daha iyi korozyon direncinin çıkmasının sebebi ise tane boyutunun akımlı kaplamalara kıyasla daha büyük olmasıdır. Bu tane boyutları tablo 3'te verilmiştir. Tane sınırlarının artması ile Cl⁻ difüzyonu daha kolay bir biçimde kaplama tabakasını geçerek ana malzemeye ulaşabilir. Bu nedenle akımsız kaplamalar daha iyi korozyon direnci sağlamaktadır(Sahoo & Das, 2011).

Tablo 4. Tafel eğrilerinden elde edilen korozyon oranlarını göstermektedir. Tablodan görüldüğü gibi en iyi aşınma oranına sahip olan numune $5,334 \times 10^{-3}$ mpy ile akımsız yöntemle üretilen Ni-P/CNF kaplamaya aittir. Bu numuneden sonra korozyon oranı en düşükten yükseğe doğru sıralama şu şekildedir; akımlı Ni-P-CNF, akımsız Ni-P, akımlı Ni-P ve bu numunelerin korozyon oranı değerleri sırasıyla $15,79 \times 10^{-3}$, $33,2 \times 10^{-3}$, $51,7 \times 10^{-3}$ mpy olarak ölçülmüştür.

4.Sonuç

Çalışmadan elde edilen çıkarımlar genel olarak şu şekilde özetlenebilir:

Sertlik açısından kıyaslama yapıldığında akımlı yöntemle üretilen kaplamaların sertliği daha yüksek çıkmıştır.

Korozyon direnci istenen ortamlarda CNF kaplamaların akımsız yöntemle üretilmesi daha tercih edilebilir olmaktadır. CNF ilavesi tabaka oluşturarak oksijen geçirgenliğini azaltmaktadır ve elektron ve iyon transferini koruyabilmektedir.

CNF ilavesi tane mikroyapıdaki tane boyutunu inceltici etki göstermektedir ancak bu durum sertliğe aynı doğrultuda yansımamaktadır. Bunun sebebi iplikli yapıda olan CNF'lerin yarattığı boşluklu yapılardan kaynaklanmaktadır.

5.Teşekkür

Çalışmamızı yapma imkanı sağlayan Sakarya Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümüne teşekkür ederiz.

Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Tübitak 116M998 numaralı projeye desteklerinden dolayı teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Borkar, T., & Harimkar, S. P. (2011). Effect of electrodeposition conditions and reinforcement content on microstructure and tribological properties of nickel composite coatings. *Surface and Coatings Technology*, 205(17–18), 4124–4134. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2011.02.057>
- Dhiman, M. K., Kumar, M., Ram, M., & Sharma, S. (2018). Investigation of Hardness of Electroless Ni-P-CNF Composite Coatings. 6(2), 238–245.
- Fathy, M., Kashyout, A. E. H. B., Elyamny, S., Roston, G. D., & Bishara, A. A. (2014). Effect of CdCl₂ concentration and heat treatment on electrodeposited nano-crystalline CdS thin films from non-aqueous solution. *International Journal of Electrochemical Science*, 9(11), 6155–6165.
- Gao, Z., Zhao, S., Wang, Y., Wang, X., & Wen, L. (2015). Corrosion behavior and wear resistance characteristics of electroless Ni-P-CNTs plating on carbon steel. *International Journal of Electrochemical Science*, 10(1), 637–648.
- Huang, H. C., Chung, S. T., Pan, S. J., Tsai, W. T., & Lin, C. S. (2010). Microstructure evolution and hardening mechanisms of Ni-P electrodeposits. *Surface and Coatings Technology*, 205(7), 2097–2103. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2010.08.115>
- Lelevic, A., & Walsh, F. C. (2019). Electrodeposition of Ni[sbnd]P alloy coatings: A review. *Surface and Coatings Technology*, 369(March), 198–220. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2019.03.055>
- Patterson, A. L. (1939). The scherrer formula for X-ray particle size determination. *Physical Review*, 56(10), 978–982. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.56.978>
- Promphet, N., Rattanawaleedirojn, P., & Rodthongkum, N. (2017). Electroless NiP-TiO₂ sol-RGO: A smart coating for enhanced corrosion resistance and conductivity of steel. *Surface and Coatings Technology*, 325, 604–610. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2017.07.018>
- Sahoo, P., & Das, S. K. (2011). Tribology of electroless nickel coatings - A review. *Materials and Design*, 32(4), 1760–1775. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2010.11.013>
- SCHLESINGER, M. (2010). Modern electroplating.
- Touri, S., & Monirvaghefi, S. M. (2020). Fabrication and characterization of functionally graded Ni-P electroless coating with variable properties along the surface of the coating. *Materials Today Communications*, 24(April), 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.mtcomm.2020.101203>



Recalculation of Lost Information in Neuron with Quadratic Spline Interpolation

Vedat Burak Yuçedag^{1*}, Ilker Dalkiran²

^{1*} Department of Electrical and Electronics Engineering, Erciyes University, Kayseri-TURKEY, (ORCID: 0000-0002-5397-8091), vedatburakyucedag@erciyes.edu.tr

² Department of Electrical and Electronics Engineering, Erciyes University, Kayseri-TURKEY, (ORCID: 0000-0003-2448-3556), ilkerd@erciyes.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1166055)

ATIF/REFERENCE: Yuçedag, V. B. & Dalkiran, I. (2022). Recalculation of Lost Information in Neuron with Quadratic Spline Interpolation. *European Journal of Science and Technology*, (40), 132-137.

Abstract

The main function of neurons in a living creature is to transmit information. Neurons carry out information transmission without loss despite environmental and internal noise sources. However, sometimes there may be losses in the transmission of information. This results in diseases such as Alzheimer's, MS, and Epilepsy. In this study, the information lost in neurons is recalculated with the Quadratic Spline Interpolation method. In cases where it is difficult or impossible to calculate a function, the process of calculating the corresponding value of an unmeasured variable is called interpolation. In this study, first of all, three sample neuron behaviours are created with the Fitzhugh-Nagumo model, and the action potential and recovery parameter variables are obtained. Then, some data in the variables are deleted, resulting in unhealthy neuron behaviour. Then, these deleted data are recalculated using the Quadratic Spline Interpolation method. Various error values are obtained by comparing the actual and calculated data. The data lost in the action potential-recovery variable are detected with a very low error rate of 0.2630-0.0524%, 0.2885-0.0165% and 0.2543-0.0781% for the three sample neuron behaviours, respectively. With this study, it has been demonstrated that information lost or incorrectly coded in neurons for any reason can be corrected. It is also understood that this study can be used to prevent losses in real-time measurement results from biological neurons and to recalculate erroneous values.

Keywords: Quadratic Spline Interpolation, Cubic Spline Interpolation, FitzHugh-Nagumo, Hodgkin-Huxley, Neuron Model

İkinci Dereceden İnterpolasyon ile Nöronda Kayıp Bilginin Yeniden Hesabı

Öz

Canlılarda nöronların temel görevi bilgi iletimidir. Nöronlar çevresel ve içsel gürültü kaynaklarına rağmen bilgi iletimini kayıpsız olarak gerçekleştirirler. Fakat kimi zaman bilgi iletiminde kayıplar meydana gelebilir. Bu durum Alzheimer, MS, Epilepsi gibi hastalıklar ile sonuçlar. Bu çalışmada nöronlarda kaybolan bilgi İkinci Dereceden Şerit İnterpolasyon yöntemi ile yeniden hesaplanması sağlanmıştır. Bir fonksiyonun hesaplanmasının zor veya mümkün olmayan durumlarda, değeri ölçülmemiş bir değişkenine karşılık gelen değerinin hesaplanması işlemine interpolasyon adı verilir. Bu çalışmada öncelikle Fitzhugh-Nagumo model ile üç örnek nöron davranışı oluşturulmuş ve aksiyon potansiyeli ile toparlanma parametresi değişkenleri elde edilmiştir. Ardından değişkenlerdeki bazı veriler silinerek sağlıklı bir nöron davranışı sağlanmıştır. Daha sonra İkinci Dereceden Şerit İnterpolasyon yöntemi kullanılarak silinen bu veriler yeniden hesaplanmıştır. Gerçek ve hesaplanan veriler karşılaştırılarak çeşitli hata değerleri elde edilmiştir. Aksiyon potansiyeli-toparlanma parametresinde kaybolan veriler, üç örnek nöron davranışı için sırasıyla %0.2630-%0.0524, %0.2885-%0.0165 ve %0.2543-%0.0781 gibi çok düşük bir hata oranıyla tespit edilir. Bu çalışma ile nöronlarda herhangi bir sebepten dolayı kaybolan veya yanlış kodlanan bilgi düzeltilebilir olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca bu çalışmanın biyolojik nöronlardan gerçek zamanlı ölçüm sonuçlarındaki kayıpları önlemek ve hatalı değerleri yeniden hesaplamak için kullanılabileceği anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: İkinci Dereceden İnterpolasyon, Kübik İnterpolasyon, FitzHugh-Nagumo, Hodgkin-Huxley, Nöron Model

* Corresponding Author: vedatburakyucedag@erciyes.edu.tr

1. Introduction

In order to understand the behaviour and activities of nerve cells that transmit signals produced in the brain to the organs, many biological neuron models have been developed and expressed with various mathematical equations (FitzHugh 1961; Hindmarsh and Rose 1984; Hodgkin and Huxley 1952; Izhikevich 2003; Morris and Lecar 1981). The common goal of the scientists who presented their studies to the literature until today is to realize the closest and most accurate approach to the action potential diversity produced by biological nerve cells. In this context, in 1952, Alan Lloyd Hodgkin and Andrew Fielding Huxley presented the Hodgkin-Huxley (HH) nerve cell model, which is their joint work, to the literature. In this model, the ionic mechanism of the nerve cell is explained. The electric current created by this ionic flux on the membrane surface was concerned. This model, which describes the behaviour of the biological nerve cell in detail, depends on many parameters because it is comprehensive (4-dimensional) (Hodgkin and Huxley 1952). The simplified version of the Hodgkin-Huxley Model (HH) was expressed as the FitzHugh-Nagumo Model (FHN). The FHN is an example of a relaxation oscillator and has an external exciter input. This 2-dimensional model cannot generate explosive action potentials (FitzHugh 1961; Nagumo, Arimoto, and Yoshizawa 1962). Another two-dimensional neuron model was presented in the literature by Cathy Morris and Harold Lecar. The model mathematically revealed the action potential using calcium and potassium ion channels. The Morris-Lecar Model, as a conductivity-based model, has become popular among scientists working on neurology (Morris and Lecar 1981). Working with Action Potential-Explosive Action Potential (spike-burst), J. L. Hindmarsh and R. M. Rose modelled the nerve cell in 1984 with 3 differential equations. Studies on the Hindmarsh-Rose Model such as bifurcation analysis, synchronization, chaos, and hardware solutions are available in the literature (Hindmarsh and Rose 1984).

The main task of neurons is to transmit information. As a result of electrical and chemical processes, this communication takes place through the Action Potential (Purves et al. 2019). Despite environmental and internal noises, information transmission in a healthy neuron is lossless. However, an unhealthy neuron is affected by noises, and the information from the previous neuron is transferred to another in a lossy way (Kang et al. 2020; Nakamura and Tateno 2019). This situation results in the formation of neurological diseases such as Epilepsy, Alzheimer's and MS (Li et al. 2020). If the lost information is recalculated, it may be possible to reduce the effects of diseases and even cure them. In addition, studies on biological neurons may have losses or erroneous measurements during real-time measurement. In cases where it is difficult or impossible to calculate any function, the process of calculating the value of the function corresponding to an unmeasured variable x is called interpolation (Lunardi and Scuola normale Superiore (Italy) 2009; Werner 1984). Lost, incorrectly coded and incorrectly measured information can be determined by interpolation methods such as Linear, Lagrange, Newton, Chebyshev, etc (Blu, Thévenaz, and Unser 2004; Effenberger and Kressner 2012; Sauer and Xu 1995). Interpolation is used as a solution method in the fields of geographic information systems, digital modems, digital image processing, signal processing, statistics and engineering optimization (Gardner 1993; Keys 1981; Koziel, Bandler, and Madsen 2006; Narang, Gadde, and Ortega 2013; Polytechnica and

Eng 1999; Prof et al. 2014; Schafer and Rabiner 1973; Scheuerer 2009). In this study, the FHN neuron model was preferred. Firstly, a numerical solution of a healthy FHN neuron was performed. From the results obtained, the univalent action potential values of the number of steps were extracted. In this way, information losses were created. Then, the missing information was calculated using Quadratic Spline Interpolation and compared with known values. This study is the first in the literature in terms of recalculating the data lost in the action potential using the interpolation method.

In the second part of this study, the numerical solution of the FHN neuron model and the Quadratic Spline interpolation method are explained. In the third chapter, the generation of losses in the action potential and the calculation of the loss values by interpolation are included. In Chapter 4, the results obtained are discussed. In the last section, the results of the study are summarized.

2. Material and Method

2.1. FitzHugh-Nagumo Neuron Model

Although the FHN neuron model has poor biological accuracy, it has a wide place in the literature because of the relaxation oscillator example and its simple structure. The FHN model is expressed by two sets of differential equations (FitzHugh 1961; Nagumo, Arimoto, and Yoshizawa 1962):

$$\begin{aligned} \frac{dv}{dt} &= d * \left(c \left(v - u + I_s - \frac{v^3}{3} \right) \right) \\ \frac{du}{dt} &= \frac{v - bu + a}{c} \end{aligned} \tag{1}$$

Here v represents the membrane potential of the nerve cell, u represents the recovery parameter, I_s represents the external current applied to the cell membrane. Parameters a, b, c have fixed values. d is the scaling coefficient (FitzHugh 1961; Nagumo, Arimoto, and Yoshizawa 1962). Three FHN neuron dynamics were created by determining various parameters. The parameters are given in Table 1 and the waveforms resulting from the numerical solution are given in Fig 1. In numerical analysis, the 4th Degree Runge-Kutta method was used. The number of steps was $N = 600$, the step size was $h = 0.01$, and the initial values were $(v_0; w_0) = (-2,0000; 1,1638)$ for the three samples.

Table 1. Parameter values for three samples created

FHN Model	FHN-Sp1	FHN-Sp2	FHN-Sp3
a	0,07	0,2	0,35
b	0,08	0,1	0,4
c	0,5	2	2,5
I_s	0,15	0,05	0,75
d	10	10	10

2.2. Quadratic Spline Interpolation

In cases where it is difficult or impossible to calculate the $f(x)$ function, the process of calculating the value of the $f(x)$ function corresponding to an unmeasured variable x is called interpolation (Lunardi and Scuola normale Superiore (Italy) 2009; Werner 1984). In this method, the points where the function is

defined are called "interpolation points". Determining the intermediate value by using higher-order interpolation functions in cases where the function does not change linearly is called nonlinear interpolation. Quadratic Spline Interpolation is a nonlinear method. As shown in Fig 2, interpolation is done by finding quadratic functions between the interpolation points. For

all data points, a quadratic polynomial is derived between these data points.

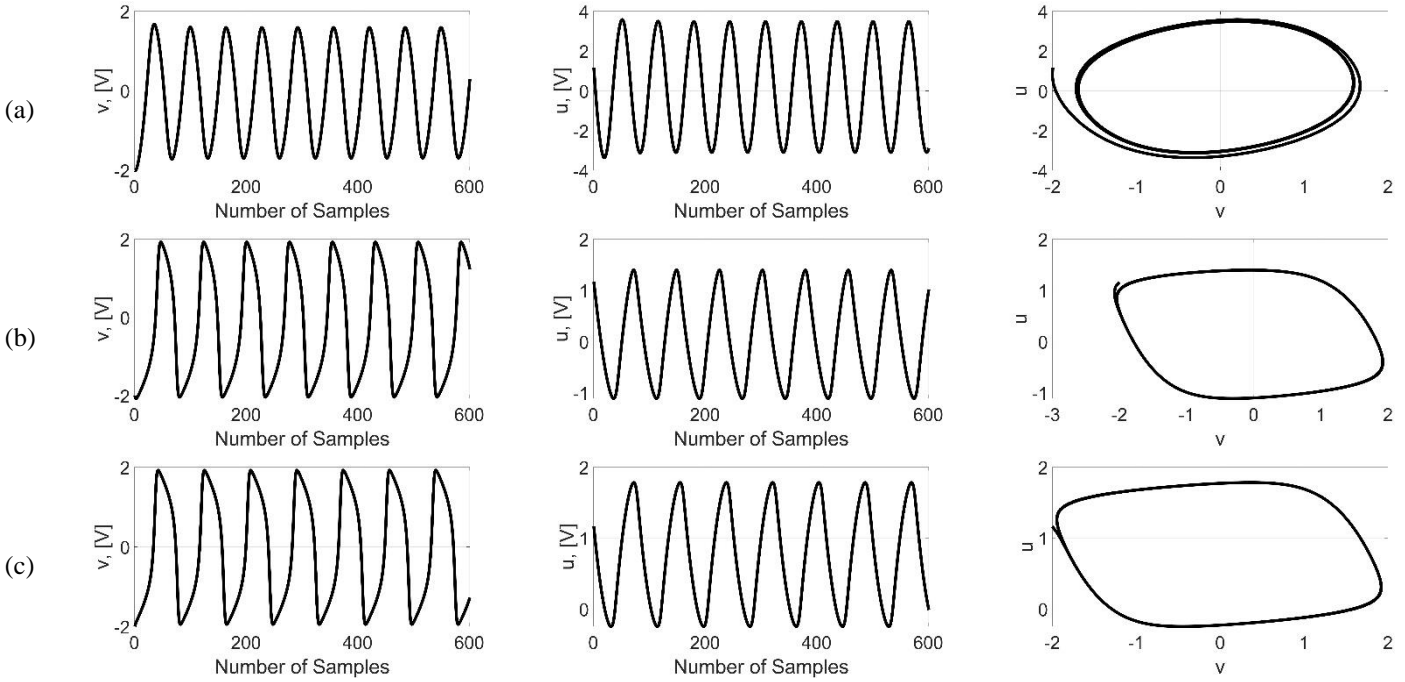


Figure 1. Using the 4th Degree Runge-Kutta method of the FHN neuron model, numerical solution waveforms, first column membrane potential, second column recovery parameter, third column v-u phase portraits a) example 1, b) example 2, c) example 3

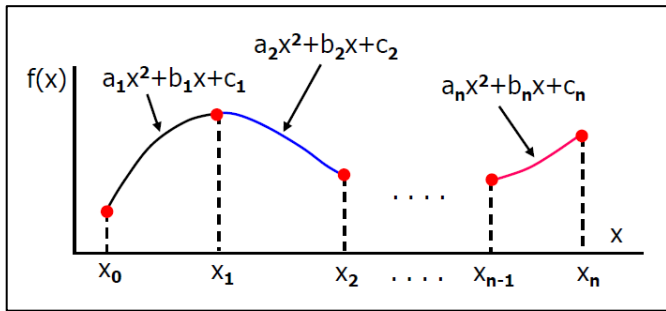


Figure 2. Quadratic Spline interpolation functions

Here, each point is connected by a quadratic function. For $(N + 1)$ data points, there are N strips and $3N$ unknown constants. In order to determine the constants, $3N$ equations must be solved. In $3N$ equations, representing the start and end points,

$$\begin{aligned} a_1x_0^2 + b_1x_0 + c_1 &= f(x_0) \\ a_Nx_N^2 + b_Nx_N + c_N &= f(x_N) \end{aligned} \quad (2)$$

Two equations, representing points in the interior region,

$$\begin{aligned} i &= 2,3,4, \dots, N \\ a_{i-1}x_{i-1}^2 + b_{i-1}x_{i-1} + c_{i-1} &= f(x_{i-1}) \\ a_1x_{i-1}^2 + b_1x_{i-1} + c_1 &= f(x_{i-1}) \end{aligned} \quad (3)$$

$2N - 2$ equations, the 1st derivatives of these functions must be equal, and in this case,

$$\begin{aligned} i &= 1,2,3, \dots, N \\ 2a_{i-1}x_{i-1} + b_{i-1} &= 2a_ix_{i-1} + b_i \end{aligned} \quad (4)$$

There are $N - 1$ equations. In addition, one constant must be determined beforehand in order to find all the constants. It is set to $a_1 = 0$. Then, by solving all these equations, the values of a_i, b_i, c_i being $i = 1,2,3, \dots, N$ are found and quadratic equations between both points are obtained. The function $f(x)$ corresponding to any value of x can be found.

2.3. Error Calculation

Various error values were calculated to compare the results obtained as a result of the FHN numerical solution with the values calculated by the Quadratic Spline interpolation method. These errors are Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE), Root Mean Square Error (RMSE), and Normalized Root Mean Square Error (NRMSE).

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |v_i^{original} - v_i^{interpolation}| \quad (5)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^{original} - v_i^{interpolation})^2 \quad (6)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^{original} - v_i^{interpolation})^2} \quad (7)$$

$$NRMSE = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (v_i^{original} - v_i^{interpolation})^2}}{(v_{i,max}^{original} - v_{i,min}^{original})} \quad (8)$$

3. Results and Discussion

The $v - u$ variables obtained in the second chapter will be used to examine the Quadratic Spline Interpolation method. Let

Table 2. Some of the known $v - u$ values corresponding to $t = 1,3,5, \dots, N - 1$

	N	1	3	5	...	595	597	599
FHN-Sp1	$v [V]$	-1,9936	-1,9213	-1,8021	...	-0,6193	-0,3414	-0,0372
	$u [V]$	0,3662	-0,3901	-1,0844	...	-3,0278	-3,0946	-3,0446
	N	1	3	5	...	595	597	599
FHN-Sp2	$v [V]$	-2,0750	-2,0518	-2,0018	...	1,5836	1,4796	1,3634
	$u [V]$	0,9680	0,7726	0,5830	...	0,5568	0,7236	0,8779
	N	1	3	5	...	595	597	599
FHN-Sp3	$v [V]$	-1,9059	-1,8372	-1,7734	...	-1,5136	-1,4393	-1,3599
	$u [V]$	1,0014	0,8501	0,7088	...	0,2478	0,1513	0,0639

Table 3. Some of the coefficients a, b and c were obtained as a result of the Quadratic Spline Interpolation method

FHN-Sp1	v	a_2	a_{150}	a_{250}	b_{25}	b_{185}	b_{250}	c_{40}	c_{260}	c_{299}
		0,0165	0,0053	0,0057	1,2403	10,0994	-5,8044	74,2632	4068,9564	0,4642
FHN-Sp1	u	a_{80}	a_{150}	a_{173}	b_{133}	b_{260}	b_{282}	c_{175}	c_{274}	c_{297}
		0,0094	-0,0067	0,0115	-1,31636	-11,2890	12,9067	754,5496	786,5849	3418,4125
FHN-Sp2	v	a_2	a_{150}	a_{250}	b_{25}	b_{185}	b_{250}	c_{40}	c_{260}	c_{299}
		0,0246	-0,0029	0,0230	1,5628	14,8896	-22,7138	134,9728	-315,8449	1,2104
FHN-Sp2	u	a_{80}	a_{150}	a_{173}	b_{133}	b_{260}	b_{282}	c_{175}	c_{274}	c_{297}
		0,000628	-0,0039	0,0063	-1,7969	2,0815	-1,6732	881,2019	334,3197	-540,3704
FHN-Sp3	v	a_2	a_{150}	a_{250}	b_{25}	b_{185}	b_{250}	c_{40}	c_{260}	c_{299}
		-0,0022	0,0025	0,0256	-0,1871	-51,7809	-25,5614	-14,3591	6912,2	-14775
FHN-Sp3	u	a_{80}	a_{150}	a_{173}	b_{133}	b_{260}	b_{282}	c_{175}	c_{274}	c_{297}
		0,000143	-0,00015	0,000055	-0,0130	-0,1513	-0,2246	6,4370	44,1310	-8,6863

By using the constants $a_i, b_i, c_i, i = 1,2,3, \dots, N$ obtained by using the Quadratic Spline Interpolation method, quadratic equations are obtained between both points. By using the equations, the normally unknown $v - u$ variables corresponding to $t = 2,4,6, \dots, N$ are calculated. Some of these values are expressed in Table 4. In addition, the calculated 300 unknown action potential values and the waveforms of the known values are given in Figure 3. The actual values for $t = 2,4,6, \dots, N$ of the FHN neuron model are shown with a red asterisk marker. In addition, the values calculated by the Quadratic Spline Interpolation method for $t = 2,4,6, \dots, N$ are expressed with a black round marker. When Figure 3 is examined, it is understood that the values are similar to each other.

Here, MAE, MSE, RMSE and NRMSE are used as error calculations. Obtained error values are given in Table 5. All values are expressed as percentages. Considering the NRMSE, it is seen

there be a situation where $v - u$ values corresponding to $t = 1,3,5, \dots, N - 1$ value is known but $v - u$ variables corresponding to $t = 2,4,6, \dots, N$ value is not known. That is, there are $N/2 = 300$ values and the corresponding is known $v - u$ values. These values are given in Table 2.

900 equations are obtained by using two equations, equation 2, which defines the start and end points, equation 3 for intermediate values, and equation 4, which defines the case where the first derivatives are equal to each other. Using MATLAB, all equations are solved and quadratic equations between both points are obtained. Some of the coefficients determined for $v - u$ variables are given in Table 3.

that the error values for all samples are quite low. With the Quadratic Spline Interpolation method, the unknown action potential and recovery parameter values in the neuron were calculated with high accuracy. When Table 4 is examined, it has been observed that as N increases, unknown values are calculated with lower error values and results close to the original value are obtained. As stated in the Quadratic Spline Interpolation method equations 3 and 4, the previous values are also taken into account when calculating the a, b, c coefficients. Therefore, as N increases, the solution of the function is closer to the correct value as the coefficients are calculated with low error.

The calculated error values expressed in Table 5 are quite small. This showed that the Quadratic Spline Interpolation method can be used in the calculation of missing data in the neuron. However, it is understood that the recovery parameter u is calculated with a much lower error value than the membrane potential v . When NRMSE values are compared, v for SHN-Sp1

was calculated with an error of 0.2630%, while u was calculated with an error of 0.0524%. This difference is directly related to the waveform. v has a unique waveform, while u is more like a sinusoidal signal. Since the interpolation method is created with 2nd order equations, signals with sinusoidal-like waveforms are expected to be calculated with less error. Although there is some difference between the error values in the calculation of v and u , both variables were calculated with high accuracy.

Table 5. Calculated error values for the three samples generated

FHN-Sp1	MAE	MSE	RMSE	NRMSE
	v	0,0097	0,00009346	0,0097
u	0,0036	0,00001318	0,0036	0,0524

FHN-Sp2	MAE	MSE	RMSE	NRMSE
	v	0,009000	0,000132800	0,011500
u	0,000342	0,000000172	0,000413	0,0165

FHN-Sp3	MAE	MSE	RMSE	NRMSE
	v	0,0081	0,00009685	0,0098
u	0,0016	0,00000251	0,0016	0,0781

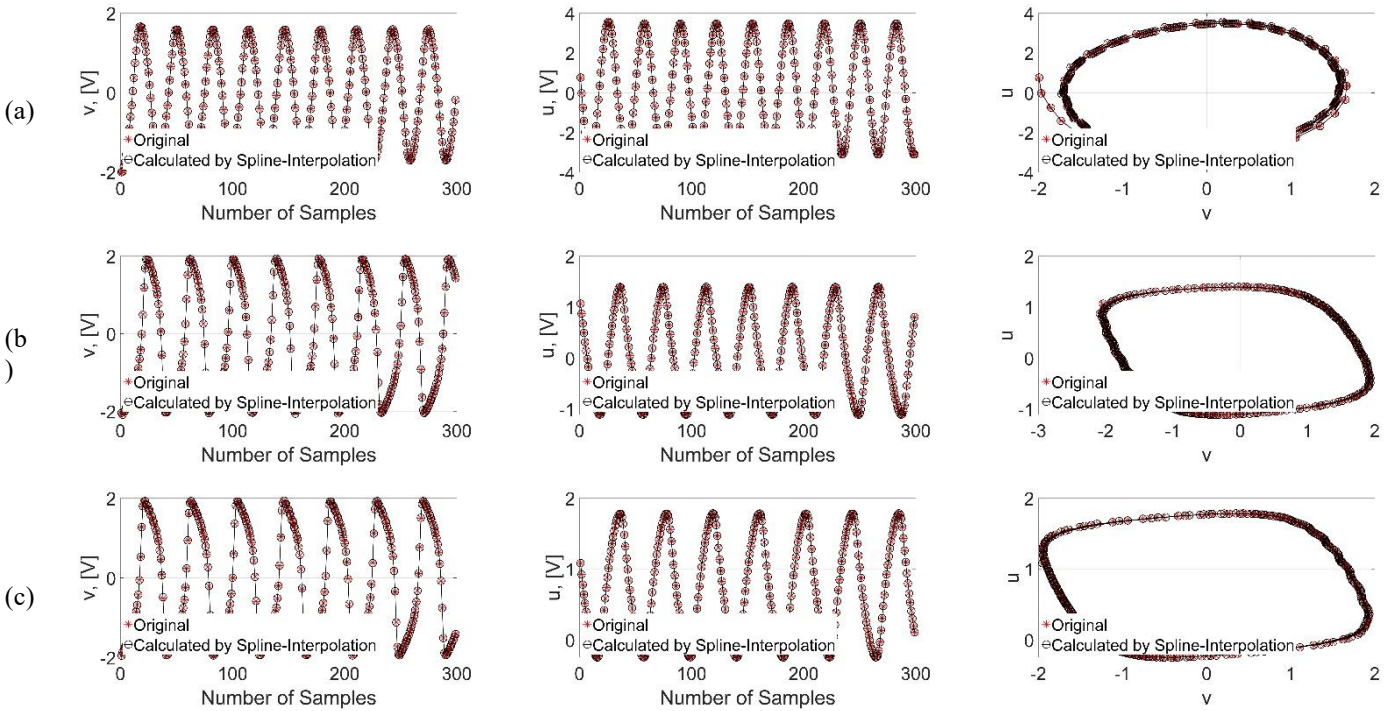


Figure 3. In the FHN neuron model, the red star shows the known value for the marker $t = 2,4,6, \dots, N$ and the black round marker shows the values calculated by Quadratic Spline Interpolation method for $t = 2,4,6, \dots, N$. Column 1 shows the action potential, column 2 shows the recovery parameter and Column 3 shows the $v - u$ phase portrait. a) FHN example 1, b) FHN example 2, and c) FHN example 3.

Table 4. Some of the known $v - u$ values calculated with Quadratic Spline Interpolation corresponding to the $t = 2,4,6, \dots, N$ value

		N	2	4	6	...	594	596	598
FHN-Sp1	v [V]	Original	-2.0065	-1.9643	-1.8666	...	-0.7476	-0.4838	-0.1923
		Interpolation	-1.9968	-1.9739	-1.8569	...	-0.7379	-0.4935	-0.1758
	u [V]	Original	0.7614	-0.0186	-0.7459	...	-2.9528	-3.0753	-3.0846
		Interpolation	0.7650	-0.0223	-0.7424	...	-2.9492	-3.0790	-3.0924

		N	2	4	6	...	594	596	598
FHN-Sp2	v [V]	Original	-2,0586	-2,0692	-2,0284	...	1.6317	1.5329	1.4232
		Interpolation	-2,0375	-2,0880	-2,0089	...	1.6339	1.5307	1.4292
	u [V]	Original	1.0665	0.8697	0.6769	...	0.4689	0.6417	0.8023
		Interpolation	1.0659	0.8702	0.6764	...	0.4689	0.6417	0.8041

		N	2	4	6	...	594	596	598
FHN-Sp3	v [V]	Original	-1.9469	-1.8703	-1.8051	...	-1.5492	-1.4769	-1.4002
		Interpolation	-1.9529	-1.8652	-1.8104	...	-1.5549	-1.4712	-1.4123
	u [V]	Original	1.0810	0.9244	0.7782	...	0.2994	0.1983	0.1064
		Interpolation	1.0826	0.9229	0.7797	...	0.3009	0.1968	0.1082

4. Conclusions and Recommendations

The neuron undertakes the task of transmitting information in living things (Purves et al. 2019). There may be losses due to any environmental and internal noise in the transmission of information (Casado 2003; Faisal, Selen, and Wolpert 2008). As a result, neurological diseases may occur (Li et al. 2020). Preventing the loss of information or recalculating the lost data can have a corrective effect on the irregular operation of the unhealthy neuron. This study, it was aimed to prevent information loss that may occur in the neuron, data losses were created in the FHN neuron model and these data were recalculated with the Quadratic Spline Interpolation method. Quadratic Spline Interpolation is a method used to calculate nonlinear, 2nd order, unknown or unsolvable function values (Lunardi and Scuola normale Superiore (Italy) 2009; Werner 1984). In this study, three samples were created in the FHN neuron, the double sample values of the v and u variables were deleted and then recalculated with the Quadratic Spline Interpolation method. The waveforms for the $v - u$ variable for the 3 samples created are given in figure 3. In addition, NRMSE error was calculated as 0.2630-0.0524%, 0.2885-0.0165% and 0.2543-0.0781%, respectively, and other error values are given in Table 5. Since the u variable has a sinusoidal waveform and the interpolation method is of the 2nd order, it is calculated with a lower error value compared to the v variable. Despite this, the error values are quite small and the Quadratic Spline Interpolation method has become a new tool for recalculating the information lost in the neuron.

The development of the study is aimed to compare the results by using other interpolation methods such as Lagrange, Cubic, and Chebyshev. In addition, it is aimed to increase the neuron behaviour examples created and to apply these interpolation methods to other neuron models in the literature.

5. Acknowledge

We thank the Scientific Research Projects Coordinatorship, Erciyes University and the Scientific and Technological Research Council of Turkey (FDK-2022-11506 and TBTK-0039-0783).

References

- Blu, Thierry, Philippe Thévenaz, and Michael Unser. 2004. "Linear Interpolation Revitalized." *IEEE Transactions on Image Processing* 13(5): 710–19.
- Casado, José Manuel. 2003. "Synchronization of Two Hodgkin-Huxley Neurons Due to Internal Noise." *Physics Letters, Section A: General, Atomic and Solid State Physics* 310(5–6): 400–406.
- Effenberger, Cedric, and Daniel Kressner. 2012. "Chebyshev Interpolation for Nonlinear Eigenvalue Problems." *BIT Numerical Mathematics* 52(4): 933–51.
- Faisal, A. Aldo, Luc P.J. Selen, and Daniel M. Wolpert. 2008. "Noise in the Nervous System." *Nature Reviews Neuroscience* 9(4): 292–303.
- FitzHugh, Richard. 1961. "Impulses and Physiological States in Theoretical Models of Nerve Membrane." *Biophysical Journal* 1(6): 445–66.
- Gardner, Floyd M. 1993. "Interpolation in Digital Modems—Part I: Fundamentals." *IEEE Transactions on Communications* 41(3): 501–7.
- Hindmarsh, J. L., and R. M. Rose. 1984. "A Model of Neuronal Bursting Using Three Coupled First Order Differential Equations." *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Containing papers of a Biological character. Royal Society (Great Britain)* 221(1222): 87–102.
- Hodgkin, A. L., and A. F. Huxley. 1952. "A Quantitative Description of Membrane Current and Its Application to Conduction and Excitation in Nerve." *The Journal of Physiology* 117(4): 500–544.
- Izhikevich, Eugene M. 2003. "Simple Model of Spiking Neurons." *IEEE Trans. Neural Netw.* 14(6): 1569–72.
- Kang, Yanmei et al. 2020. "Formation of Spiral Wave in Hodgkin-Huxley Neuron Networks with Gamma-Distributed Synaptic Input." *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation* 83: 105112.
- Keys, Robert G. 1981. "Cubic Convolution Interpolation for Digital Image Processing." *IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing* 29(6): 1153–60.
- Koziel, Slawomir, John W. Bandler, and Kaj Madsen. 2006. "Space-Mapping-Based Interpolation for Engineering Optimization." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 54(6): 2410–21.
- Li, Han et al. 2020. "Overview of Cannabidiol (CBD) and Its Analogues: Structures, Biological Activities, and Neuroprotective Mechanisms in Epilepsy and Alzheimer's Disease." *European Journal of Medicinal Chemistry* 192: 112163.
- Lunardi, Alessandra, and Scuola normale superiore (Italy). 2009. *Interpolation Theory*. Edizioni Della Normale.
- Morris, C., and H. Lecar. 1981. "Voltage Oscillations in the Barnacle Giant Muscle Fiber." *Biophysical Journal* 35(1): 193–213.
- Nagumo, J., S. Arimoto, and S. Yoshizawa. 1962. "An Active Pulse Transmission Line Simulating Nerve Axon*." *Proceedings of the IRE* 50(10): 2061–70.
- Nakamura, Osamu, and Katsumi Tateno. 2019. "Random Pulse Induced Synchronization and Resonance in Uncoupled Non-Identical Neuron Models." *Cognitive Neurodynamics* 13(3): 303–12.
- Narang, Sunil K., Akshay Gadde, and Antonio Ortega. 2013. "Signal Processing Techniques for Interpolation in Graph Structured Data." *ICASSP, IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing - Proceedings*: 5445–49.
- Polytechnica, Periodica, and Ser Civ Eng. 1999. "GIS Functions - Interpolation." *Periodica Polytechnica Civil Engineering* 43(1): 63–87.
- Prof, Assoc et al. 2014. "Reservoir Engineer, Emerson Process Management Level 11, Menara Chan." *Applied Mathematical Sciences* 8(102): 5083–98.
- Purves, Dale et al. 2019. *Neurosciences, 6th Edition*.
- Sauer, Thomas, and Yuan Xu. 1995. "On Multivariate Lagrange Interpolation." *Mathematics of Computation* 64(211): 1147–70.
- Schafer, Ronald W., and Lawrence R. Rabiner. 1973. "A Digital Signal Processing Approach to Interpolation." *Proceedings of the IEEE* 61(6): 692–702.
- Scheuerer, Michael. 2009. "A Comparison of Models and Methods for Spatial Interpolation in Statistics and Numerical Analysis."
- Werner, Wilhelm. 1984. "Polynomial Interpolation: Lagrange versus Newton." *Mathematics of Computation* 43(167): 205.



NdFeB esaslı kalıcı manyetik alaşımların manyetik özelliklerine uygulanan ısıtıl işlemdeki sürenin etkisi

Muhammed Fatih Kılıçaslan^{1*}, Yasin Yılmaz² ve Bekir Akgül³

^{1*} Sivas University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Department of Fundamental Sciences and Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8507-3900), fatihklicaslan@sivas.edu.tr

² Sivas University of Science and Technology, Faculty of Aeronautics and astronautics, Department of Aeronautical Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0690-8004), yyilmaz@sivas.edu.tr

³ Sivas University of Science and Technology, Faculty of Aeronautics and astronautics, Department of Aeronautical Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4744-9097), bekirakgul@sivas.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1172051)

ATIF/REFERENCE: Kılıçaslan, M. F., Yılmaz, Y. & Akgül, B. (2022). NdFeB esaslı kalıcı manyetik alaşımların manyetik özelliklerine uygulanan ısıtıl işlemdeki sürenin etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 138-142.

Öz

Mevcut çalışmamızda, hızlı katılaştırma yöntemlerinden biri olan, şerit şeklindeki amorf ve/veya yarı kristalin yapıdaki alaşımların üretilmesinde oldukça yaygın olan ergiyik eğirme (melt spinning) yöntemi kullanılarak, NdFeB esaslı kalıcı mıknatıs şerit alaşımları üretilmiştir. Her bir NdFeB alaışımının üretimi esnasında, ağırlıkça %15 oranında atık mıknatıs, alaşımların kompozisyona dahil edilmiştir. Üretilen kalıcı mıknatıs alaşımları, 710 °C lik ısıtıl işlem sıcaklığı ve 285 K/s lik çok yüksek ısıtılma ve soğutma hızları kullanılmak üzere 5 ve 10 dakikalık sürelerde ısıtıl işleme tabi tutulmuştur. Aynı sıcaklıkta uygulanan ısıtıl işlem süresinin, şerit alaşımların manyetik özelliklerine etkisi incelenmiştir. Artan ısıtıl işlem süresi ile manyetik koerzivite ve maksimum enerji ürünü özelliklerinin dikkate değer bir şekilde değişimiyle sonuçlanırken, doyum manyetizasyonu ve manyetik remanans gibi özelliklerde çok fazla bir değişim meydana gelmemiştir. Açıkça görüldüğü gibi, artan ısıtıl işlem süresi, manyetik koerzivitide 5030.5 Oe'den 2279.4 Oe'ye doğru sürekli bir düşüşe yol açmışken maksimum enerji ürününde önce 62.02 kJ/m³ ten 103.73 kJ/m³ e doğru çarpıcı bir şekilde artış, daha sonra ise 38.63 kJ/m³ e doğru çarpıcı bir azalma görülmüştür, bu da alaışımın kalıcı mıknatıslığındaki düşüşe işaret etmektedir.

Anahtar Kelimeler: NdFeB, kalıcı mıknatıs, ergiyik eğirme, kalıcı mıknatıslık, ısıtıl işlem, süre.

Effect of heat treatment time on magnetic properties of NdFeB-based permanent magnetic alloys

Abstract

In our current study, NdFeB-based permanent magnet ribbon alloys were produced by using melt spinning method, which is one of the rapid solidification methods and very common in the production of ribbon-shaped, amorphous and/or semi-crystalline alloys. During the production of each NdFeB alloy, 15 wt.% of waste magnet was included in the composition of the alloys. The produced permanent magnet alloys were heat treated for 5 and 10 minutes by using a heat treatment temperature of 710 °C and very high heating and cooling rates of 285 K/s. The effect of the heat treatment time applied at the same temperature on the magnetic properties of the strip alloys was investigated. While the increase in heat treatment time resulted in a remarkable change in magnetic coercivity and maximum energy product properties, there was not much change in the properties such as saturation magnetization and magnetic remanance. As clearly seen, increasing heat treatment time resulted in a continuous decrease in magnetic coercivity from 5030.5 Oe to 2279.4 Oe, maximum energy product first showed a dramatic increase from 62.02 kJ/m³ to 103.73 kJ/m³, and then a dramatic decrease to 38.63 kJ/m³, indicating a decrease in the permanent magnetism of the alloy.

Keywords: NdFeB, permanent magnet, melt spinning, permanent magnetism, heat treatment, time.

1. Giriş

NdFeB esaslı kalıcı mıknatıslar, sahip oldukları üstün manyetik özellikleri sayesinde oldukça dikkat çekmektedir. Söz konusu üstün manyetik özellikler; yüksek manyetik remanans (B_r), koerzivite (H_c) ve maksimum enerji ürünü ($(BH)_{max}$) ile kendini göstermektedir [1]. Bu tür kalıcı mıknatıslar, 1983 yılında keşfedilmiş olup, o zamandan beri başta elektrikli ve hibrit elektrikli araçlar olmak üzere, endüstride artan enerji tasarruflu teknoloji talebine bağlı olarak hard-diskler, mobil telefonlar, otomotiv kontrol sistemleri, rüzgar türbinleri gibi pek çok alanda kendilerine kullanım yeri bulabilmesini, sahip oldukları üstün manyetik özelliklerine borçludur [2–4]. Kullanım alanlarının her geçen gün artışıyla birlikte NdFeB kalıcı mıknatıslarının manyetik özelliklerinin optimizasyonu da kaçınılmaz hale gelmektedir. Bilhassa, oldukça yüksek sıcaklıklarda kullanılacak olan NdFeB kalıcı mıknatısların oldukça yüksek bir manyetik koerzivite (H_c) ye sahip olması gerekmektedir. Bu bakımdan bu tür kalıcı mıknatısların koerzivitesini iyileştirmek, oldukça kritik bir önem taşımaktadır [5]. Bu durum dikkate alındığında, başta manyetik koerzivite olmak üzere kalıcı manyetik özellikleri iyileştiren çeşitli proseslerin kullanılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır [6]. Uygun üretim yönteminin seçimi, ısıl işlem, tane sınırı difüzyonu prosesi (GBDP), alaşımlama bu prosesler arasında yer almaktadır [6–10]. Hızlı katılaştırma yöntemlerinden birisi olan ergiyik eğirme prosesi ile oldukça yüksek soğutma hızları kullanılarak amorf ve nispeten ince tane dağılımına sahip bir mikroyapı ve sonuç olarak, üstün manyetik özelliklere ulaşmak mümkündür [11–14]. NdFeB mıknatısların manyetik özelliklerinin, ısıl işlemle birlikte modifiye edildiği bilinmektedir [15]. NdFeB mıknatıslar, yaklaşık ağırlıkça %32-35 arasında Nd elementi ihtiva eder. Artan Nd içeriğine bağlı olarak, H_c ve $(BH)_{max}$ özelliklerinin modifiye edildiği de daha önce rapor edilmiştir [16]. Zira Nd elementi, $Nd_2Fe_{14}B$ sert manyetik fazının daha fazla oluşumunu teşvik eder [17]. Bu bakımdan çalışmamızın ana hedefini, 285 K/s lik çok yüksek ısıtma ve soğutma hızında ve 710 °C ta 5 ve 10 dakikalık süreler boyunca uygulanan flaş tavlama ısıl işleminin nispeten yüksek Nd içeriğine sahip (ağırlıkça %36 Nd), NdFeB esaslı kalıcı mıknatıs alaşımların manyetik özelliklerine etkisini incelemek oluşturmaktadır.

2. Materyal ve Metot

NdFeB esaslı şerit alaşımları üretmek için ilk olarak yaklaşık 10^{-4} mbar lık yüksek bir vakum ve 500 mbar lık bir kısmi basınca sahip argon atmosferi altında ingot şeklindeki alaşımlar, vakum indüksiyon ergitme (VIM) fırınında üretilmiştir. Alaşımların nominal kimyasal kompozisyonu ağırlıkça %36 Nd, %61 Fe ve %3 B olacak şekilde ayarlanmıştır. Ayrıca her bir ingot alaşımına ağırlıkça %15 oranında ve kimyasal kompozisyonu ağırlıkça %28 Nd, %64 Fe, %1 B, %3 Dy, %3.5 Co ve %0.5 Pr şeklinde olan atık mıknatıs dahil edilmiştir. Her bir ingot alaşımında, kimyasal homojenliğin yüksek seviyede sağlanabilmesi açısından ergitme işlemi 2 ila 3 defa tekrarlanmıştır. Her bir ingot alaşımı, yaklaşık 230 g'lık bir ağırlığa sahip olacak şekilde üretilmiştir. Her bir alaşım ingotundan yaklaşık 30 g'lık numuneler kesilerek, ergiyik eğirme işleminde kullanılmak üzere hazırlanmıştır. Ergiyik eğirme prosesi ile şerit şeklinde NdFeB alaşımlarını üretmek için, tekrardan vakum altında ergitme işlemine tabi tutulan ingot

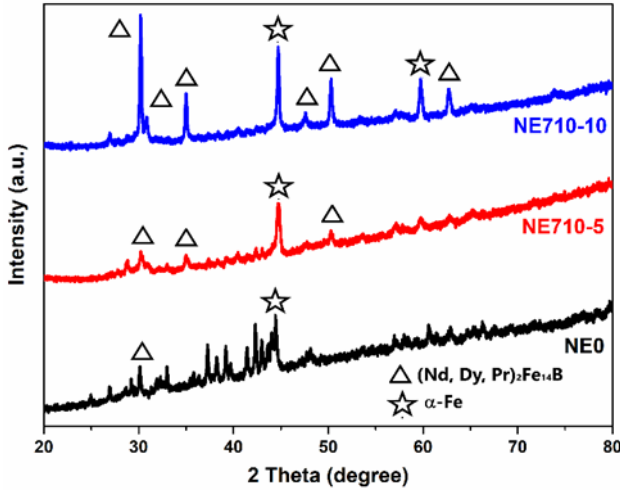
alaşım numuneleri, $1 \times 10 \text{ mm}^2$ lik bir kesit alanına sahip bir nozül vasıtasıyla ergiyik metal olarak yaklaşık 30 m/s hızla dönen bakır bir çark üzerine püskürtülmüştür. Bu arada, ergiyik metali bakır çarka püskürtmek için kullanılan argon basıncı 260 mbar iken, bakır çark ile nozül arasındaki mesafe 0.6 mm olarak ayarlanmıştır. Sonuç olarak, yaklaşık 35 μm lik homojen bir kalınlık ve yaklaşık 10 mm genişliğe sahip NdFeB esaslı şerit alaşımları üretilmiştir. Üretilen alaşımlardaki kristalin ve amorf bölgeleri ortaya çıkarmak amacıyla X-ışın difraksiyon (XRD) analizi, (Cu-K α radyasyonu kullanılarak) 2°/dakika tarama hızında yapılmıştır. Her bir şerit alaşımının manyetik özelliklerinin belirlenmesinde, titreşimli numune manyetometri (VSM) analizi yapılmıştır. 285 K/s lik çok yüksek ısıtma ve soğutma hızının kullanıldığı, 710 °C sıcaklıkta ve sırasıyla 5 ve 10 dakikalık iki farklı sürede, flaş tavlama ısıl işlemi, şerit alaşımların kristalizasyon ve manyetik özelliklere etkisini incelemek için gerçekleştirilmiştir. NdFeB esaslı alaşımların kristalizasyon sıcaklıklarının belirlenmesi amacıyla, her bir alaşıma diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmamız kapsamında üretilen her bir alaşımla ilgili tanımlama Tablo 1 de özetlenmiştir.

Tablo 1. Isıl işlem uygulanmamış ve 710 °C sıcaklıkta ve 5 ve 10 dakikalık sürelerde flaş tavlama ısıl işlemine tabi tutulmuş ergiyik eğirme yöntemiyle NdFeB esaslı alaşımların tanımlanması.

Ergiyik Eğirme Yöntemi ile Üretilen Alaşımların Kodu	Tanımlama
NE0	Ergiyik eğirme yöntemi ile üretilmiş, ısıl işlem uygulanmamış
NE710-5	Ergiyik eğirme yöntemi ile üretilmiş, 710 °C ta 5 dk flaş tavlannmış
NE710-10	Ergiyik eğirme yöntemi ile üretilmiş, 710 °C ta 5 dk flaş tavlannmış

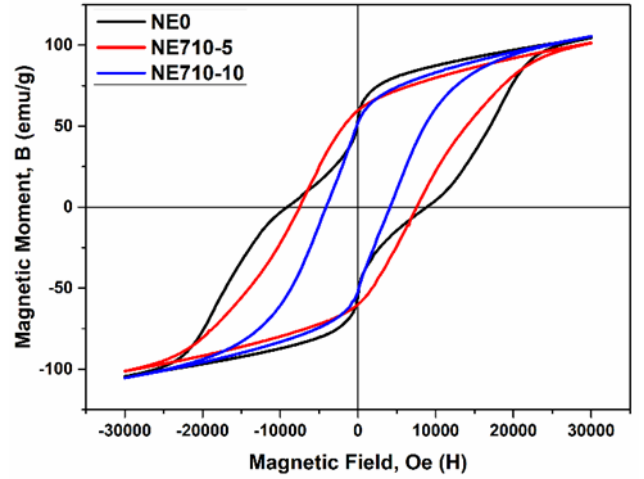
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şekil 1 de, ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen, ısıl işlem uygulanmamış ve 710 °C ta 5 ve 10 dakika ısıl işlem uygulanmış NdFeB esaslı alaşımların XRD paternleri gösterilmiştir. Buna göre, her bir alaşımın XRD paternleri incelendiğinde eser miktarda kristalin yapının yanı sıra, büyük ölçüde amorf bir yapı oluşumu görülmektedir. Amorf yapının oluşumu, ergiyik eğirme yönteminde kullanılan hızlı soğutmaya atfedilebilir [18]. Isıl işlem uygulanmamış alaşımın XRD paterninde, NdFeB alaşımına dahil edilen atık mıknatıs içerisindeki Dy ve Pr ağır nadir toprak elementleri (HREE) nin etkisiyle, $2\theta=30^\circ$ civarında kristalin sert (Nd, Dy, Pr) $_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ manyetik fazın ve $2\theta=45^\circ$ civarında kristalin yumuşak α -Fe manyetik fazının pikleri görülmektedir. 710 °C ta, 5 ve 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısıl işlemiyle birlikte, amorf yapıda daha fazla kristalizasyon meydana gelmiştir [18]. Ayrıca, artan ısıl işlem süresiyle birlikte sert ve yumuşak, kristalin manyetik fazlara ait piklerin daha fazla ortaya çıktığı gözlenmiştir. Zira, atomların amorf bir yapıdan kristalin bir yapıya dönüşümü için belirli bir sıcaklık ve/veya zaman gereklidir [19]. Yüksek ısıl işlem sıcaklıkları ve sürelerinde, atomların hareketliliği (mobilitesi) daha fazla olup daha fazla kristalizasyon meydana gelir [20].

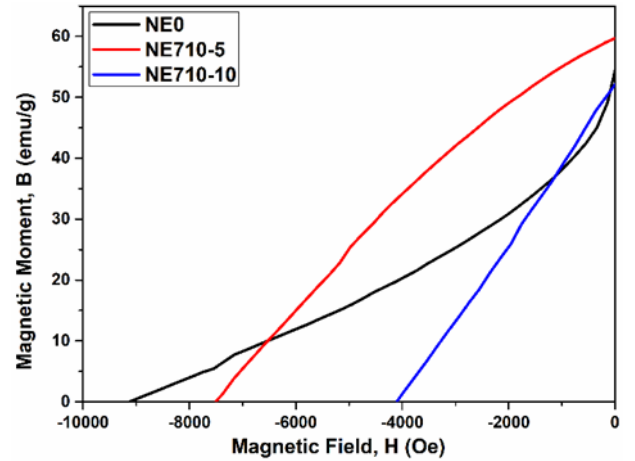


Şekil 1. Ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen NdFeB esaslı şerit alaşımların ısı işlem uygulanmamış ve 710 °C sıcaklıkta 5 ve 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işlemi sonrasındaki XRD paternleri.

Şekil 2 ve 3'te sırasıyla, ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen, ısı işlem uygulanmamış ve 710 °C ta 5 ve 10 dakika boyunca flaş tavlama ısı işlemi uygulanmış NdFeB esaslı alaşımların titreşimli numune manyetometri (VSM) analizi sonucunda elde edilen demanyetizasyon eğrileri ve demanyetizasyon eğrilerinin ikinci çeyrek (second quadrant) kısımları gösterilmiştir. Görüldüğü gibi, ısı işlem uygulanmamış alaşımda, sırasıyla manyetik koerzivite (H_c) 5030.5 Oe, maksimum enerji ürünü ($(BH)_{max}$) 62.02 kJ/m³, manyetik remenans (B_r) 55.76 emu/g ve doyum manyetizasyonu (B_s) 104.65 emu/g dir. 710 °C ta 5 dakika boyunca flaş tavlama ısı işlemi uygulandığında, sırasıyla manyetik koerzivite (H_c) 4130.7 Oe, maksimum enerji ürünü ($(BH)_{max}$) 103.73 kJ/m³, manyetik remenans (B_r) 59.81 emu/g ve doyum manyetizasyonu (B_s) 101.44 emu/g dir. Aynı sıcaklıkta 10 dakika boyunca ısı işlem uygulandığında ise sırasıyla manyetik koerzivite (H_c) 2279.2 Oe, maksimum enerji ürünü ($(BH)_{max}$) 38.63 kJ/m³, manyetik remenans (B_r) 52.51 emu/g ve doyum manyetizasyonu (B_s) 105.46 emu/g dir. Burada, uygulanan flaş tavlama ısı işleminin etkisiyle yumuşak α -Fe fazı ile sert (Nd, Dy, Pr)₂Fe₁₄B manyetik fazlarının daha fazla ortaya çıkması ile kalıcı manyetik özellikleri belirleyen H_c ve $(BH)_{max}$ 'ın artması beklenir [21]. Diğer yandan, sert ve yumuşak manyetik fazlarda meydana gelen tane kabalaşması ve dolayısıyla bu manyetik fazlar arasındaki optimum değişim eşleşmesi (exchange coupling) mekanizmasını istenen seviyede sağlamadığı için H_c ve $(BH)_{max}$ 'de azalma meydana gelmiş olabilir [22]. Zira, kalıcı manyetik davranışı belirleyen manyetik özellik olan H_c , sert ve yumuşak manyetik fazlar arasındaki değişim eşleşmesi (exchange coupling) mekanizmasına bağlıdır [23]. Ayrıca, NdFeB alaşımına dahil edilen atık miktardan kaynaklanan Dy ve Pr ağır nadir toprak elementleri (HREE)'nin, oluşturdukları (Nd, Dy, Pr)₂Fe₁₄B sert manyetik fazı içerisinde, α -Fe fazı ile antiferromanyetik değişim eşleşmesi (exchange coupling) mekanizmasının da H_c ve $(BH)_{max}$ 'ı artırması beklenir [5]. Ancak burada, böyle bir durum söz konusu olmamıştır. 710 °C sıcaklıkta 5 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işleminde azalan H_c 'ye rağmen B_r 'de meydana gelen artış, $(BH)_{max}$ 'da belirgin bir artışa yol açmıştır. 710 °C sıcaklıkta 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işlemi ile birlikte, B_s 'de meydana gelen artış, XRD paterninde de görüldüğü gibi, α -Fe yumuşak manyetik fazın miktarında meydana gelen artış ile açıklanabilir [24].

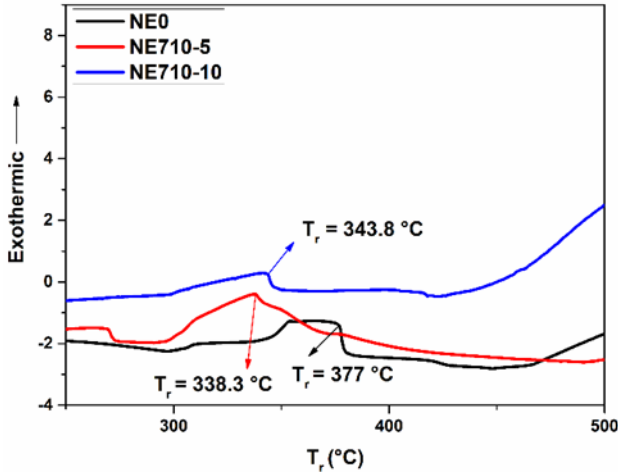


Şekil 2. Ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen NdFeB esaslı şerit alaşımların ısı işlem uygulanmamış ve 710 °C sıcaklıkta 5 ve 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işlemi sonrasındaki VSM eğrileri.



Şekil 3. Ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen NdFeB esaslı şerit alaşımların ısı işlem uygulanmamış ve 710 °C sıcaklıkta 5 ve 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işlemi sonrasındaki VSM eğrilerinin ikinci çeyrek (second quadrant) kısımları.

Şekil 4'te, ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen, ısı işlem uygulanmamış ve 680 ve 710 °C ta 10 dakika boyunca ısı işlem uygulanmış NdFeB esaslı alaşımların diferansiyel taramalı kalorimetri (DSC) analizi sonucunda elde edilen eğrileri gösterilmektedir. Buradan her bir alaşıma ait kristalizasyon sıcaklıkları değerleri sırasıyla 377, 338.3 ve 343.8 °C olarak ölçülmüştür. Uygulanan ısı işlemle birlikte kristalizasyon sıcaklığı önce bariz bir düşüş göstermekle birlikte artan ısı işlem süresiyle birlikte tekrar çok az bir miktar artma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4. Ergiyik eğirme yöntemiyle üretilen NdFeB esaslı şerit alaşımların ısı işlem uygulanmamış ve 710 °C sıcaklıkta 5 ve 10 dakika boyunca uygulanan flaş tavlama ısı işlemi sonrasındaki DSC eğrileri.

4. Sonuç

Çalışmamızın kapsamında 710 °C sıcaklık ve 5 ve 10 dakikalık süreler boyunca uygulanan çok hızlı ısıtma ve soğutma hızlarının kullanıldığı flaş tavlama ısı işleminin, ergiyik eğirme yöntemi ile üretilen NdFeB esaslı kalıcı mıknatıs alaşımlarının manyetik özelliklerine etkisi tartışılmıştır. Her bir alaşımın XRD paterni, yarı-kristalin bir yapının varlığını ortaya koymuş olup uygulanan flaş tavlama ısı işlemine bağlı olarak α -Fe yumuşak manyetik faz ve (Nd, Dy, Pr)₂Fe₁₄B sert manyetik fazları daha fazla ortaya çıkmıştır. Kalıcı mıknatıslık özelliğini belirleyen H_c ve (BH)_{max} gibi özelliklerde, uygulanan flaş tavlama ısı işlemiyle birlikte meydana gelen azalma, flaş tavlama ısı işlemindeki sıcaklık ve sürenin etkisiyle sert ve yumuşak manyetik fazlar olan α -Fe ve (Nd, Dy, Pr)₂Fe₁₄B'de meydana gelen tane kabalaşmasına ve sonuç olarak bu manyetik fazlar arasındaki değişim eşleşmesi (exchange coupling) mekanizmasının istenen performansta sergilemediği sonucuna varılmıştır. Flaş tavlama ısı işleminde artan süreye bağlı olarak B_s de meydana gelen artışın ise α -Fe yumuşak manyetik fazın miktarındaki artıştan kaynaklandığı düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörü tarafından finanse edilmiştir (Proje No: 2020-TDP-Mühe-0001).

Kaynakça

[1] Z. Cao, X. Ding, R. Bagheri, A. Ghafar, C. Xu, L. Yang, L. Song, Y. Wen, Z. Song, The deposition, microstructure and properties of Al protective coatings for NdFeB magnets by multi-arc ion plating, *Vacuum*. 142 (2017) 37–44. <https://doi.org/10.1016/j.vacuum.2017.05.003>.

[2] X. Du, T.E. Graedel, Global Rare Earth In-Use Stocks in NdFeB Permanent Magnets, *J. Ind. Ecol.* 15 (2011) 836–843. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00362.x>.

[3] D. Brown, B. Ma, Z. Chen, Developments in the processing and properties of NdFeB-type permanent magnets, *J. Magn. Mater.* 248 (2002) 432–440.

[4] C. Chen, Y.L. Huang, Y.F. Yao, X.K. Fu, W. Li, Y.H. Hou, Effects of thermal annealing on improved magnetic

properties and microstructure for SmFe 11 Ti alloy, *J. Magn. Mater.* 530 (2021) 9–13.

- [5] M. Lv, T. Kong, W. Zhang, M. Zhu, H. Jin, W. Li, Progress on modification of microstructures and magnetic properties of Nd-Fe-B magnets by the grain boundary diffusion engineering, *J. Magn. Mater.* 517 (2021). <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2020.167278>.
- [6] B.B. Straumal, A.R. Kilmametov, A.A. Mazilkin, S.G. Protasova, Amorphization of Nd-Fe-B alloy under the action of high-pressure torsion, *Mater. Lett.* 145 (2015) 63–66. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.01.041>.
- [7] B.B. Straumal, A.A. Mazilkin, S.G. Protasova, D. V. Gunderov, G.A. López, Amorphization of crystalline phases in the Nd-Fe-B alloy driven by the high-pressure torsion, *Mater. Lett.* 161 (2015) 735–739. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.09.076>.
- [8] Q. Zhou, W. Li, Y. Hong, L. Zhao, X. Zhong, H. Yu, Microstructure improvement related coercivity enhancement for sintered NdFeB magnets after optimized additional heat treatment *, *J. Rare Earths.* 36 (2018) 379–384. <https://doi.org/10.1016/j.jre.2017.11.007>.
- [9] Y.J. Wong, H.W. Chang, Y.I. Lee, W.C. Chang, C.H. Chiu, C.C. Mo, Coercivity enhancement of thicker sintered NdFeB magnets by grain boundary diffusion with low-melting Tb_{75-x}Ce_xCu₂₅ (x = 0–45) alloys, *J. Magn. Mater.* 515 (2020) 1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2020.167287>.
- [10] H.W. Chang, Y.I. Lee, P.H. Liao, W.C. Chang, Scripta Materialia Significantly enhanced coercivity enhancement of hot deformed NdFeB magnets by doping Ce-containing (PrNdCe)₇₀Cu₃₀ alloys powders, *Scr. Mater.* 146 (2018) 222–225. <https://doi.org/10.1016/j.scriptamat.2017.11.052>.
- [11] M.F. Kilicaslan, S.I. Elburni, B. Akgul, The effects of Nb addition on the microstructure and mechanical properties of melt spun Al-7075 alloy, *Adv. Mater. Sci.* 21 (2021) 17–19. <https://doi.org/10.2478/adms-2021-0008>.
- [12] M.F. Kilicaslan, S.I. Elburni, Y. Yilmaz, Effects of Nb addition on the microstructure and microhardness of melt-spun Al-7075 alloy, *Adv. Mater. Sci.* 22 (2022) 79–89. <https://doi.org/10.2478/adms-2022-0004>.
- [13] M.F. Kılıçaslan, Y. Yılmaz, B. Akgül, H. Karataş, C.D. Vurdu, Effect of Fe-Ni Substitution in FeNiSiB Soft Magnetic Alloys Produced by Melt Spinning, *Adv. Mater. Sci.* 21 (2021) 79–89. <https://doi.org/10.2478/adms-2021-0026>.
- [14] X.H. Li, Y. Guan, W. Li, J.W. Zhang, X.Y. Zhang, Study of the formation of crystal texture in α -Fe/Nd₂Fe₁₄B nanocomposite magnets prepared by controlled melt-spinning, *Mater. Lett.* 61 (2007) 2728–2730. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2006.02.095>.
- [15] W.F. Li, T. Ohkubo, K. Hono, M. Sagawa, The origin of coercivity decrease in fine grained Nd-Fe-B sintered magnets, *J. Magn. Mater.* 321 (2009) 1100–1105. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2008.10.032>.
- [16] K.B. Yang, A. Walton, R. Sheridan, K. Güth, R. Gauß, O. Gutfleisch, M. Buchert, B. Steenari, T. V. Gerven, P. T. Jones, REE Recovery from End-of-Life NdFeB Permanent Magnet Scrap: A Critical Review, *J. Sustain. Met.* (2017) 122–149. <https://doi.org/10.1007/s40831-016-0090-4>.
- [17] J. Liu, H. Sepelri-Amin, T. Ohkubo, K. Hioki, A. Hattori, T. Schrefl, K. Hono, Effect of Nd content on the microstructure and coercivity of hot-deformed Nd-Fe-B permanent magnets, *Acta Mater.* 61 (2013) 5387–5399. <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2013.05.027>.
- [18] Z.Y. Zhang, L.Z. Zhao, X.C. Zhong, D.L. Jiao, Z.W. Liu,

- Phase precipitation behavior of melt-spun ternary Ce₂Fe₁₄B alloy during rapid quenching and heat treatment, *J. Magn. Mater.* 441 (2017) 429–435. <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2017.06.028>.
- [19] Y. Lin, B. Wu, S. Li, S. Mao, X. Liu, Y. Zhang, L. Wang, The quantitative relationship between microstructure and mechanical property of a melt spun Al – Mg alloy, *Mater. Sci. Eng. A* 621 (2015) 212–217. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2014.10.047>.
- [20] R.E. Simpson, P. Fons, A. V. Kolobov, T. Fukaya, M. Krbal, T. Yagi, J. Tominaga, Interfacial phase-change memory, *Nat. Nanotechnol.* 6 (2011) 501–505. <https://doi.org/10.1038/nnano.2011.96>.
- [21] S. Caglar, M.F. Kilicaslan, A. Atasoy, H. Tiryaki, M. Erkovan, S. jik Hong, Effect of heat treatment on magnetic properties of nanocomposite Nd-lean Nd₇Fe₇₃B₂₀ ribbons, *J. Mater. Sci. Mater. Electron.* 32 (2021) 2338–2345. <https://doi.org/10.1007/s10854-020-04999-9>.
- [22] H. Zhao, H. Liu, J. Su, Influence of heat treatment on microstructures and properties of Nd₈Fe₇₈B₆Co₄ alloy, *J. Rare Earths* 24 (2006) 379–381. [https://doi.org/10.1016/S1002-0721\(07\)60406-2](https://doi.org/10.1016/S1002-0721(07)60406-2).
- [23] H.K. T. Schrefl, J. Fidler, Remanence and coercivity in isotropic nanocrystalline permanent magnets, *Phys. Rev. B* 49 (1994).
- [24] V. Swaminathan, P.K. Deheri, S.D. Bhame, R.V. Ramanujan, Novel microwave assisted chemical synthesis of Nd₂Fe₁₄B hard magnetic nanoparticles, *Nanoscale* 5 (2013) 2718–2725. <https://doi.org/10.1039/c3nr33296a>.



Müzik Veri Setinin Analizi ve Sınıflandırma Algoritmaları Kullanılarak Şarkı Türü Tahminleme Çalışması

Berke Bartuğ Sevindik¹, Vahide Bulut²

¹Yazılım Mühendisliği /Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5147-5300), bartugsevindik@gmail.com

² İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Mühendislik Bilimleri Bölümü, (ORCID: 0000-0002-0786-8860),
vahide.bulut@ikcu.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1174115)

ATIF/REFERENCE: Bartuğ, B.B., Bulut, V. (2022). Müzik Veri Setinin Analizi ve Sınıflandırma Algoritmaları Kullanılarak Şarkı Türü Tahminleme Çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 143-150.

Özet – Bu araştırmanın amacı, Spotify müzik platformunda yer alan 42305 şarkı ve 15 farklı türe sahip veri setini analiz edip şarkının türlerle olan ilişkisini incelemektir. Bu türlerle olan ilişkiler veri setinden tür tahminleme çalışması için ön değerlendirme olarak analiz edilmiştir. Veri setindeki türlere ait özellikler değerlendirilip, kategorik olarak özelliklerine göre veri madenciliği sınıflandırma algoritmalarından; En yakın K-Komşu, rastgele orman, torbalama ve lojistik regresyon kullanılmıştır. Şarkının özelliklerine göre şarkıların türlerini tahmin etme çalışması gerçekleştirilmiştir. %55 ve %77 arasında doğruluk değerleri elde edilmiştir. Sınıflandırma algoritmalarının en iyi performans ölçüm değerine sahip bir model ele alınarak sonuçları değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Anahtar Kelimeler – Tahminleme, Analiz, En yakın k-komşu, Rasgele orman, torbalama, Lojistik regresyon, Sınıflandırma algoritmaları

Song Genre Estimation Study Using Music Data Set Analysis and Classification Algorithms

Abstract

The aim of this research is to analyze the dataset of 42305 songs and 15 different genres on the Spotify music platform and examine the relationship of the song with the genres. Relationships with these species were analyzed from the dataset as a preliminary assessment for the species prediction study. The features of the species in the data set are evaluated and categorically according to their features, from data mining classification algorithms; Nearest K-Neighbor, random forest, bagging and logistic regression were used. The study was carried out to predict the types of songs according to the characteristics of the song. Accuracy values between 55% and 77% were obtained. A model with the best performance measurement value of the classification algorithms was considered and the results were evaluated.

Keywords: Prediction, Analysis, K-nearest k-neighbors, Random forest, Logistic regression, bagging, Classification algorithms

1. Giriş

Günümüzde insanların en çok tercih ettiği etkinliklerden biri de müzik dinlemektir. Kullanıcının sevdiği müzik türleri çeşitli özellikler içermektedir. Bu özellikler müziğin türünü belirlemeye yardımcı olmaktadır. Bu özellikler sayesinde çeşitli platformlar kullanıcının sevdiği türleri tespit edip bir sonraki dinleyeceği müziği önerebilmektedir.

Çeşitli müzik platformları içerisinde önemli bir yere sahip olan Spotify 2006 yılında İsveç'te kurulmuş olan bir dijital müzik platformudur. Açık şekilde paylaştıkları verilerle birlikte çok çeşitli çalışmalar yapılabilmektedir.

Bilginin daha öznlü bir forma dönüştürülmesiyle elde edilen bir türü daha vardır. Bu bilgi, öz bilgi olarak tanımlanmaktadır Gürsakal (2001).

Günümüzün gelişmiş toplumlarında bilginin yönetiminde, daha çok öz bilgi ile ilgilenilmektedir (Gürsakal, 2001).

Veri tabanlarında öz bilgi keşfi süreci içerisinde, model oluşturma ve değerlendirme aşamalarını içeren veri madenciliği en önemli kısımdır (Akpınar, 2000).

Büyük bir veri setinden faydalı ve anlamlı bilgilerin ortaya çıkarmak son dönemlerde oldukça önem kazanmıştır. Veri madenciliği; makine öğrenmesi, istatistik veri görselleştirilmesi gibi alanlardaki teknikleri kullanan disiplinler arası bir alandır. Temel olarak veri madenciliği, veri kümeleriyle ilgili kalıpların veya komutların, veri analizinin ve yazılım tekniklerinin kullanılmasıdır. Amaç, daha önce tanınmayan veri kalıplarını tanımlamaktır. Veri madenciliği ve öz bilgi, verilerdeki değerli, anlamlı ve önceden bilinmeyen bilgileri elde etme sürecidir (Yıldırım vd, 2007).

Genel olarak veri madenciliği, büyük miktarda veriden, gizli kalmış, değerli ve kullanılabilir bilgilerin ortaya çıkarılmasını amaçlar (Koyuncu, 2007).

Veri madenciliğinin yanı sıra verilerden anlamlı bilgiler ve tahminler çıkarmayı amaçlayan diğer bir alan da istatistiktir. Veri madenciliği ile istatistik arasında birçok yönden yakın ilişki bulunmaktadır. Veri madenciliği ve istatistiğin ortak özelliği "veriden öğrenme" (Ganesh, 2002) veya "verileri bilgiye dönüştürme"dir (Kuonen, 2004). İstatistiksel tekniklerin temel veri ön işleme aşamalarında ve çıktılarının değerlendirilmesinde faydaları gözlemlenmektedir.

Makine öğrenmesi, bir veri seti içerisinde önceden bilinmeyen yapıları (kalıpları) ortaya çıkarmaya yarayan otomatik süreçler olarak tanımlanabilir (Kelleher vd, 2015). Makine öğrenmesi, özellikle çok fazla miktarda verinin erişilebilir olduğu günümüzde, bu verilerden anlamlı çıkarımlar yapmak amacıyla geniş bir biçimde kullanılmaktadır. Makine öğrenimi, robotik, el yazısı ve konuşma tanıma, doğal dil işleme, beyin-makine arayüzleri ve daha fazlası dahil olmak üzere geniş bir uygulama yelpazesine sahiptir.

Sınıflandırma algoritmaları, bilgisayar bilimlerinde veri madenciliği konusunda kullanılan bir kavramdır. Bir veri kümesi üzerinde tanımlı olan sınıflar arasında veriyi dağıtmak sınıflandırma kavramının temel amacıdır.

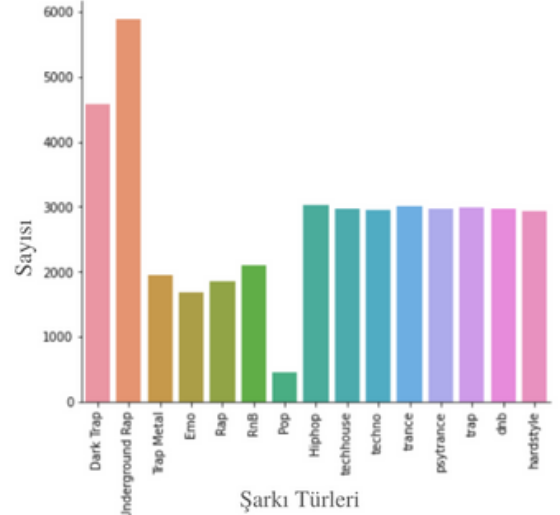
Araştırmanın temel amacı ise seçilmiş olan veri setinin incelenip tür ve özelliklerin analiz edilmesi, özelliklere göre tür tahminleme için kullanılan dört farklı sınıflandırma modellerinin kıyaslanmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Müzik Veri Seti

Spotify büyük bir müzik platformudur. Kaggle adlı veri paylaşımlarının da yer aldığı web sitesinde bulunan Spotify veri seti 42305 şarkı ve 15 farklı türden oluşmaktadır. Veri setinde bulunan türler; Trap, Techno, Techhouse, Trance, Psytrance, Dark Trap, DnB, Hardstyle, Underground Rap, Trap Metal, Emo, Rap, RnB, Pop ve Hiphop müzik türlerinden oluşmaktadır. Veri setinde yer alan şarkı türleri ve bu türe ait olan şarkıların sayısı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Şekil 1. Veri Setindeki Tür Dağılımı



Şarkıların da; dans edilebilirlik, enerji, canlılık, vocal miktarı, modu, ses yüksekliği ve benzeri özellikleri yer almaktadır.

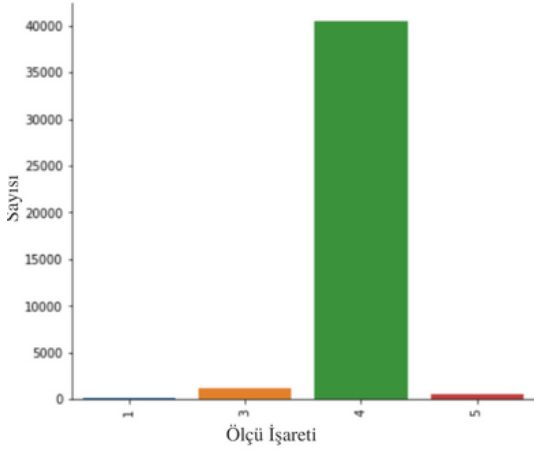
2.1. Veri Setinin Tür Analizi

Veri setinin tür analizi kısmındaki amacımız da farklı özelliklere sahip tüm şarkı türlerini analiz edip bu türlerle nasıl ilişkiler kurulduğunu gözlemleyebilmektir. Veri setindeki türler ve özelliklerinin ilişkileri sınıflandırılma öncesi incelenip analiz edilmektedir. Bu özelliklerden, ölçü işareti, dans edilebilirlik, enerji, ses yüksekliği, kelime miktarı, vokal miktarı ve canlılık çalışma kapsamında analiz edilip ilişkileri açıklanmıştır. Analiz kapsamında kutu grafikleri kullanılmıştır. Kutu grafiği, bir değişkenin dağılımının istatistiksel bir temsildir. Kutunun uçları alt ve üst çeyrekleri temsil ederken, medyan (ikinci çeyrek) kutunun içinde bir çizgi ile işaretlenmiştir.

2.1.1. Ölçü İşareti ve Tür İlişkisi

Ölçü işareti, batı müzik notasyonunda her bir ölçüde kaç tane vuruş olduğunu belirlemek için kullanılır. Müzik notasyonunun başına konur ve vuruşlardaki nota değerini belirtmek için kullanılan sayı veya semboldür (Eğitim Sistem, n.d.). Veri setinde listelenen tüm şarkılar ve ölçü işaretlerinin dağılımı Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2. Veri setindeki ölçü işaretleri dağılımı

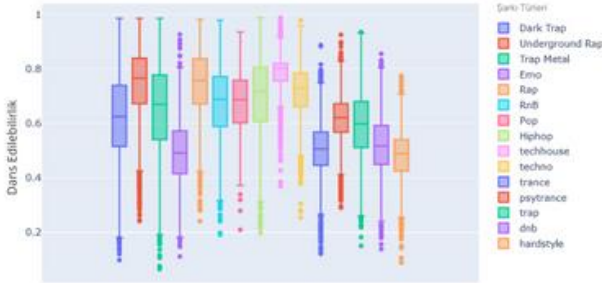


Veri setinde oldukça az olarak 1, 3 ve 5 dağılımı yer alırken, 4 müzik ölçü işaret özelliği çok sayıda yer almaktadır.

2.1.2. Dans Edilebilirlik ve Tür İlişkisi

Dans edilebilirlik, tempo, ritim istikrarı, vuruş gücü gibi müzik öğelerinin bir kombinasyonuna dayalı olarak bir parçanın dans etmek için ne kadar uygun olduğunu tanımlamaktadır. 0.0 değeri en az dans edilebilir ve 1.0 en çok dans edilebilir değeri temsil etmektedir (Santos, J. D. D. ; 2017). 0 ve 1.0 arasında yer alan müzik türlerinin dağılımı Şekil 3'te belirtilmiştir.

Şekil 3. Dans edilebilirlik ve Tür Dağılımı

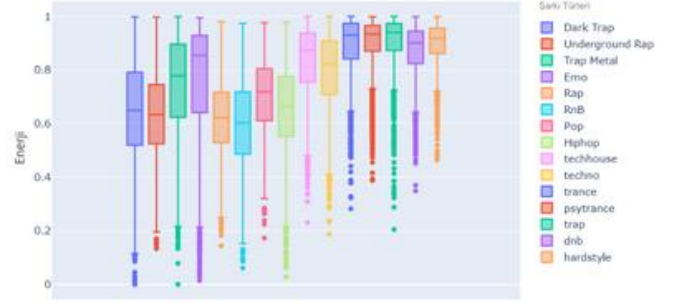


Şekil 3'te görüldüğü gibi techhouse türündeki şarkılar maksimum ortalama dans edilebilirliğe sahiptir. Bunu Underground Rap takip ederken hardstyle şarkıların minimum dans edilebilirliği bulunmaktadır.

2.1.3. Enerji ve Tür İlişkisi

Enerji, yoğunluk ve aktivitenin algısal bir ölçüsünü temsil etmektedir. Tipik olarak, enerjik parçalar hızlı ve gürültülü hissedilebilmektedir. Enerji ve tür ilişkisinin kutu grafiği Şekil 4'te verilmiştir.

Şekil 4. Enerji ve Tür Dağılımı

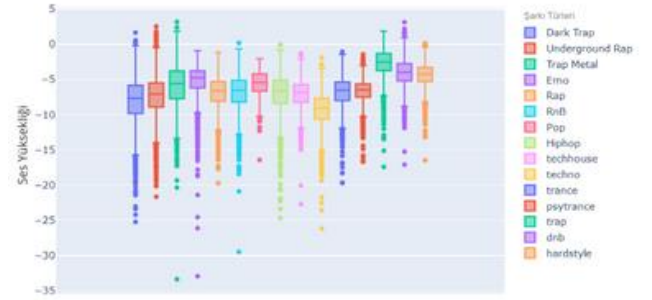


Şekil 4'te görüldüğü gibi trap, hardstyle, trance, dnB ve psytrance türündeki şarkıların en yüksek enerjiye, ve RnB, Rap Underground Rap şarkıların da en düşük enerjiye sahip olduğu gözlenmektedir.

2.1.4. Ses Yüksekliği ve Tür İlişkisi

Bir şarkının ses seviyesi şarkının türünü belirlemede kullanılan özelliklerden bir tanesidir. Şarkı türüne göre ses yükseklikleri ile ilgili grafik Şekil 5'te gösterilmiştir.

Şekil 5. Ses Yüksekliği ve Tür Dağılımı

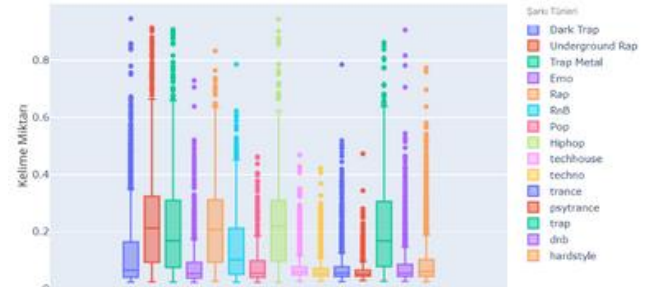


Şekil 5'te görüldüğü gibi tüm türlerdeki şarkıların ses yüksekliği puanları negatiftir. Trap türü en yüksek ses yüksekliği özelliğine sahipken tekno türü ise en düşük ses yüksekliği özelliğine sahiptir.

2.1.5. Kelime Miktarı ve Tür İlişkisi

Bir şarkının konuşma gücü 0,66'nın üzerindeyse, konuşulan kelimelerden oluşmaktadır, 0,33 ile 0,66 arasındaki değer hem müziği hem de kelimeleri içeren bir şarkıdır ve 0,33'ün altındaki değer şarkının herhangi bir konuşmasının olmadığı anlamına gelmektedir (Santos, 2017). 0.0 ve 1.0 arasında değerlendirilen şarkı türü ve kelime miktarı Şekil 6'da gösterilmiştir.

Şekil 6. Kelime Miktarı ve Tür Dağılımı

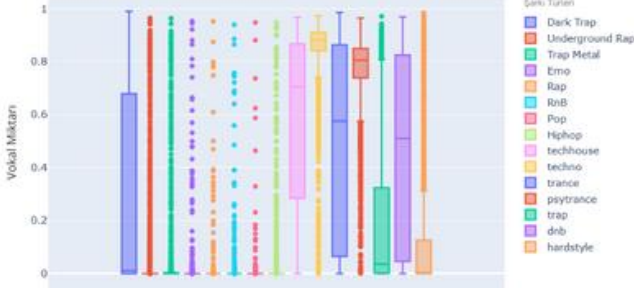


Şekil 6'da görüldüğü gibi rap, underground rap, ve hiphop en iyi üç türdür. Trance, techno ve psytrance ise en düşüklere sahiptir.

2.1.6. Vokal Miktarı ve Tür İlişkisi

Şarkı türlerinin içerdiği enstrümantal seviyesi, veri seti içerisinde vokal miktarı olarak belirtilmektedir. Vokal miktarı ve şarkı türü arasındaki ilişki Şekil 7'de gösterilmiştir.

Şekil 7. Vokal Miktarı ve Tür Dağılımı

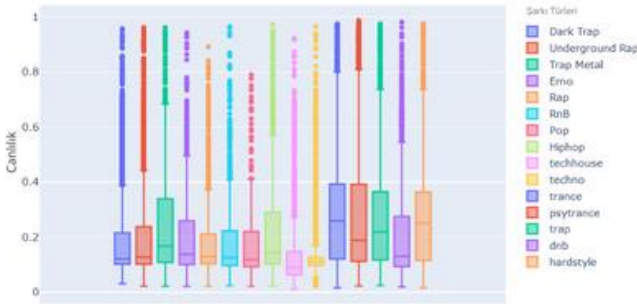


Şekil 7'de görüldüğü gibi techno türündeki şarkılar maksimum vokal puanına sahiptir, ve ardından da psytrance türü gelmektedir. Buradaki değer 1 değerine yaklaştıkça daha fazla enstrümantal şarkı içerdiğini belirtmektedir.

2.1.7. Canlılık ve Tür İlişkisi

Şarkı türlerine ait canlılık değerleri 0.0 ile 1.0 arasında tutulmaktadır. Resmi Spotify değerlerine göre 0.8'den yukarıda bir değer, şarkının daha canlı olduğuna dair güçlü bir olasılık katmaktadır. Şekil 8'de canlılık ve şarkı türlerinin dağılımı verilmiştir.

Şekil 8. Canlılık ve Tür Dağılımı



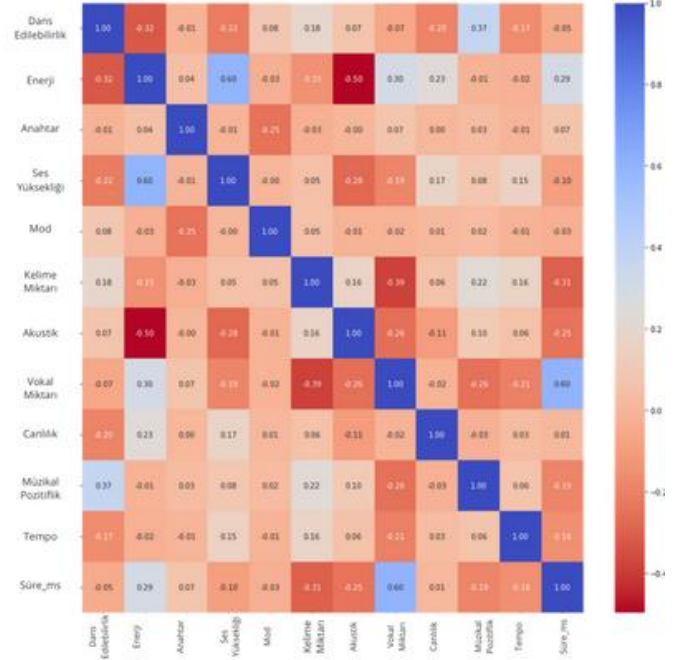
Şekil 8'de görüldüğü gibi trance ve psytrance en iyi canlılık skorlarına sahip türlerdir.

Çalışma kapsamında veri setinde listelenen 42305 şarkıya ait bazı özellikler ve bu şarkıların türlerinin ilişkisi yukarıda açıklanan ilişkiler baz alınarak incelenmiştir.

3. Tür Analizinin Sonuçları

Şarkı türleri analizi çalışması kapsamında, türlere ait özelliklerin korelasyon matrisi Şekil 9'da gösterilmiştir.

Şekil 9. Korelasyon Matrisi



Şekil 9'da görüldüğü gibi dans edilebilirlik ile müzikal pozitiflik özelliği arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Enerji ile ses yüksekliği, vokal miktarı, canlılık ve zaman aralığı pozitif bir ilişkiye sahiptir.

4. Sınıflandırma Algoritmaları

Sınıflandırma problemlerinde çıktı kümesinde her bir eleman birer sınıf iken bu problemi çözen algoritmaya da sınıflandırıcı denmektedir. Sınıflandırma problemleri, makine öğrenmesinin popüler ve en temel görevlerinden bir tanesidir. Bilinmeyen bir veri parçasının bilinen bir gruba yerleştirilmesinde kullanılmaktadır (Harrington, 2012).

Örneklerden çıkarım olarak da adlandırılan sınıflandırmada temel amaç, kavram tanımı elde edildikten sonra, daha önce algoritmaya belirtilmemiş örnekleri maksimum doğrulukla etiketleyecek sınıflandırıcıyı geliştirmektir (Çakır, 2005).

Makine öğrenmesi sınıflandırması, literatürde örüntü tanımı olarak da adlandırılmaktadır (Cen vd, 2010; Alpaydın, 2006).

3.1. Modeller

Çalışma kapsamında lojistik regresyon, rastgele orman, en yakın K-Komşu ve torbalama sınıflandırma algoritmaları kullanılmıştır.

Sınıflandırma algoritmaları için Scikit-learn kütüphanesinden Lojistik regresyon, rastgele orman, en yakın k-komşu ve torbalama için gerekli sınıflandırıcılar kullanılmıştır.

3.1.1. Lojistik Regresyon

Lojistik Regresyon çalışmada kullanılan sınıflandırma algoritmalarından bir tanesidir. Temel amacı minimum değişken kullanarak en iyi uyuma sahip olabilecek bağımlı ve bağımsız olarak değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamak için en uygun modeli bulmaktır.

Lojistik regresyon algoritmasını önemli kılan etkenler şunlardır: log oranlarında uygulanan tahmini değişkenlere ait katsayıların tahmin edilebilme kolaylığı, belirli bir konuya ait sonucu geliştirme olasılığını tahmin edebilme kabiliyeti ve yaygın kullanım alanıdır (Barkus vd., 2006).

Çalışmada, Sklearn kütüphanesinde yer alan linear_model kütüphanesindeki lojistik regresyon, maksimum iterasyon sayısı 1000 olacak şekilde kullanılmıştır.

3.1.2. Rastgele Orman

Rastgele orman algoritması, torbalama algoritmasına dayalı bir karar ağacı tabanlı bir topluluk öğrenme algoritmasıdır (Bonaccorso, 2020; Breiman, 2001).

Rastgele orman algoritması, birden fazla karar ağacı üzerinden her bir karar ağacını farklı bir gözlem örneği üzerinde eğiterek çeşitli modeller üretip, sınıflandırma oluşturulmasını sağlamaktadır. Sınıflandırma işlemi sırasında, her bir karar ağacı, o ağacın eğitiminde kullanılmayan örneklerin sınıflandırılmasına oy verir. İşlemin sonunda ise en çok oyu alan sınıf döndürülür. (Han ve Ark., 2012; Kotu ve Deshpande, 2019).

Çalışmada, Sklearn kütüphanesinde yer alan RandomForestClassifier kütüphanesi, rastgele durumu 1 ve maksimum derinliği 10 olarak kullanılmıştır.

3.1.3. En Yakın K-Komşu

KNN, yöntem denetimli öğrenme metotları arasında yer alıp, sınıflandırma problemlerini çözmek için kullanılan bir modeldir. Bu yöntemde, sınıflandırılan verilerin eğitim setinin normal veri kümeleri ile benzerliği hesaplanarak ve verilen n en yakın verinin ortalaması alınarak elde edilen eşik değerine göre sınıflandırma yapılır. Bu algoritmanın temeli, sınıflandırma yapılmadan önce her sınıfın niteliklerinin önceden açıkça belirtilmesidir (Kaymaz 2007).

Çalışma kapsamında, Sklearn kütüphanesinde yer alan KNeighborsClassifier kütüphanesi, komşu sayısı olan n parametresi 5 kabul edilerek kullanılmıştır. Farklı komşu parametreleri kullanılsa da en iyi sonuç komşu sayısı 5 olarak seçildiğinde alınmıştır.

3.1.4. Torbalama Sınıflandırma

Torbalama sınıflandırma yönteminin amacı genel olarak performansı iyileştirmek amacıyla birden fazla modelden alınan kararı iyileştirmektir. Tahminlerin birleştirilmesi aşamasında regresyon ağaçları için ortalama alınırken sınıflandırma ağaçlarında sonuçlar oylama ile belirlenmektedir (Şevket, 2019).

Çalışmada, torbalama olarak da nitelendirilen bagging Sklearn kütüphanesinde yer alan baggingClassifier kütüphanesi kullanılmıştır.

5. Karşılaştırma Yöntemleri

Sonuçları karşılaştırmak için doğruluk değeri, kesinlik değeri, duyarlılık değeri ve F1 değeri kullanılmıştır.

Doğruluk değeri aşağıdaki formülde belirtildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Doğruluk Değeri} = \frac{TP + TN}{TP + FP + TN + FN}$$

Burada, doğru pozitif (TP) ve doğru negatif (TN) modelin doğru olarak tahminlendiği, yanlış pozitif (FP) ve yanlış negatif (FN) ise modelin yanlış olarak tahminlendiği alanlardır.

Kesinlik değeri ise pozitif olarak tahminlediğimiz değerlerin gerçekte kaç adedinin pozitif olduğunu göstermektedir. Kesinlik değeri aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Kesinlik Değeri} = \frac{TP}{TP + FP}$$

Duyarlılık değeri, pozitif olarak tahmin etmemiz gereken işlemlerin kaç tanesini pozitif olarak tahmin edildiğinin bir ölçüsüdür. Duyarlılık değeri aşağıda belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$\text{Duyarlılık Değeri} = \frac{TP}{TP + FN}$$

F1 skor değeri bize, kesinlik ve duyarlılık değerlerinin uyum ortalamasını göstermektedir. F1 skor değeri aşağıdaki belirtilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$F1 = 2 * \frac{\text{Kesinlik} * \text{Duyarlılık}}{\text{Kesinlik} + \text{Duyarlılık}}$$

6. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Şarkı türleri ve şarkılara ait dans edilebilirlik, enerji, canlılık, vocal miktarı, modu, ses yüksekliği ve benzeri özellikleri ile bağlantılı olduğu gözlenmektedir. Şarkıların özelliklerine göre şarkı türü tahminleme çalışması sonuçlarında, veri seti üzerinde her türün içerdiği şarkı farkları da doğruluk oranında yanlısamalara sebep olmaktadır. Sınıflandırma algoritmalarında ise Topluluk öğrenimi (Ensemble Learning) algoritmalarında iyi sonuç alındığı gözlenmektedir.

Bunu en yakın K-komşu takip etmektedir. Komşu sayısı arttıkça doğruluk oranı da düşmektedir. Genel olarak zayıf doğruluk bulunmaktadır.

Şarkı türü tahminleme çalışmasında kullanılan lojistik regresyon, rastgele orman, en yakın K-komşu ve torbalama sınıflandırma algoritmalarının doğruluk değerleri Tablo 1.'de listelenmiştir.

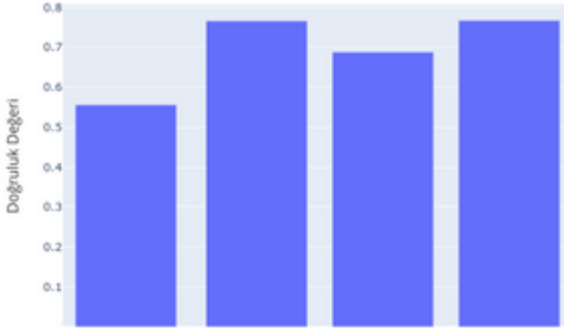
Tablo 1. Model Sonuçları

Model Adı	Doğruluk Değerleri
Lojistik Regresyon	0.5555744680851064
Rastgele Orman	0.6882269503546099
En yakın K-Komşu	0.7657872340425532
Torbalama Sınıflandırma	0.7668652482269503

Tablo 1'de verilen sonuçlara göre en iyi doğruluk değerini torbalama algoritması vermektedir. Tablo 1'deki sonuçlar grafik olarak ta Şekil 10'da verilmiştir.

Şekil 10'da görüleceği gibi en iyi sonuçlar en yakın K-Komşu ve torbalama sınıflandırma yöntemlerinde alınmaktadır. Torbalama sınıflandırma da aldığımız en iyi sonuçtur.

Şekil 10. Sırasıyla; Lojistik regresyon, En yakın K-Komşu, Rastgele orman, torbalama sınıflandırma algoritmaları



Veri setinde yer alan şarkı türleri ve veri setinde türlerin şarkı adetleri şekil 11’de listelenmiştir.

Şekil 11. Tür Sayıları

Underground Rap	5875
Dark Trap	4578
Hiphop	3028
trance	2999
trap	2987
techhouse	2975
dnb	2966
psytrance	2961
techno	2956
hardstyle	2936
RnB	2099
Trap Metal	1956
Rap	1848
Emo	1680
Pop	461

Torbalama yöntemine göre doğruluk ve ağırlıklı F1 değerleri Tablo 2.’de sunulmuştur.

Tablo 2. En iyi algoritma sonuçları

Algoritma	Doğruluk Değeri	Ağırlıklı F1 Skoru
Torbalama	0.74	0.73

Doğruluk, duyarlılık ve F1 skoru hesaplanmasında model çıktısına bakılmaktadır.

Sonuçları karşılaştırmak için kullanılan doğruluk değeri, kesinlik değeri, duyarlılık değeri ve F1 değeri Tablo 3’de listelenmiştir.

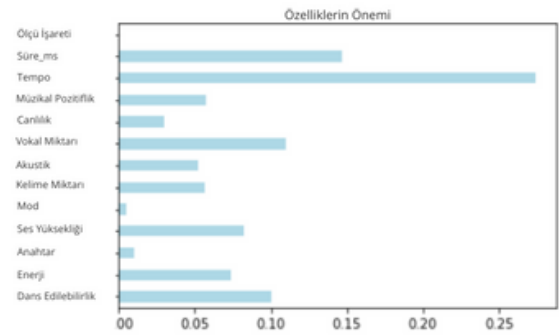
Tablo 3. Tür Sınıflandırma Sonuçları

Tür	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Skoru	Destek Değeri
Dark Trap	0.53	0.43	0.47	1211
Emo	0.78	0.90	0.83	1132
Hiphop	0.59	0.62	0.61	1211
Pop	0.79	0.97	0.87	1140
Rap	0.68	0.83	0.74	1270
RnB	0.67	0.70	0.69	1168
Trap Metal	0.67	0.75	0.71	1225
Underground Rap	0.42	0.12	0.19	1149
dnb	0.95	0.96	0.96	1162
hardstyle	0.83	0.87	0.85	1107
psytrance	0.87	0.92	0.90	1187
techhouse	0.90	0.88	0.89	1185
techno	0.87	0.89	0.88	1166
trance	0.83	0.82	0.82	1169
trap	0.88	0.84	0.86	1143
Doğruluk Değeri			0.77	17625
Makro Ortalama	0.75	0.77	0.75	17625
Ağırlıklı Ortalama	0.75	0.77	0.75	17625

Veri setinde yer alan şarkı türlerin torbalama algoritmasına göre kesinlik, duyarlılık, f1 skoru ve destek değerleri Tablo 3’de verilmiştir.

Analiz ettiğimiz özelliklerin sonuçları ise lojistik regresyon algoritmasına göre incelediğimizde şekil 12’de görülmektedir.

Şekil 12. Özelliklerin Önemi



Veri setinde şarkı türlerine ait özellikleri, çalışmanın tur analizindeki önemi Şekil 12’de belirtilmiştir.

7. Sonuç

Çalışma kapsamında şarkı türü analizi için dans edilebilirlik, enerji, canlılık, vokal miktarı, modu, ses yüksekliği ve benzeri özellikleri incelenmiştir. Bu inceleme sonucunda Şekil 9.’da aktarıldığı gibi tür analizinde özelliklerin birbirleri ile olan ilişkisi görülmektedir. Şarkı Türü tahminlemesi için yapılan çalışmada bu özellikler önemli bir yer almaktadır. Şekil 10’da görüldüğü gibi tür tahminlemesi için kullanılan lojistik regresyon, en yakın K-komşu, rastgele orman, torbalama sınıflandırma algoritma sonuçlarından en iyi sonuçlar K-komşu ve torbalama algoritmalarından alınmıştır.

Tablo 2’de gösterildiği üzere en iyi sonuç torbalama algoritmasında alınmaktadır.

Türlere ait özellikler bir türün tahmininde benzerlik gösterdiği için skorlara da yansımaktadır. Şekil 11’de de görüleceği gibi veri setinde yer alan türlerin sayıları sonuçlarda dengesizliğe sebep olmaktadır. Şarkı türleri benzer özellikleri içerdiği için tahmin sonuçları da yüksek değerler vermemektedir.

8. Teşekkür

Çalışmamda müzik öneri sistemi öncesinde yapmam gereken tür özellik analizi ve sınıflandırma algoritmaları ile tür tahminleme içeriği fikirleri ve destekleri için sayın Doç. Dr. Vahide Bulut’a teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- [1] *Sklearn.svm.LinearSVC*. scikit. (n.d.). Retrieved September 11, 2022, from <https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.svm.LinearSVC.html>
- [2] *About Spotify*. Spotify. (2022, July 27). Retrieved September 11, 2022, from <https://newsroom.spotify.com/company-info/>.
- [3] Mavuduru, A. (2021, February 10). *How to build an amazing music recommendation system*. Medium. Retrieved September 11, 2022, from <https://towardsdatascience.com/how-to-build-an-amazing-music-recommendation-system-4cce2719a572>
- [4] T., Tibshirani, R. & Friedman, J. (2008). *The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction*, Second Edition, Springer.
- [5] Rajavarman, V.N. ; Rajagopalan, S.P. ; Comparison between Traditional data mining Techniques and Entropy-based Adaptive Genetic Algorithm for Learning Classification Rules; *International Journal of Soft Computing* Vol 2 Issue 4; 2007; 555-561.
- [6] Öztemel, E. (2012). *Yapay sinir ağları*. (3.baskı). İstanbul: Papatya Yayıncılık.
- [7] Han, J., Kamber, M. and Pei, J. (2012). *Data mining: Concepts and techniques*. (3rd Edition). Waltham: Morgan Kaufmann.
- [8] J. Khairnar and M. Kinikar, “Machine learning algorithms for opinion mining and sentiment classification,” *International Journal of Scientific and Research Publications*, vol. 3, no. 6, pp. 1–6, 2013.
- [9] N. Mishra and C. K. Jha, “Classification of opinion mining techniques,” *International Journal of Computer Applications*, vol. 56, no. 13, pp. 1–6, 2012.
- [10] Watts JD, Lawrence RL. 2008. Merging random forest classification with an object-oriented approach for analysis of agricultural lands, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII(B7)
- [11] Loh WY, Shih YS. 1997. Split selection methods for classification trees. *Statistica Sinica* 7: 815-840.
- [12] Wang, C., Long, Y., Li, W. et al. (2020). Exploratory study on classification of lung cancer subtypes through a combined K-nearest neighbor classifier in breathomics. *Sci Rep*, 3;10(1):5880. doi: 10.1038/s41598-020-62803-4.
- [13] *JULUSLARARASI SAĞLIK YÖNETİMİ VE STRATEJİLERİ ARAŞTIRMA DERGİSİ* <http://dergipark.gov.tr/usaysad> (VERANYURT, Ü /DEVECİ, AF /ESEN, MF /VERANYURT,
- [14] Mercaldo, F., Nardone, V., Santone, A. (2017). Diabetes Mellitus Affected Patients Classification and Diagnosis through Machine Learning Techniques. *Procedia Computer Science*, 112: 2519-228.
- [15] Mujumdar, A., Vaidehi, V. (2019). Diabetes Prediction Using Machine Learning Algorithms. *Procedia Computer Science*, 165: 292–299.
- [16] Cover, T. and Hart, P. (1967). Nearest neighbor pattern classification, *Information Theory, IEEE Transactions*, 13: 21-27.
- [17] Breiman, L. (2001). Random forest. *Mach. Learn*, 45: 5–32. doi: 10.1023/A:1010933404324.
- [18] “Analysis of Top Tracks in Spotify.” <https://web.stanford.edu/>, 25 Oct. 2018, web.stanford.edu/~kjtay/courses/stats32-aut2018/Session%208/Spotify_final.html.
- [19] Ay, Yamac Eren. “Spotify Dataset 1921-2020, 160k+ Tracks.” Kaggle, 24 Jan. 2021, www.kaggle.com/yamaerenay/spotify-dataset-19212020-160k-tracks.
- [20] Alpaydm, E., 2014, *Introduction to Machine Learning*, MIT Press, ISBN: 978-0-262-02818-9.
- [21] Alpaydm, E., 2006, *Projects in Machine Learning*, <http://web.eecs.utk.edu/~parker/Courses/CS594spring06/handouts/Introduction.pdf>,
- [22] Harrington, P., 2012, *Machine Learning in Action*, 1st Edition, Manning Publications Shelter Island, NY, ISBN: 978-1-61729-018-3.
- [23] *Ölçü ve ölçü çizgisi nedir, ölçü işaretidir Nedir*. Eğitim Sistem. (n.d.). Retrieved September 11, 2022, from <https://www.egitimsistem.com/olcu-isareti-nedir-86365h.htm>
- [24] Gürsakar, N. (2001) *Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri*, Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa.
- [25] Gürsakar, N. (2007) *Betimsel İstatistik Minitab, Spss, Statistica, Excel Uygulamalı*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- [26] Akpınar, H. (2000) “Veri Tabanlarında Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği”, İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, Cilt 29, Sayı 1/Nisan, s. 1–22.
- [27] Yıldırım, P., Uludağ, M. ve Görür, A. (2007), “Hastane Bilgi Sistemlerinde Veri Madenciliği”, Akademik Bilişim Kongresi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, 30 Ocak-1 Şubat 2007.
- [28] Ganesh, S. (2002) “Data Mining: Should it be included in the ‘Statistics’ curriculum?”, *The Sixth International Conference on Teaching Statistics*, Cape Town, South Africa, 7–12 July.
- [29] Koyuncu, A. S. (2007) “Veri Madenciliği ve Sermaye Piyasalarına Uygulaması”, Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Raporu, Araştırma Dairesi, 28.02.2007 ASK/1
- [30] Santos, J. D. D. (2017, May 31). *Is my Spotify music boring? an analysis involving music, data, and machine learning*.

Medium. Retrieved September 11, 2022, from <https://towardsdatascience.com/is-my-spotify-music-boring-an-analysis-involving-music-data-and-machine-learning-47550ae931de>

- [31] Ay, Şevket. (2019, December 16). *Ensemble learning-bagging VE boosting*. Medium. Retrieved September 11, 2022, from <https://medium.com/deep-learning-turkiye/ensemble-learning-bagging-ve-boosting-50643428b22b>



Derin Öğrenme Yöntemleri ile Bitki Yaprakları Üzerindeki Hastalıkların Sınıflandırılması

Furkan Alp Esen¹, Aytuğ Onan²

¹ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2157-3057), furkanalpesen@gmail.com

² İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yazılım Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9434-5880), aytugonan@gmail.com

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1181081)

ATIF/REFERENCE: Esen, F. A. & Onan, A. (2022). Derin Öğrenme Yöntemleri ile Bitki Yaprakları Üzerindeki Hastalıkların Sınıflandırılması, (40), 151-155.

Öz

Teknolojik olarak ileriye gittiğimiz günümüz dünyasında tarımsal faaliyetlerin verimli hale getirilmesi her geçen gün daha da çok zaman harcıyoruz. Elimizdeki kaynakları teknolojik yöntemler ile destekleyerek bu harcadığımız zamanı kısaltabiliriz. Bilgisayarlı görü ve derin öğrenme yöntemlerinin etkin olarak işletilmesi ile eğitilen modelleri kullanarak yapacağımız her bir tahmin ile bitkinin hastalığını teşhis edebiliriz. Görüntü tabanlı sınıflandırma algoritmaları olan daha önceden farklı amaçlar için eğitilmiş modellerin bizim problemimiz için kullanıldığında ne gibi sonuçlar almışız onu inceliyor olacağız. Adına aktarımlı (transfer) öğrenme dediğimiz bu yöntem ve topladığımız veri setinin verdiği sonuçları, bize şimdiki çalışma ve gelecekteki çalışmalar için nasıl daha etkili yöntemlere ihtiyaç var sorusunun cevabını verecektir.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Bilgisayarlı Görü, Aktarımlı Öğrenme, Veri Seti, Optimizasyon, Model Testi.

Deep Learning Based Plant Diseases Classification

Abstract

In today's world, where we move forward technologically, we spend more and more time to make agricultural activities efficient. We can shorten the time we spend by supporting the resources we have with technological methods. We can diagnose the disease of the plant with each prediction we make using models trained by the effective operation of computer vision and deep learning methods. We will be examining what results we have obtained when the models, which are image-based classification algorithms, were used for our problem, which were previously trained for different purposes. This method, which we call transfer learning, and the results of the dataset we collect, will give us the answer to the question of how more effective methods are needed for current and future studies.

Keywords: Deep Learning, Computer Vision, Transfer Learning, Dataset, Optimization, Model Testing

¹ Sorumlu Yazar: furkanalpesen@gmail.com

1. Giriş

Tarımsal faaliyetler; üzerinde yaşadığımız topraklar olan Anadolu coğrafyası için oldukça büyük bir öneme sahiptir. En eski keşiflerin olduğu 8000 bin öncesinde bile yerleşik hayata geçişin başlangıcı olarak tarımın başlangıcı denebilir. Her gelen yeni nesil kendi yaşadığı topluma ve döneme bağlı olarak farklı şekillerde tahıl, bitki, meyve yetiştiriciliği yapmıştır. Bizler günümüzde son nesil olarak halen dahi aynı teknikleri kullansak bile çok daha fazla teknolojik ve bilgi birikimine sahibiz. Fakat elimizdeki imkanları değerlendirmek yine bize bağlıdır.

Bilgisayar dünyasındaki gelişmeler ile hayatımıza artık entegre olmuş birçok araç ile beraber yaşıyoruz. İnternet ve akıllı telefonlar bu alanda oldukça büyük bir paya sahip. Peki bu araçları bitkilerin olduğu bir dünyada nasıl entegre edebiliriz? Sorusu aslında çözümün ilk adımı olabilir. Akıllı tarım faaliyetlerinin artması ile beraber yavaş yavaş benimsemiş durumdayız. Bunların en çok kullanılan örnekleri; akıllı sulama, akıllı gübreleme, güneş ve nem durumlarına göre ortamın sıcaklığının ayarlanması gibi pek çok parametrenin olduğu farklı senaryoları düşünebiliriz.

Bu makalede doğal olarak oldukça geniş bir yelpazeden bahsetmemiz imkansız. Asıl odaklandığımız konu toprak üzerinde yetişebilen veya yetişmesi planlanan tüm bitkiler için olabilecek her türlü hastalığın teşhisini yapmaktır. Bitki üzerinde hastalığın tespitini yapraklarına bakarak anlayabiliy isek yaprakların görüntülerini toplayıp işleyebiliriz. Bilgisayarlı görü ile derin öğrenmeyi birlikte kullanarak daha önceden farklı görüntü problemleri için eğitilmiş modelleri bitki yaprakları üzerindeki hastalıkların tespiti için de kullanabiliriz. Aktarımlı öğrenme yöntemi olarak da geçen bu yöntem ile toplanan veri setinin AlexNet, GoogleNet gibi bazı modellerinin eğitiminin ardından veri seti içerisindeki bitki ve hastalık kategorisi kadar tahminlemeler yapılabilir. Alınan tahmin sonuçları; modellerin eğitim süreleri, verinin kalitesi gibi farklı değişkenlere bağlı olarak makale içerisindeki tablolar üzerinde kıyaslamalı olarak gösterilmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Konvolüsyonel Sinir Ağı Modelleri

Derin öğrenme yöntemi; yapay zekanın alt alanlarından biridir. Yapay sinir ağları geliştirilerek matematiksel ve istatistiksel hesaplamaların yapılması ile probleme ait verilerin işlenmesidir. İşlenen veriler; yapay sinir ağının en son katmanında birer sonuca yani tahmine dönüşür. Farklı metrikler ile alınan sonuçlar değerlendirilerek tahminleme işinin başarısı ölçülmektedir.

Yapay sinir ağlarının eğitimi model eğitmek olarak da kullanılır. Model eğitme işlemi problemin türüne göre değişkenlik gösterir. Bilgisayarlı görü olarak adlandırdığımız alan ile birlikte bu makalede odaklanılan kısım görüntü içerikli problemler olacaktır. Görüntü tabanlı problemlerin çözümünde kullanılan yapay sinir ağlarından oluşan algoritmalar ve mimariler "Konvolüsyonel Sinir Ağı (Convolutional Neural Network)" ismi ile literatürde geçmektedir. Konvolüsyonel sinir ağları giriş değeri olarak(input) bir görüntü bekler. Sinir ağına verilen görüntü o sinir ağının mimarisine göre katmanlardan geçerek hesaplamaları yapılır. Bizim beklediğimiz sinir ağının çıktısı bir hastalık grubu olduğu için doğal olarak farklı hastalıklar için sınıflandırmanın

yapıldığını bu problemin de sınıflandırma problemi olduğunu söyleyebiliriz.

Topladığımız veri seti içerisinde; 4 elma,1 arkaplan, 1 yabanmersini, 2 kiraz, 4 mısır, 1 portakal, 2 şeftali, 2 biber, 3 patates, 1 böğürtlen, 1 soya fasulyesi, 1 kabak, 2 çilek ve 10 adet domates olmak üzere toplamda 39 farklı bitki yaprağı sınıfı bulunmaktadır. Doğal olarak eğitimini yaptığımız yapay sinir ağı olan konvolüsyonel sinir ağlarından elde edilen çıktı, 39 adet sınıftan birisi olacaktır. Sınıflandırma işleminin ardından elde edilen sonuç belirli bir yüzdelik orana sahip olmak zorundadır. Bu yüzdelik oran bize tahmin işleminin ne kadar başarılı ya da başarısız olduğunu kıyaslamasında kritik bir öneme sahiptir. Başarım oranları farklı metrik ölçüm yöntemleri barındırabilir fakat bizim üzerinde çalıştığımız modeller "Accuracy (doğruluk)" metriği ile kıyaslanmıştır.

2.2. Aktarımlı Öğrenme (Transfer Learning) Yaklaşımı

Aktarımlı öğrenme; yapay sinir ağlarının tekrar kullanılabilmesi, daha başarılı sonuçlar elde etmek için geliştirilmiş bir yöntemdir.

Yapay sinir ağları farklı problemler için farklı şekillerde tasarlanır ve amacı doğrultusunda kullanılıp geliştirilmeye devam eder. Örneğin metinsel bir problem üzerinde çalışılıyor ise geliştirilen model metinsel problemler için kullanılıp geliştirilmeye devam edilmelidir. Aynı şekilde bizim makalemizde ele aldığımız problem, görsel tabanlı bir problem olduğu için geliştirilen mimariler yani yapay sinir ağları görüntü verileri ile eğitilerek sonuçlar üzerinde analizler yapılmalıdır. Daha önceden farklı görüntü sınıflandırma problemleri için Google, Nvidia, Microsoft gibi firmaların derin öğrenme çalışmalarında kaynak olması veya geliştirme yapılan programlama dilinde içerisindeki kütüphaneler ile eğitilmiş modeller üzerinde çalışmalar yapabiliyoruz. Makalemizde işlenen bitki yapraklarından elde edilen görüntülerin hangi hastalık grubuna ait olduğunu tahmin edebilmek için eğitilen bazı modelleri kendi kaynaklarımız ve verisetimiz ile tekrar eğiterek sonuçlar aldık. Aktarımlı öğrenme ile elde ettiğimiz sonuçlar ilerleyen bölümlerde incelenebilir.

Aktarımlı öğrenme için kullanılan konvolüsyonel sinir ağlarından bazıları:

Alexnet: AlexNet, Alex Krizhevsky tarafından Ilya Sutskever ve Krizhevsky'nin danışmanı olan Geoffrey Hinton ile işbirliği içinde tasarlanan bir evrimsel sinir ağı mimarisinin adıdır.

DenseNet161: DenseNet, tüm katmanları (eşleşen özellik haritası boyutlarıyla) doğrudan birbirine bağladığımız Yoğun Bloklar aracılığıyla katmanlar arasındaki yoğun bağlantıları kullanan bir tür evrimsel sinir ağıdır. İleri beslemeli doğayı korumak için, her katman önceki tüm katmanlardan ek girdiler alır ve kendi özellik haritalarını sonraki tüm katmanlara iletir.

ResNet: ResNet, 2015 yılında Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren ve Jian Sun tarafından önemli ölçüde daha derin olan ağların eğitimini kolaylaştırmak için "Deep Residual Learning for Image Recognition" makalesinde tanıtılan belirli bir sinir ağı türüdür. ResNet'in başarılarından bahsedecek olursak:

ImageNet veri setinde, VGG ağlarından daha derin, ancak yine de daha düşük karmaşıklığa sahip 152 katmana kadar derinliğe sahip artık ağların değerlendirilmesi sonucunda %3,57 hata oranı ile ILSVRC 2015 sınıflandırma görevinde 1. oldu.

Faster R-CNN'de VGG-16 katmanlarının ResNet-101 ile değiştirilmesiyle COCO nesne algılama veri kümesinde %28 iyileşmeler gözlemlendi.

ILSVRC ve COCO 2015 yarışmasında ImageNet Algılama, ImageNet yerelleştirme, COCO algılama ve COCO segmentasyonunda 1. oldu.

VGG-16: VGG-16, basit bir ağ modeli olup öncesindeki modellerden en önemli farkı evrişim katmanlarının 2'li ya da 3'li kullanılmasıdır. Tam bağlantı (FC) katmanında $7 \times 7 \times 512 = 4096$ nöronlu bir öznitelik vektörüne dönüştürülür. İki FC katmanı çıkışında 1000 sınıflı softmax başarımı hesaplanır. Yaklaşık 138 milyon parametre hesabı yapılmaktadır. Diğer modellerde olduğu gibi girişten çıkışa doğru matrislerin yükseklik ve genişlik boyutları azalırken derinlik değeri (kanal sayısı) artmaktadır.

EfficientNet B0 – Efficient B7: EfficientNet, bir grup evrişimli sinir ağı modeli olarak düşünülebilir. Ama tabii ki

incelikleri sayesinde adından da anlaşılacağı gibi kendisinden önceki modellerin çoğundan efektif/verimli (efficient)dir. EfficientNet grubu B0-B7 arasında 8 tane modelden oluşur ve sayı büyüdükçe hesaplanan parametre sayısı ve doğruluk artar. Üç temel adımda neden daha verimli olduğunu anlamak mümkün.

Depthwise Evrişim + Pointwise Evrişim: Hesaplama maliyetini asgari doğruluk kaybıyla önemli ölçüde azaltmak için orijinal evrişimi iki aşamaya böler.

Ters çevrilmiş Res: Orijinal ResNet blokları, kanalları sıkıştıran (squeeze) bir katmandan sonra kanalları genişleten (expand) bir katmandan oluşur. Böylece atlama bağlantıları (skip connections) ile zengin kanal katmanlarını bağlar. Ancak MBConv'da, bloklar önce kanalları genişleten, sonra bunları sıkıştıran bir katmandan oluşur, böylece daha az kanala sahip katmanlar atlanarak bağlanır.

Lineer darboğaz: ReLU'dan bilgi kaybını önlemek için her bloktaki son katmandaki lineer aktivasyonu kullanır.

Şekil 1. Farklı Konvolüsyonel Sinir Ağı Mimarileri Katman Sayıları ve Parametre Boyutları

Model	No. of Layer	Parameters (Million)	Size
AlexNet	8	60	-
VGGNet-16	23	138	528 MB
VGGNet-19	26	143	549 MB
Inception-V1	27	7	-
Inception-V3	42	27	93 MB
ResNet-152	152	50	132 MB
ResNet-101	101	44	171 MB
InceptionResNetV2	572	55	215 MB
MobileNet-V1	28	4.2	16 MB
MobileNet-V2	28	3.37	14 MB
EfficientNet B0	-	5	-

Şekil 2. Bitki Hastalığı Tespiti İle İlgili Benzer Çalışmalar

Author	Methods	Results
Mohanty et al. [24] (2016)	AlexNet and GoogleNet	99.27% in AlexNet 99.34% in GoogleNet
Sladojevic et al. [26] (2016)	Finetuned CNN architecture	96.3% accuracy
Ramcharan et al. [4] (2017)	Inception V3 based on GoogleNet	93% accuracy
Fuentes et al. [23] (2017)	Faster R-CNN	83% accuracy
Ferentinos et al. [25] (2018)	AlexNetOWTBn and VGG	99.49% in AlexNetOWTBn 99.53% in VGG
Ramacharan et al. [44] (2019)	Single-shot multibox (SSD) model with MobileNet detector and classifier	80.6% accuracy on images 70.4% accuracy on video
Geetharamani et al. [35] (2019)	Nine-layer deep CNN	96.46% accuracy
Chen et al. [2] (2020)	INC VGGN	92% accuracy
Li et al. [41] (2020)	Shallow CNN with SVM and RF	94% accuracy
Oyewola et al. [43] (2021)	Deep residual neural network (DRNN)	96.75% accuracy

2.2. Veri Seti

Çalışma içerisinde modellerin eğitimi ve sonuçlar üzerinde büyük bir etkiye sahip olan materyalimiz veri setidir. Kullanılan veri seti elbetteki alınan çıktılarını yani tahminleme işleminin ne derece başarılı olacağını belirler. Bu çalışma içerisinde kullanılan veri seti: "Data for: Identification of Plant Leaf Diseases Using a 9-layer Deep Convolutional Neural Network" ismi ile data.mendeley.com dan erişilebilir. Herkese açık şekilde kullanıma açıktır. Veri Setinin içerdiği sınıflardan önceki bölümde bahsetmiştik fakat içerdiği görüntü sayısı ve dağılımları konuşmamıştık. Veri Seti 2 farklı şekilde sunulmaktadır. İlk senaryo veri seti "veri artırma(data augmentation)" yöntemini içermeyen yani görüntü sayısının ve çeşitliliğin az olduğu durum. Bu senaryoyu yapmadık çünkü modelimizin başarısı veri sayısına bağlı olduğu için diğer senaryoyu yani veri artırma yöntemi uygulanmış olanı seçtik. Seçilen veri setine ait durum:

Şekil 3. Verisetinin İçeriğinden Bir Kesit

Class	Plant Name	Diseases Name	Causes Name	Virus	Type of Diseases	No. Of Images
C27	Apple	Apple Black Rot			Rot	1000
C28	Apple	Apple Scab				1000
C29	Corn	Corn Common Rust			Rust	1000
C30	Corn	Corn Gray Leaf Spot			Spot	1000
C31	Grape	Grape Black Rot				1000
C32	Tomato	Tomato Bacterial Spot	Spot		Bacteria - Spot	1000
C33	Tomato	Tomato Late Blight			Pest	100
C34	Tomato	Tomato Leaf Mold				1000
C35	Tomato	Tomato Mosaic Virus	Tomato Mosaic	Viral		1000

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

Önceki bölümlerde açıklanan CNN mimarileri üzerinde yapılan geliştirme sonucunda, accuracy değerleri ile karşılaştırmasını yaparsak en başarılı modelin VGG16 olduğunu görürüz. Modellerin başarıları; veri setinin eğitim, test ve doğrulama olacak şekilde 3 parçaya ayrılması ve hangi oranlarda içerisinde veriye sahip olacağı tamamen bize bağlıdır. Biz bu çalışmada; eğitim için %60, test için %30 ve doğrulama için ise %10 olarak ayırdık ve modelleri ona göre eğittik. Farklı veri seti bölme yöntemleri de denenerek karşılaştırılmalı sonuçların arasına eklenebilir.

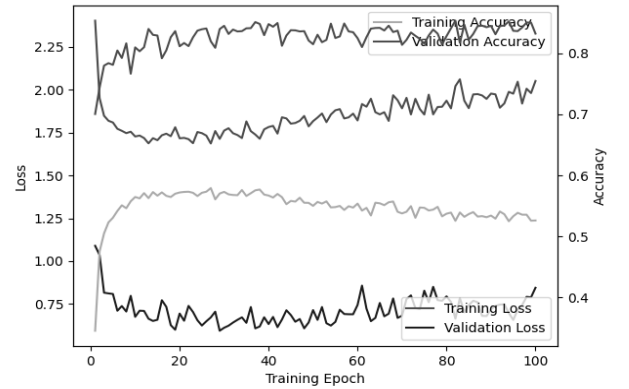
Araştırma sonucunda, uzunca bir eğitim süresini geride bıraktık. Her bir modelin baştan eğitilmesi işlemi elbetteki modelin büyüklüğüne bağlı olarak 100'er epoch ile Nvidia GTX 1650 ekran kartı üzerinde ortalama 16 saatten fazla sürmüştür. Modellerin tablo halinde karşılaştırılmalı olarak gösterimi aşağıda mevcuttur.

Tablo 1. Modellerin Başarım Karşılaştırması

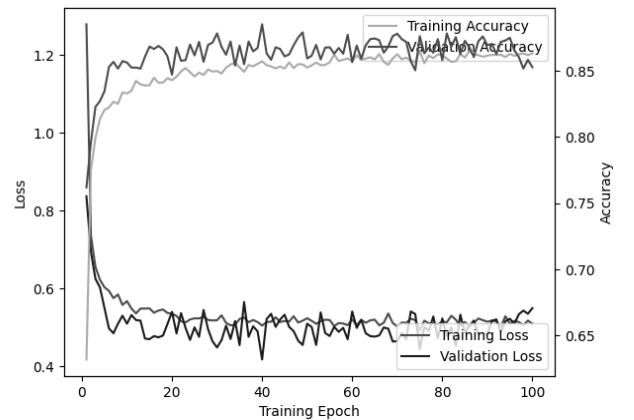
Model Name	Training Time	Total Epoch	Best Epoch	Accuracy
AlexNet	163m 24s	100	82	0.8535
DenseNet	925m 17s	100	71	0.8765
VGG16	367m 21s	100	100	0.9488
ResNet18	139m 1s	100	56	0.9289
Efficient Net B7	602m 50s	75	97	0.9248
Efficient Net B0	190m 20s	100	40	0.8852

Bazı Modellerin eğitimden sonraki Accuracy – Loss grafiklerini görebiliriz.

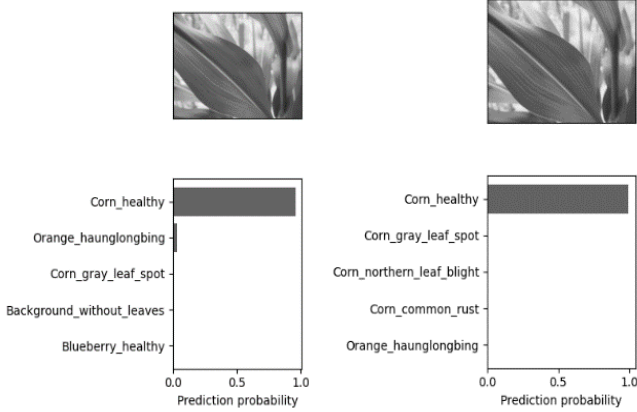
Şekil 4. AlexNet Eğitim Grafiği



Şekil 5. Efficient Net B0 Eğitim Grafiği



Eğitilen modellerin hastalıklı bitki yaprağı görüntüsü üzerindeki başarılarını incelemek istersek alt kısma bakabiliriz:

Şekil 6. Efficient Net B7 ve AlexNet Tahmin Görüntüleri
Corn_healthy Corn_healthy

Tablo 2. Modellerin Tahmin Değerleri

Model Name	Top Predicted	Score
AlexNet	Corn_healthy	0.9959
DenseNet	Corn_healthy	0.5468
VGG16	Corn_healthy	1.000
ResNet18	Corn_healthy	0.9999
EfficientNet B7	Corn_healthy	0.9540
EfficientNet B0	Corn_healthy	0.9598

4. Sonuç

Bitki yapraklarının hastalıklarını tespit etmek ve sınıflandırmak amacıyla yapılmış çalışmalar bulunabilir. Fakat henüz ticari amaçlı kullanılabilir kadar etkili değildir. Üzerinde geliştirmelere devam edilmesi gerekmektedir. Gelişimi doğrudan etkileyecek olan ise veri setinin çeşitliliği ve sayısının artması olacaktır. Biz bu çalışmada Mendeley Plant Diseases Dataset'i kullandık. Literatürdeki ismi ile "Data for: Identification of Plant Leaf Diseases Using a 9-layer Deep Convolutional Neural Network" bulunabilir. Bu veri seti içerisinde 39 farklı kategori, 61.486 adet görüntü bulunmaktadır. Görüntü sayısını artırmak için uygulanan artırma teknikleri flipping, gamma correction, noise injection, PCA color augmentation, rotation, and scaling uygulanmıştır. Bitki yapraklarındaki hastalıkların tespiti için farklı derin öğrenme teknikleri eğitilmiştir. Eğitimden sonra alınan sonuçlar arasında en iyi başarıyı veren %94.88 ile VGG16 mimarisi olmuştur. Süre olarak da DenseNet'e ve EfficientNetB0'a göre oldukça düşüktür. ResNet18 eğitim süresi olarak oldukça düşük ve başarımları olarak ortalamadan biraz üstünde bir değer çıkarmıştır. Üzerinde çalışılan bu modeller optimizasyon olarak gelişmiş donanımlı sistemlerde etkili olabilir ancak düşük donanımlı daha çok ihtiyaç olabilecek yerlerde etkili

olmayabilir. Düşük donanım gereksinimleri için diğer mimariler tercih edilebilir. İlk tercih sırasında MobileNetV2 gelebilir.

5. Teşekkür

Tüm araştırma ve geliştirme aşamalarında zamanını ve enerjisini esirgemeyen Aytuğ Onan'a teşekkür ediyorum. Umarız ki akıllı tarım üzerine daha çok çalışırız, projeler geliştiririz. Konu ile alakalı diğer çalışmalarını yapan kaynakçada belirtilenlere de ayrıca teşekkür ediyoruz.

Kaynakça

- Mohanty, S. P. (2016). Plant Science. *Using Deep Learning for Image Based Plant Disease Detection*.
- Sk. Mahmudul Hassan, A. K. (2021). Electronics. *Identification of Plant Leaf Diseases Using CNN and Transfer Learning Approach*.
- Ünal, Z. (2017). A Bibliographical Analysis. *Smart Farming Becomes Even Smarter with Learning*.
- Vu, K. (2021, 27 September). Computer Vision in Agriculture [Blog yazısı]. Erişim adresi: <https://www.kdnuggets.com/2021/09/computer-vision-agriculture.html>
- Lexi, A. (2020, 28 January). Image Classification with Pytorch Transfer Learning [Github]. Erişim adresi: <https://github.com/LexiAM/image-classification-with-pytorch-transfer-learning>
- Kızrak, A. (2019, 20 December). Ölçeklendirme ile CNN Modelinin Doğruluk ve Verimliliği Artırma: EfficientNet [Blog yazısı]. Erişim adresi: <https://ayyucekizrak.medium.com/%C3%B6l%C3%A7lendirme-ile-cnn-modelinin-do%C4%9Fruluk-ve-verimlili%C4%9Fini-art%C4%B1rma-efficientnet-cb6f2b6512de>
- Kızrak, A. (2018, 28 May). Derine Daha Derine: Evrişimli Sinir Ağları [Blog yazısı]. Erişim adresi: <https://ayyucekizrak.medium.com/deri%CC%87ne-daha-deri%CC%87ne-evri%59Fimli-sinir-a%C4%9Flar%C4%B1-2813a2c8b2a9#:~:text=VGG%2D16,1000%20s%C4%B1n%C4%B1fl%C4%B1%20softmax%20ba%C5%9Far%C4%B1m%C4%B1%20hesaplan%C4%B1r>
- Çilek, Ş. (2021, 9 August). ResNet(Residual Network) Nedir? [Blog yazısı]. Erişim adresi: <https://suhedacilek.medium.com/resnet-residual-network-nedir-49105e642566>
- Papers with Code. (2021, 12 February). DenseNet. Erişim adresi: <https://paperswithcode.com/model/densenet?variant=densenet-161>
- Wikipedia. (2022, 8 September). AlexNet. Erişim adresi: <https://en.wikipedia.org/wiki/AlexNet>



Gölcük/Isparta ve Yakın Çevresinde Yer Alan Kayaçların Doğal Radyoaktivite Özelliklerinin İncelenmesi

Osman Çoban¹, M. Nuri Dolmaz^{2*}, Ezgi Erbek-Kıran³, Ömer Elitok⁴

¹Jeofizik Mühendisliği ABD /Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0275-2399) osmncbn001@gmail.com

^{2*}Jeofizik Mühendisliği /Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9185-9835), nuridolmaz@sdu.edu.tr

³Jeofizik Mühendisliği /Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4627-8932), ezgierbek@sdu.edu.tr

⁴Jeoloji Mühendisliği /Mühendislik Fakültesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6879-2575), omereelitok@sdu.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1168183)

ATIF/REFERENCE: Çoban, O., Dolmaz, M.N., Erbek-Kıran, E. & Elitok, Ö. (2022). Gölcük/Isparta ve Yakın Çevresinde Yer Alan Kayaçların Doğal Radyoaktivite Özelliklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 156-160.

Öz

Bu çalışma Türkiye'nin en genç patlamalı volkanları arasında yer alan Gölcük (Isparta) volkanik bölgesinde yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı bölgedeki patlamalı volkanizmaya bağlı olarak gelişen kayaçlardaki radyoaktivite konsantrasyon değerlerinin ölçülerek bölge için bu değerlerin yorumlanması ve elde edilen konsantrasyon değerlerinin insan sağlığı üzerindeki etkileri ile çevresel etkilerinin değerlendirilmesidir. Arazi çalışmaları kapsamında Gama-ışın spektrometresi ve yerinde ölçüm tekniği kullanılarak piroklastik kayaçlar ve volkanik kayaçlar üzerinde toplam 452 noktada Uranyum (U), Toryum (Th), Potasyum (K) ve absorbe doz oranı ölçümleri alınmıştır. Elde edilen ölçümlere ait dağılım haritaları oluşturulmuş ve bölge genelinde yer yer yüksek radyoaktivite değerleri gözlenmiştir. Elde edilen U değerleri 10 ile 350 Bq/kg aralığında değişirken, Th değerlerinin 420 Bq/kg değerine ulaştığı görülmüştür. Her iki konsantrasyon dağılım haritasında da benzer bölgelerde yüksek konsantrasyon değerleri gözlenmiştir. Bölge için ölçülen potasyum değeri ise 2200 Bq/kg değerine ulaşmaktadır. Ölçümler sonucu elde edilen yüksek U ve K değerlerinin bölgedeki volkanik kökenli kayaçların kimyasal açıdan sahip olduğu potasik-ultrapotasik karakterlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Dağılım haritalarından elde edilen sonuçlar bölgenin genel jeolojisi ile karşılaştırıldığında bölgede yer alan tefrifonolit kayaçların olduğu alanlara karşılık gelen bölgelerin daha yüksek konsantrasyon değerleri gösterdiği görülmüştür. Havada absorbe edilen doz oranı ise 480 nGy/h değerlerine ulaşmaktadır ki bu değer UNSCEAR tarafından belirlenen dünya ortalamasının (60 nGy/h) yaklaşık olarak sekiz katı değerindedir. Dolayısıyla bu çevrede yaşayan canlıların bu durumdan negatif olarak etkilenebilme olasılığı bulunmaktadır.

Anahtar Kelimeler: radyoaktivite, Gölcük volkanizması, gama-ışın spektrometresi, absorbe doz oranı

Investigation of Natural Radioactivity Characteristics of Rocks in Gölcük/Isparta and Its Vicinity

Abstract

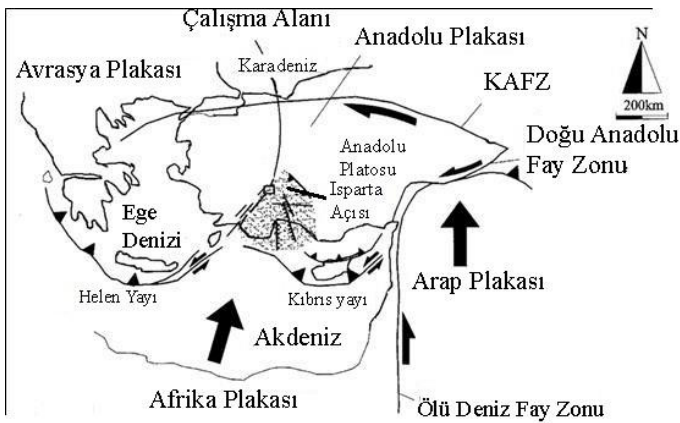
This study was carried out in the Gölcük (Isparta) volcanic region, which is among the youngest eruptive volcanoes of Turkey. The aim of this study is to measure the radioactivity concentration values in the rocks developed due to explosive volcanism in the region, to interpret these values for the region, and to evaluate the effects of the concentration values on human health and environmental effects. Uranium (U), Thorium (Th), Potassium (K), and absorbed dose rate measurements were taken at a total of 452 points on the volcanic and pyroclastic rocks in the region using Gamma-ray spectrometry and in situ measurement technique. Distribution maps of the measurements were created and high radioactivity values were observed throughout the region. While the obtained U values varied between 10 and 350 Bq/kg, it was observed that the Th values reached 420 Bq/kg. High concentration values were observed in similar regions in both concentration distribution maps. The potassium value measured for the region reaches 2200 Bq/kg. It is thought that the high U and K values obtained as a result of the measurements may be due to the potassic-ultrapotassic characters of the volcanic origin rocks in the region. The dose rate absorbed in the air reaches 480 nGy/h, which is approximately eight times the world average (60 nGy/h) determined by UNSCEAR. Therefore, there is a possibility that the living things living in this environment may be negatively affected by this situation.

Keywords: Radioactivity, Golcuk volcanism, Gamma-ray spectrometer, Absorbe dose rate

1. Giriş

Bu çalışmada Güneybatı Anadolu'da bulunan Gölcük (Isparta) volkanizması çalışma alanı olarak seçilmiştir. Gölcük volkanizması, Toros kuşağının, "Isparta Açısı" olarak tanımlanan noktasında bulunmaktadır [1, 2]. Ayrıca bu bölge "Isparta Dirseği" ve "Isparta Büklümü" olarak da bilinmektedir [3]. Isparta Büklümü tektonik olarak; güneyde dalma-batma zonu olan Helen yayı ve Kıbrıs yayı ile sınırlanan Ege-Batı Anadolu açılma bölgesi ile Anadolu plakası arasındaki birleşim bölgesinde bulunmaktadır [4] (Şekil 1).

İnceleme alanı, Toridler tektonik birliği içinde önemli yere sahip olan Isparta büklümünün iç batı kısmında yer almaktadır [5]. Toros dağlarının uzanımının doğu-batı istikametinde, göller bölgesi kısımlarında bu düzenli uzanış, kıvrım veya bir büklüm yapmış şekilde görülmektedir. Bu deformasyon, bölgedeki tektonizma hareketliliğinin göstergesidir. Anadolu Levhasında görülen tektonik ve morfolojik oluşumlar bu tür hareketler sonucunda oluşmaktadır [6]. Çalışma alanının tektonik ve volkanik hareketlilik açısından aktif durumda olması, bu bölgedeki radyoaktivite seviyelerinin de yüksek olması gerektiğini düşündürmektedir.



Şekil 1. Isparta Açısının tektonik konumu (I7)'den değiştirilmiştir)

Yeryüzündeki kayaların çoğu önemli düzeylerde doğal radyoaktif element içerirler. Kayalarda fiziksel özellik olarak bulunan radyoaktivite, basit haliyle; atomların yapısındaki değişim olayıdır. Doğal radyoaktiviteye sahip ve yer kürede önemli ölçüde bulunan uranyum, toryum ve potasyum ile bunların izotopları, jeofizik ve jeolojik araştırmalar için büyük öneme sahiptir. Jeofizikte radyometrik yöntem ile, radyoaktivite değerlerinin ölçülmesi ilk olarak 1920'li yıllarda Geiger-Müller sayaçlarının üretilmesi ile 1930'lu yıllarda ise petrol kuyularından log alınımında kullanılması ile başlamıştır [8]. Daha sonraki yıllarda ise gamma ışınlarını enerji seviyelerine göre ayırıp kayıt yapabilen Gamma Ray Spektrometresi kullanılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada ise Gama-ışın spektrometresi kullanılarak Gölcük volkanik bölgesinde radyoaktivite konsantrasyonları ölçülerek bu değerlerin bölge ve insan sağlığı üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı Jeolojisi

İnceleme alanının temelinde Teke Naplarına (Likya naplarına) ait allokton konumlu ofiyolitik melanj yer almaktadır. Ofiyolitik melanj genellikle serpantin, serpantinize harburjit, farklı boyutlarda masif altere bazaltlar, diyabaz çakıl ve blokları, derin deniz sedimanları, yine haritalabilir boyutlara kadar ulaşan ve melanj içerisinde gömülü masif, bol kırık katlaklı kireçtaşlarından oluşmaktadır. Isparta yerleşim alanı ve yakın çevresinde volkanik kayalar volkanik patlama öncesinde temel kayaları keserek yüzeye çıkmış kaldera dışı volkanikler ve bunlara eşlik eden aglomera-lahar çökelleri, volkanizmanın son aşamalarında volkanik patlama ve kaldera oluşumuna bağlı olarak gelişmiş kaldera içi volkanikler ve piroklastikler olmak üzere iki kısımda incelenmiştir [9]. Volkanik patlama Isparta yerleşim alanı güneybatısında ofiyolitik melanj içerisinde gelişmiş olup halen bu bölgede bir krater gölü olan Gölcük gölü yer almaktadır. Platevoet ve diğ. [10] Kuvaterner volkanik aktivitesini kendi içerisinde her biri farklı volkanik ürünler ile temsil edilen üç farklı püskürme evresine ayırmışlardır: (i) Birinci püskürme evresi: altı piroklastik akma seviyesi ile temsil edilen ignimbritik piroklastik akma çökelleri, (ii) ikinci püskürme evresi: kaldera içerisinde gelişmiş tefrifonolitik lav domları, (iii) üçüncü püskürme evresi: maar tipi volkanik aktiviteye bağlı birden fazla püskürme faaliyeti sonucu oluşmuş tüf halkası çökelleri ve en son olarak da maar krater içi trakitik bileşimli lav domu oluşumları. Bu çalışma Gölcük gölü çevresinde yer alan kaldera içi volkanikler ve piroklastikler üzerinde yürütülmüştür.

2.1.2. Çalışma Alanı Sismotektoniği

Türkiye, sismik açıdan dünyadaki en hareketli bölge olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Türkiye'nin sismotektoniği, Avrasya levhası açısından Afrika ve Arap levhalarının kuzey yönünde ilerlemesinden oluşmaktadır [11-13]. Bu durum Anadolu levhasının yılda ortalama 24 mm ve Doğu Anadolu Fay Zonu ve Kuzey Anadolu Fay Zonu boyunca batıya hareket etmesine neden olmaktadır [14]. Bölgenin güneydoğusunda aktif kıtasal çarpışma ve bindirme zonu Bitlis Zagros Bindirme Kuşağı, güneybatıda ise aktif Ege ve Kıbrıs Yayları bulunmakta [15] ve tektonik hareketlilikten etkilenmektedir.

Isparta'nın yer aldığı Güneybatı Anadolu bölgesi ise, Anadolu-Ege bloğunun batıya doğru yönelmesi, Helen ve Kıbrıs Yaylarının etkisi altında gelişen bir sismik hareketlilik göstermektedir [14]. Fethiye Burdur Fay Zonu ve Akşehir Fay Zonu Isparta'daki deprem hareketliliğini etkileyen başlıca zonlardır. Isparta Açısının (IA) sınırlarını Fethiye Burdur Fay Zonu, Akşehir Fay Zonu, Helen ve Kıbrıs yaylarının kesişim noktası belirlemektedir [1, 2, 16, 17].

2.2. Metot

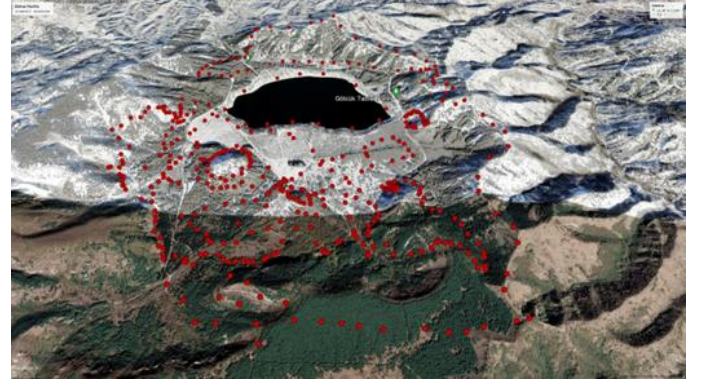
2.2.1. Radyoaktivite

Atomun çekirdeğindeki, elektromanyetik ışına veya tanecik yayını yapılarak kendi kendini parçalaması olayına radyoaktivite olayı denir. Çekirdek tepkimesi sonucu ortaya bir enerji açığa çıkar ve bu enerjiye radyasyon adı verilir. Radyasyon yayın maddelere radyoaktif maddeler denir. Atom çekirdeğinin alfa parçacığı, beta parçacığı, gama ışını ya da başka parçacık yayını yapması veya atomun çekirdeğe yakın yörüngesinden bir elektron yakalaması olayına Radyoaktif Bozunma denir [18]. Alfa, beta ve gama olmak üzere 3 farklı bozunma türü bulunmaktadır.

Radyometrik çalışmalarda kullanılan başlıca radyoaktif elementler Uranyum, Toryum ve Potasyum olup bunlar yeryüzünde bulunan mineral ve kayaçların bileşimlerinde değişik miktarlarda bulunan radyoaktif elementlerdir. Uranyum elementinin ^{235}U ve ^{238}U olmak üzere iki tane doğal izotopu bulunmaktadır. Doğada yer alan uranyumun %99,7'si ^{238}U izotopudur. İki izotopunda yarılanma ömrü milisaniyeden milyonlarca yıla kadar değişen bozunma ürünleri bulunmaktadır. ^{235}U ve bozunma ürünlerinin gamma ışın enerjisi 0,35 MeV'den yüksek değildir. ^{235}U 'in bozunmasının son ürünü ^{207}Pb , ^{238}U 'in bozunmasının son ürünü ise ^{206}Pb 'dir, sonra durağan hale gelirler. ^{238}U elementi gamma ışın yayılımı yapmamaktadır. Toryumun ise Doğal izotopu ^{232}Th 'dir ve bozunmasının son ürünü ^{208}Pb 'dir. Gamma ışın yayılımı açısından en geniş banda Talyum (^{208}Tl) izotopudur. Gamma ışın spektrometresinin ölçümlerindeki hedefi ^{208}Th 'in yayılım gösterdiği gamma ışınlarıdır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada Isparta ili sınırlarında bulunan Gölcük Volkanizmasında arazi şartlarına, bölgede bulunan kayaçların türüne bağlı olarak olabildiğince sık aralıklar ile ölçümler alınmıştır (Şekil 2). Çalışmalar sırasında GF Instrument Inc. marka gama ışını spektrometresi ve yerinde ölçüm tekniği kullanılarak toplam 452 noktada ölçümler alınmıştır. Ölçümler sırasında gama ışın spektrometresi zemin yüzeyinden 70-80 cm yükseklikte tutulmuştur. IAEA [19] tarafından sırasıyla yüksek ve düşük radyoaktif toprak ve kayaçlar için 120-300 saniye olarak belirlenen sayım sürelerin doğrultusunda bu çalışmada ölçümler 120 sn sayım süresi kullanılarak alınmıştır. Bitkilerde potasyum bulunduğundan, ölçümler direkt olarak kayaç yüzeylerinden ve topraktan alınmıştır. Çalışmalarda, harici bir GPS (± 5 m) ile otomatik kazanç kontrolünün stabilizasyonu için 137 Cs gama ışını kaynağı kullanarak GF gama ışını spektrometre menüsünde tam spektrum ve tahlil modu seçilmiştir. Bu mod verilerin sırasıyla K, U ve Th miktarı için yüzde ve ppm cinsinde sonuç vermektedir. Jeolojik ve çevresel radyoaktivite ölçümleri için potasyum, uranyum ve toryum miktarı birimi genellikle kütle başına Becquerel (Bq) olarak ifade edilir. Uluslararası Atom Enerjisi Ajansı konsantrasyon biriminden dönüşüm faktörü olarak %1 potasyum = 313 Bq/kg 40K, 1 ppm uranyum = 12.35 Bq/kg ^{238}U ve 1 ppm toryum = 4.06 Bq/kg ^{232}Th [24] kullanılarak bu araştırmada, ölçümler % ve ppm'den Bq/kg'a dönüştürülmüştür.



Şekil 2. Ölçüm noktalarının çalışma alanındaki dağılımı

Arazi çalışmaları sonucunda elde edilen radyoaktivite değerleri 35 m örnekleme aralığı ile haritalanmıştır. Potasyum dağılım haritası incelendiğinde potasyum ortalama değerlerinin 1218.99 Bq/kg olduğu ve 2200 Bq/kg değerine kadar ulaştığı görülmüştür (Şekil 3). Çalışma alanının güneybatısında ve Gölcük gölünün doğusunda yer alan yüksek potasyum değerleri dikkat çekmektedir. Bu yüksek değerlere karşılık gelen bölgenin jeolojik olarak tefronolit kayaçların hâkim olduğu alana karşılık gelmektedir. Bu volkanik yapıların büyük kısmı ağırlıklı olarak ikincil lav akıntıları ve kubbeleri ile tefra birikintilerinden (piroklastik akıntılar, hava düşüşleri ve akıntılar, küçük laharlar) oluşmaktadır [10].

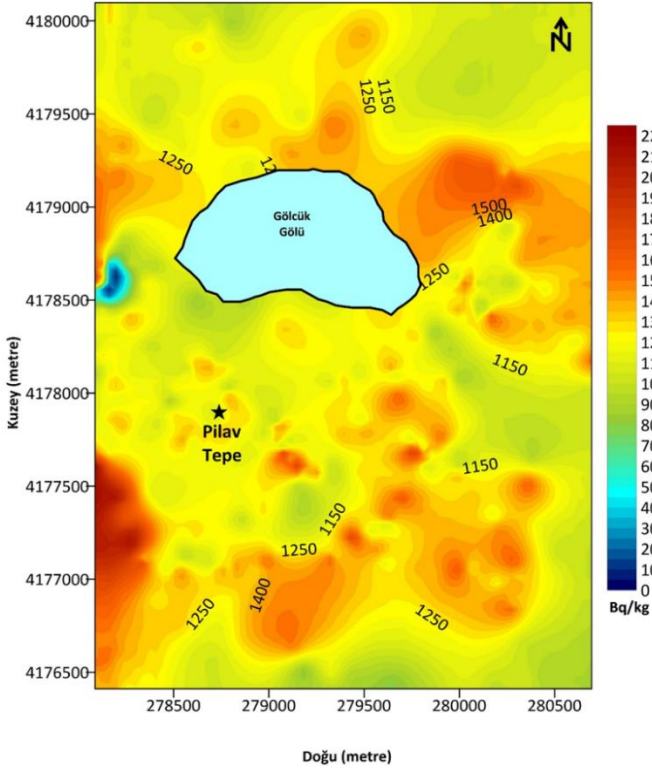
Çalışma alanına ait Uranyum konsantrasyon dağılım haritası Şekil 4'te verilmiştir. Şekilden görüleceği üzere uranyum konsantrasyon değerleri 100 ile 320 Bq/kg aralığında değişmektedir. En yüksek değerler (yaklaşık 320 Bq/kg) bölgedeki Gölcük volkanitlerinde ölçülmüştür. Bölgedeki piroklastik ve sedimenter birimlerde ise sırasıyla yaklaşık olarak 240 Bq/kg ve 130 Bq/kg değerleri ölçülmüştür.

Çalışma alanındaki Toryum konsantrasyonları kontur haritası ise Şekil 5'te verilmiştir. Bölge için Toryum değerleri 420 Bq/kg değerine ulaşmakta ve Uranyum konsantrasyon dağılım haritasıyla benzer şekilde aynı noktalarda yüksek değerler göstermektedir. En yüksek Toryum konsantrasyon değerleri (~400 Bq/kg) Gölcük volkanitlerinde ölçülmüştür. Gölcük piroklastiklerinde bu değer ~220 Bq/kg ölçülürken bölgedeki sedimenter birimlerde ise ~140 Bq/kg olarak ölçülmüştür.

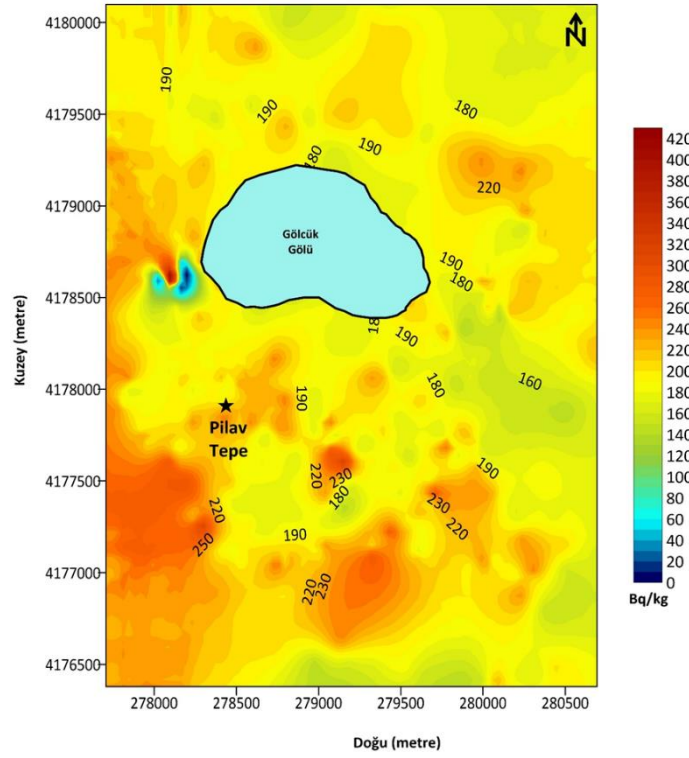
Havada absorbe edilen doz oranı ise (nGy/h) denklem (1)'den hesaplanmıştır [25],

$$\text{Doserate} = 13,078 * C_K + 5,675 * C_U + 2,494 * C_{Th} \quad (1)$$

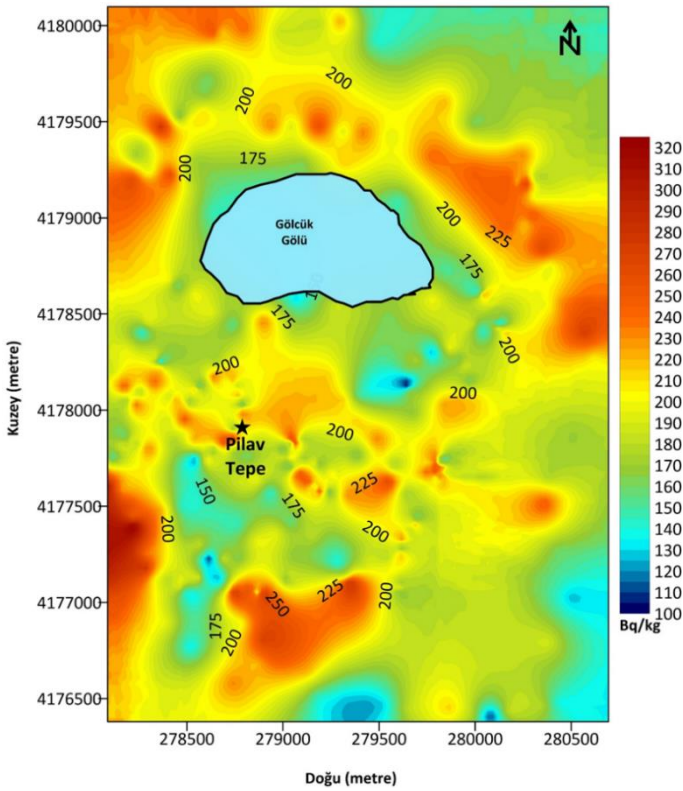
Denklemden bulunan C_K , % olarak ^{40}K konsantrasyonu ve C_U ve C_{Th} , sırasıyla ppm olarak ^{238}U ve ^{232}Th konsantrasyonudur. Bu denklem yardımı ile elde edilen absorbe doz dağılım haritası Şekil 6'da verilmiştir. Jeolojik birimlere göre Gölcük volkanitlerinde bu değer ~480 Bq/kg, Gölcük piroklastiklerinde ~250 Bq/kg ve sedimenter birimlerde ise ~180 Bq/kg olarak ölçülmüştür.



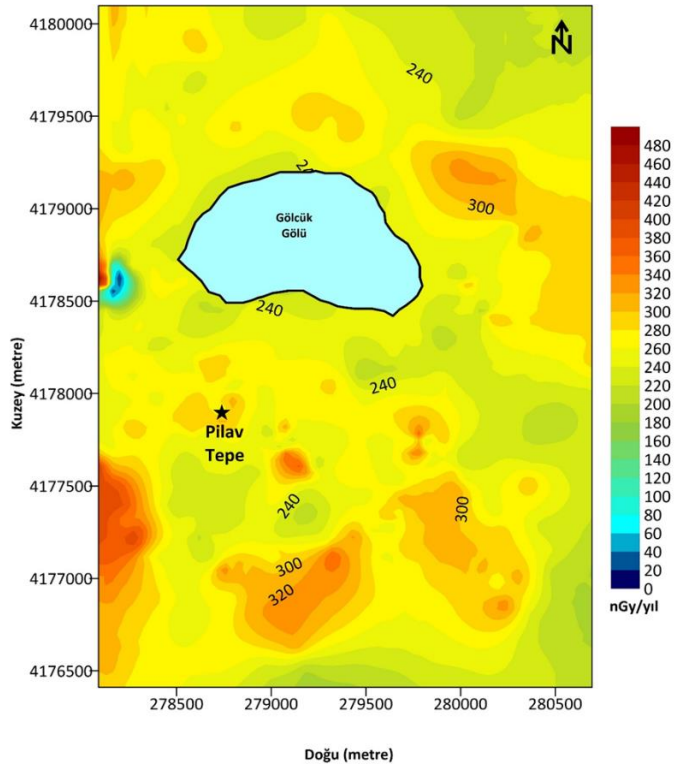
Şekil 3. Potasyum konsantrasyonu kontur haritası



Şekil 5. Toryum konsantrasyonu kontur haritası



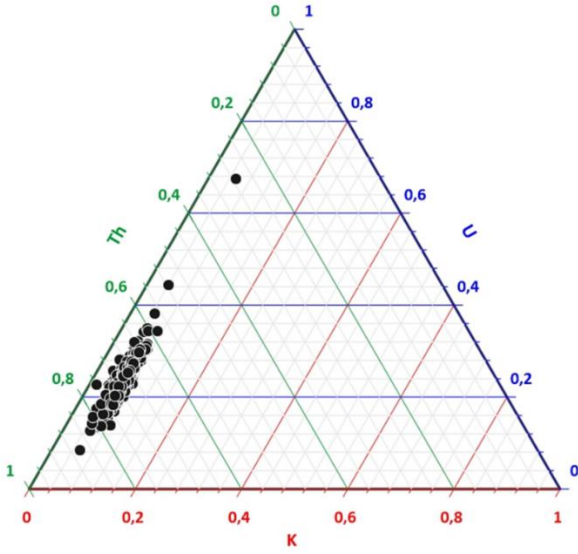
Şekil 4. Uranyum konsantrasyonu kontur haritası



Şekil 6. Havada absorbe edilen doz oranı (nGy/h) kontur haritası

Ternary diyagramı (U–Th–K), her bir radyo elementinin radyojenik ısı üretim oranına katkısını göstermektedir. Şekil 7’de verilen ternary diyagramına göre, değerlerin çoğu Th-eksenine yakındır, bu da toplam ısı üretiminin esas olarak Th miktarına bağlı olduğunu gösterirken, K'nin katkısı ise %15 civarındadır. Gölcük volkanik kayalarındaki yüksek Th değerlerinin kaynağı

radyoaktif yardımcı mineraller açısından daha zengin olması durumu ile açıklanabilir.



Şekil 7. Ternary diyagramı U, Th ve K

4. Sonuç

Bu çalışmada, Gölcük volkanizması için toprak ve kayalardan yerinde ölçüm tekniği ile doğal radyoaktivite düzeyleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu çalışmada incelenen alanın doğal kabul edilen radyoaktivite seviyesinden çok yüksek olduğunu göstermektedir. Çalışma alanının ^{226}U , ^{232}Th ve ^{40}K izotoplarının aktivite konsantrasyonları, UNSCEAR [20] raporunda belirtilen ortalama değerlere göre güvenli sınırı aşmaktadır. Ölçümler sonucu elde edilen yüksek U ve K değerlerinin ise bölgedeki volkanik kayaların sahip olduğu potasik-ultrapotasik karakterlerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Ayrıca havada absorbe edilen doz oranı da güvenli olarak belirlenen aralıktan 8 kat daha yüksek çıkmıştır. Bu açıdan Gölcük volkanizmasında toprak ve kayalardan yayılan doğal radyasyonun radyolojik tehlike ve insan sağlığı üzerinde negatif yönde bir etki oluşturabileceği sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışmayı, FYL-2022-8576 No'lu Proje ile maddi olarak destekleyen Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı'na, SDÜ Deprem ve Jeoteknik Araştırma Merkezi Müdürlüğüne ve Gölcük Tabiat Parkı'ndaki çalışmamızı destekleyen IV. Orman Bölge Müdürlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynakça

[1] Brunn, J., 1976. L'Arc Concave Zagro-Taurique Et Les Arcs Convexes Taurique Et. Bulletin Society Geology, XVIII (No), 553-567.
 [2] Şengör, A., 1980. Türkiye'nin Neotektoniğinin Esasları. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 2-40.
 [3] Şengör, A., Yılmaz, Y., 1983. Türkiye'de Tetis'in Evrimi Levha Tektoniği. Türkiye Jeoloji Kurumu Yerbilimleri Özel Dizisi No:1. Ankara.

[4] Glover, C.V., 1998. Neotectonic Intersection Of The Aegean And Cyprus Tectonic Arcs. Extensional And Strike-Slip Faulting On The Isparta, Tectonophysics, Sw Turkey. 298, 103-132.
 [5] Koçyiğit, A., 1981. Isparta Büklümünde (Batı Toroslar) Toros Karbonat. Türkiye Jeol. Kurumu Bülteni, 24, s. 15-23.
 [6] Karaman, M.E., 1994. Isparta-Burdur Arasının Jeolojisi ve Tektonik Özellikleri. Türkiye Jeoloji Bülteni, 37(2), s. 119-134.
 [7] Tohon, D.S., 2005. Identification Of A Historical Morphogenic Earthquake Through trenching At Ancient Sagalassos, Sw Turkey. Journal Of Geodynamics 40, 279-293.
 [8] Telford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R., Keys, D.A., 1976. Applied Geophysics, Cambridge University Press, Cambridge.
 [9] Elitok, Ö., Özgür, N., Yılmaz, K., 2008. Gölcük volkanizmasının (Isparta) jeolojik evrimi, GB Türkiye. Proje no: TÜBİTAK 104Y181.
 [10] Platevoet, B., Scaillet, S., Guillou, H., Blamart, D., Nomade, S., Massault, M., Yılmaz, K., 2008. Pleistocene eruptive chronology of the Gölcük volcano, Isparta Angle, Turkey. Chronologie des épisodes volcaniques pléistocènes du volcan Gölcük, Angle d'Isparta, Turquie. Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire 19 (2), 147-156.
 [11] McKenzie, D.P., 1972. Akdeniz bölgesinin aktif tektoniği. Geophys J Roy Astr 30, 109-185.
 [12] Jackson, J., McKenzie, D.P., 1984. Batı Türkiye ve Pakistan arasındaki Alp-Himalaya kuşağının aktif tektoniği. Geophys J Roy Astr 77, 185-264.
 [13] Gülen, L., Pınar, A., Kalafat, D., Özel, N., Horasan, G., Yılmaz, M., Işıkara, A.M., 2002. Yüzeysel kırılmaları, artçı şok dağılımı ve 17 Ağustos 1999 İzmit, Türkiye, deprem. Boğa Seismol Soc Am 92 (1), 230-244.
 [14] McClusky, S., Reilinger, R., Mahmoud, S., Ben-Sari, D., Tealeb, A., 2003. Afrika (Nubia) ve Arabistan levha hareketlerine ilişkin GPS kısıtlamaları. Geophys J Int 155 (1), 126-138.
 [15] Şengör, AMC, Görür, N., Şaroğlu, F., 1985. Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study: in Biddle, K.T. and Christie-Blick, N., eds, Strike-slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, Special Publications, SEPM Society for Sedimentary Geology, Tulsa, 37, 227-264.
 [16] Poisson, A., 1984. Doğu Akdeniz'in jeolojik evriminde İyon teknesinin GB Türkiye'ye genişlemesi. Geol Soc Spec Yayınları 17, 241-250.
 [17] Yağmurlu, F., Savaşçın, Y., Bozcu, M., 2000. Türkiye'deki neotektonik olaylar ve Isparta Açısı'nın tektonik evriminin önemi. Uluslararası Yer Bilimleri Kongresi Ege Bölgeleri Özetleri. İzmir/Türkiye.
 [18] Arya, A., 1999. Çekirdek Fiziğinin Esasları. (Y. Şahin, Çev.) Erzurum: Aktif Yayın Dağıtım San. Tic. Ltd. Şti. pp 27-43.
 [19] IAEA 2003. Radiation Safety. IAEA Division of Public Information. International Atomic Energy Agency. pp 96.
 [20] UNSCEAR 2000. Sources and Effects of Ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation United Nations, New York.



Beceri Temelli Matematik Sorularının Orantısal Akıl Yürütme Problem Türlerine Göre İncelenmesi

Merve Çelenli^{1*}, Zehra Taşpınar Şener², Mustafa Zeki Aydoğdu³

^{1*}Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1011-9625), celenlimerve@gmail.com

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8914,-784X), taspınar@yildiz.edu.tr

³Trakya Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Matematik Eğitimi Bölümü, Edirne, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1163-2890), mzekiaydogdu@trakya.edu.tr

(1st International Conference on Innovative Academic Studies ICIAS 2022, September 10-13, 2022)

(DOI:10.31590/ejosat.1178255)

ATIF/REFERENCE: Çelenli, M, Taşpınar Şener, Z. & Aydoğdu, M. Z. (2022). Beceri Temelli Matematik Sorularının Orantısal Akıl Yürütme Problem Türlerine Göre İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (40), 161-169.

Öz

Günlük hayatta sıklıkla karşılaşılan bir çok problemin çözümünde, orantısal akıl yürütme becerilerinin gerekli olduğu bilinmektedir. Bu doğrultuda, ortaokul matematik dersi içerisinde, oran, orantı kavramları dışında, veri analizi, olasılık, eğim gibi bir çok konu içerisinde orantısal akıl yürütme problemleri yer almaktadır. Literatüre bakıldığında, orantısal akıl yürütme becerisinin gelişimi için kullanılan orantısal akıl yürütme problemlerinin, verilmeyeni bulma, niceliksel (sayısal) karşılaştırma ve niteliksel karşılaştırma olmak üzere 3 başlıkta ele alındığı bilinmektedir. Bir diğer yandan, öğrencilerin gerçek hayat problemlerinde daha başarılı olmaları ve okul matematiği ile ilişkilendirme yapmaları amacıyla, 2018 yılından itibaren beceri temelli sorular, liselere giriş sınavlarında yerini almaya başlamıştır. Bu soruların orantısal akıl yürütme becerilerini içeren problem türlerini ne ölçüde kapsadığı bilinmemektedir. Bu çalışmada günümüz eğitiminde çok önemli yeri olan ve öğrenme - öğretme sürecinin ölçme değerlendirme aşamasında kullanılan beceri temelli soruların orantısal akıl yürütme problem türlerine göre sınıflandırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla 2018 ve 2021 yılları arasında Mili Eğitim Bakanlığı'nın (MEB) yayınladığı 255 tane örnek liselere giriş sınavı (LGS) soruları doküman analizi incelenmiştir. İncelenen sorulardan 82 tanesinin orantısal akıl yürütme içerdiği tespit edilmiştir. Bu soruların 8. sınıf konularına göre dağılımına bakıldığında en fazla veri analizi konusunda en az eşitsizlik ve geometrik kavramlar konusunda orantısal akıl yürütmeye yer verildiği görülmüştür. Bununla birlikte orantısal akıl yürütme içeren sorulardan büyük çoğunun verilmeyeni bulma problem türü olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak yayınlanan örnek beceri temelli sorularının orantısal akıl yürütme problem türlerine göre dağılımının eşit olmadığı saptanmıştır.

Examining Skill-Based Mathematics Questions According to Proportional Reasoning Problem Types

Abstract

It is known that proportional reasoning skills are necessary in solving many problems that are frequently encountered in daily life. In this direction, there are proportional reasoning problems in many subjects such as data analysis, probability, slope, in addition to the concepts of ratio and proportion in the middle school mathematics course. When we look at the literature, it is known that the proportional reasoning problem types used for the development of proportional reasoning skill are discussed under three headings: finding the missing, quantitative (numerical) comparison and qualitative comparison. On the other hand, skill-based questions have started to take their place in high school entrance exams since 2018 for students to be more successful in real life problems and to make connections with school mathematics. It is not known to what extent these questions cover problem types involving proportional reasoning skills. In this study, it is aimed to classify the skill-based questions, which have a very important place in today's education and are used in the assessment and evaluation phase of the learning-teaching process, according to the proportional reasoning problem types. Exam (LGS) questions were examined. It was determined that 82 of the examined questions included proportional reasoning. Considering the distribution of these questions according to 8th grade subjects, it was seen that the

*Sorumlu Yazar: celenlimerve@gmail.com

least inequality in data analysis and proportional reasoning in geometric concepts were included. However, it has been determined that most of the questions involving proportional reasoning are the problem types of finding the missing problem. As a result, it has been determined that the distribution of the sample skill-based questions published according to the proportional reasoning problem types is not equal.

1. Giriş

Günümüz koşullarında değişim kavramı sosyal ve toplumsal hayatın bir çok yerinde karşımıza çıkmaktadır. İnsanlığın hayatı için önemli bir yere sahip olan eğitim sistemi de sosyal ve toplumsal hayatın dönüşümünden etkilenmiştir. Bunun sonucu olarak da eğitim sistemindeki ihtiyaçlarda da değişiklik gereksinimi ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda Milli Eğitim Bakanlığı(MEB),geçtiğimiz yıllarda öğretim programında ve merkezi sınavlarda birçok değişikliğe gitmiştir. Bu değişimin sosyal, kültürel,ekonomik sebeplerinin olmasının yanında günümüz şartlarında değişen bireylerin yeterlilik ve becerilerindeki değişiklik gibi sebepleri de olmuştur. 21. yüzyıl becerileri olarak adlandırılan ve yeni yüzyılın mezunlarının sahip olması beklenen yeterlilik ve beceriler de eğitim sistemini yapılandırılırken dikkate alınmıştır(MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı, 2018). 2023 eğitim vizyonunda da belirtildiği üzere eğitim sistemimizdeki sınavların tamamı; amacına, içeriğine, soru tiplerine bağlı yapısıyla ve sağlayacağı yarara göre yeniden düzenlenmiştir.MEB 2018 yılında Liselere Geçiş Sınavında(LGS)da değişikliğe gitmiş ve sınavlarda konu ve kavramların yanı sıra; “okuduğunu anlama, yorumlama, sonuç çıkarma, problem çözme, analiz yapma, eleştirel düşünme, bilimsel süreç becerileri” ve bunlara benzer niteliklere sahip olan diğer becerileri ölçeceğini belirtmiştir(Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2018a)

MEB’in yaptığı iyileştirmeler sonucunda LGS 2018 yılından beri üst düzey becerileri yoklayan sorulardan oluşturulmaktadır.Buna bağlı olarak MEB 2018 yılından itibaren yeni uygulamaya giderek öğrencilere destek olmak amacıyla aylık olarak örnek beceri temelli soruları internet sayfasında yayınlamakta bunun yanında 2021 yılından itibaren de bu soruları LGS Çalışma kitapları haline getirip öğrencilere basılı olarak ulaştırmaktadır.LGS matematik sorularına matematik eğitim öğretim programı açısından bakıldığında ise, soruların tüm öğrenme alanları göz önünde bulundurularak okuduğunu anlama, yorumlama ve matematiksel akıl yürütme biçimlerini kullanarak problem çözme gibi birçok beceriyi hedef olarak hazırlanmış görülmektedir(MEB, 2018).Bu becerilerin içerisinde ise matematik öğretiminde çokça kullanılan akıl yürütme biçimlerinden orantısal akıl yürütme becerisi ön plana çıkmaktadır.Orantısal akıl yürütme; ilköğretim matematik öğretim programının birçok öğrenme alanında yer almasından dolayı beceri temelli soruların orantısal akıl yürütme becerisini ne kadar kapsadığını ortaya çıkarmak önemli olacaktır.

Oran, orantı ve orantısal akıl yürütme matematik öğretiminde önemli bir yer tutmaktadır. İlköğretim matematik öğretim programının her kademesinde oran kavramı ve orantısal düşünme pek çok konuya entegre edilmiş durumdadır.Literatür incelendiğinde 5, 6, 7 ve 8.sınıf öğrencilerinin orantısal akıl yürütme becerisinin ne düzeyde olduğu ve bu becerinin nasıl

geliştirilmesi gerektiğiyle ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Oran;iki çokluğun birbirine bölünerek karşılaştırılması (MEB, 2018) olarak tanımlanırken bir başka tanıma göre oran farklı ölçme uzaylarına ait iki çokluğun çarpımsal olarak karşılaştırılması sonucu elde edilen bir ölçümdür(Çeken & Ayas, 2010). Orantı ise birbirine denk olan iki kesrin eşitliği olarak tanımlanabilir(MEB, 2018).Çeken ve Ayas (2010)’a göre orantısal akıl yürütme yeteneği, aynı ya da farklı ölçme uzaylarına ait çoklukların (nesnelerin) karşılaştırılabilmesi demektir. Orantısal akıl yürütme becerisi, karşılaştırılan çoklukların birbirlerine bağlı değişimlerini dikkate alarak, karşılaştırma hakkında yorum yapabilme ve karar verebilme yeteneğini içermektedir(Çeken & Ayas, 2010). Çarpımsal ilişkileri anlayıp onu toplamsal ilişkilerden ayırt etmek orantısal akıl yürütmenin en önemli parçasıdır(Pişkin Tunç, 2018).

Orantısal akıl yürütme ile ilgili literatür incelendiğinde orantısal akıl yürütme yeterliliğinin değerlendirilmesinde bazı problem türlerinden yararlanıldığı görülmüştür (Cramer ve Post, 1993; Cramer, Post ve Currier, 1993; Akkuş-Çıçla ve Duatepe, 2002; Duatepe,Akkuş ve Kayhan., 2005;).Bu problem türlerinin üç farklı başlık altında toplandığı görülmüştür (Heller, Post, Behr ve Lesh, 1990; Cramer,Post ve Currier,1993; Post, Behr ve Lesh 1988;aktr Tunç Pişkin,2018).Bu problem türleri; bilinmeyen değeri bulma, sayısal karşılaştırma ve niteliksel akıl yürütme problemleridir. Bilinmeyen değeri bulma problem türünde, verilen bir orantıda üç çokluk verilmişken dördüncü çokluğun bulunması gerekmektedir (Lamon, 2007).Bir bilinmeyen değeri bulma problem türüne ait bir örnek verecek olursak; “500 km yolu 6 saatte alan bir otomobil, aynı hızla giderse 750 km’lik yolu kaç saatte alır?” Bilinmeyen değer problem türü matematik öğretiminde en çok karşılaşılan problem türüdür(Pişkin Tunç, 2018).Bir diğer problem türü ise sayısal karşılaştırma problemleridir. Sayısal karşılaştırma probleminde, orantıda bulunan oranların bütün değerleri verilip bu iki oranın karşılaştırılması istenmektedir(Lamon, 2007). Sayısal(niceliksel) karşılaştırma problemlerinde iki tane oranın sayısal bir cevaba ihtiyaç duymadan karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Noelting (1980)’in “Portakal Suyu Problemi” sayısal karşılaştırma problemlerinin tipik bir örneğidir. Bu problemde, su ve portakal suyu konsantresiyle yapılan iki farklı karışımın içindeki su ve portakal suyu konsantresi miktarları verilip karışımların tatlarının kıyaslanması istenir.Sayısal karşılaştırma problemlerine başka bir örnek verecek olursak; “eş hacimli iki bardaktan birinde 40 gr yoğurt ve 80 ml su karıştırılmış, diğerinde ise 60 gr yoğurt ve125ml su karıştırılarak ayrı ayrı yapılmıştır. Buna göre hangi bardakta yoğurt tadı daha fazladır?”. Bu problemde hangi bardaktaki yoğurtun yoğunluğunun fazla olduğunu bulmak için iki bardaktaki

ayranlarında yoğurt miktarının su miktarına oranının kıyaslanması beklenir. Okulda kullandığımız matematikte karşımıza çok fazla çıkmayan sayısal (niceliksel) problem türünün çözümünde içler-dışlar çarpımı algoritmasının kullanılmadığı görülmektedir. Bu tip problemlerin çözümünde değerler arasındaki oranların fark edilip karşılaştırılması gerekmektedir(Pişkin Tunç, 2018). Üçüncü problem türü ise niteliksel akıl yürütme problemleridir. Bu problem türünde ise nicel değerler olmadan karşılaştırma yapmak amaçlanmaktadır. Bu problem türünün niteliksel tahmin ve niteliksel karşılaştırma olmak üzere iki farklı çeşidi vardır (Cramer ve diğ., 1993,aktr Tunç Pişkin,2018). Niteliksel tahmin problem türü; öğrencilerin belirli sayısal değerlere bağlı olmadan niteliksel tahmin yapmalarının istendiği soru tipidir (Aladağ ve Dinç Artut, 2012). Bu problem türüne örnek verecek olursak; “Melek bugün dün koştuğuna göre daha fazla zamanda daha az koşmuştur. Buna göre bugünkü hızı dünkü hızına göre nasıl değişmiştir?” tipik bir niteliksel tahmin problemi olarak ele alınabilir. Niteliksel karşılaştırma problemleri ise oranlar arasında karşılaştırma gerektiren problem türüdür (Kahraman, Kul ve İskenderoğlu Aydoğdu, 2019).Bu problem türüne örnek verecek olursak; “Ramazan ve Melek’in okul bahçesinin etrafında attığı tur sayıları aynıdır. Fakat Ramazan Melek’ten daha kısa sürede turu tamamlamıştır. Hangisi daha yavaş koşucudur?” tipik bir niteliksel karşılaştırma problemidir(Öz,2020).Okulda kullandığımız matematikte pek karşımıza çıkmayan bu problem türünü çözerken de içler-dışlar çarpımı gibi ezbere metotlar kullanılmadığı gibi bu problemler nicel veriler içermediğinden dolayı nicel kıyaslamalar da yapılamaz(Pişkin Tunç, 2018).Yukarıdada verilen problem türlerinden de anlaşıldığı gibi orantısal akıl yürütme beceri hem nitel hem de nicel süreçleri birlikte barındırır(Pişkin Tunç, 2018).

Bütün bu bilgiler ışığında bu çalışmada, MEB tarafından, 2018-2022eğitim öğretim yıllarında yayımlanan LGS’ye hazırlık örnek beceri temelli soruları orantısal akıl yürütme problem türlerine göre dağılımını incelemek amaçlanmıştır. Bu bağlamda araştırma kapsamında, aşağıdaki sorulara cevap aranmıştır.

- MEB’in 2018-2022 yıllarında yayımladığı 8. sınıf beceri temelli soruların orantısal akıl yürütme problem türleri bağlamında yıllara göre dağılımı nasıldır?

- Orantısal akıl yürütme içeren beceri temelli soruların öğrenme alanları ve konulara göre dağılımı nasıldır?
- Orantısal akıl yürütme içeren beceri temelli soruların problem türlerine göre dağılımı nasıldır?

2. YÖNTEM

2.1. Araştırma Deseni

Araştırmada 2018’den 2022’ye kadar yayınlanmış olan LGS örnek sorularını belirli kriterlere göre derinlemesine incelemek amacıyla nitel veri toplama yöntemlerinden biri olan doküman analizi tekniği kullanılmıştır. Doküman analizi belirli norm veya sisteme göre bir çalışma ile ilgili olan kayıt ve belgelerin toplanması, kodlanması ve incelemesi işlemidir(Sönmez Tural, 2019). Doküman analizi yönteminin kullanılmasının amacı yazılı materyal kapsamında değerlendirilen beceri temelli soruları inceleme açısından araştırmanın amacına uygun olmasıdır.

2.2. Veri Kaynağı

Çalışmada kullanılan sorular,LGS’ye hazırlık için ölçme ve değerlendirme sisteminin web sitesinde online olarak yayınlanan örnek beceri temelli sorularıdır. Bu sorular, 2018-2019 eğitim öğretim yılında LGS sistemine geçilmesi ile birlikte okullarda işlenen konulara paralel olarak her ay 10 soru olarak yayınlanmaktadır. Bu çalışmada soruların ilk yayınlandığı 2018-2019 eğitim öğretim yılından, 2021-2022 eğitim öğretim yılına kadar yayınlanmış olan toplam 335 adet beceri temelli sorunun tamamı ele alınmıştır.

2.3. Verilerin Toplanması ve Analizi

Çalışmada, soruların sınıflandırılmasında(Cramer, Post, & Currier, 1993)tarafından oluşturulan verilmeyeni bulma, nicel(sayısal) karşılaştırma ve nitel akıl yürütme problem türleri temel alınmıştır. Sorular orantısal akıl yürütme problemleri bağlamında incelenirken aşağıdaki Tablo 1’deki belirtilen kriterlere dikkat edilmiştir.

Problem Türü	Kriterleri
Verilmeyeni Bulma	<ul style="list-style-type: none">• Orantıdaki 4 değerden 3 tanesi verilmiş ve bir tanesi sorulmalıdır.• Öğrenciler içler dışlar çarpımı algoritmasını kullanmaya ihtiyaç duymalıdır.
Niceliksel Karşılaştırma	<ul style="list-style-type: none">• Problemden bir orantı mevcut, nicel veriler var, fakat problemin çözümü için oranların karşılaştırılması gerekmektedir.• İçler dışlar çarpımı algoritması ile çözülemez.
Niteliksel Akıl Yürütme	<ul style="list-style-type: none">• Problemden sayısal değerlere bağlı kalmadan oranların karşılaştırılması gerekir.• Bu problem türünde öğrencilerin orantının anlamını anlayarak zihinsel becerileri ile soruyu çözmeleri gerekmektedir

Tablo 1. Kriter Tablosu

Araştırmacı tarafından başlatılan veri toplama sürecinde öncelikli olarak MEB tarafından 2022 yılında basılı hale getirilen örnek sorular incelenmiş ve çözülmüştür. Bunlardan orantısal akıl yürütme problem türleri ile ilgili olanlar seçilip daha sonrasında 2022 yılı Nisan ve Mayıs aylarında yayınlanan örnek sorular online web sitesi üzerinden incelenerek orantısal akıl yürütme içeren problemler seçilmiştir. Toplamda 335 tane soru incelenmiş ve 109 tanesinin orantısal akıl yürütme problemi olduğu belirlenmiştir.

3.BULGULAR

Birinci araştırma sorusuna yönelik bulgular

Yayımlanan soruların yıllara ve orantısal akıl yürütme problem türüne yönelik dağılımı aşağıda verilmiştir.

Yıllar	Verilmeyeni Bulma Problem Türü	Niceliksel Karşılaştırma Problem Türü	Niteliksel Akıl Yürütme Problem Türü	Toplam Orantısal Akıl Yürütme Problem Sayısı	Toplam Soru Sayısı
2018-2019	31	3	3	37	95
2019-2020	28	3	-	31	100
2020-2021	14	3	-	17	60
2021-2022	24	-	-	24	80
Toplam	97	9	3	109	335

Tablo 2. İncelenen Soruların Orantısal Akıl Yürütme Problem Türleri Bağlamında Yıllara Göre Dağılımı

Tablo 2’de MEB tarafından yayınlanan 8. Sınıf beceri temelli soruların yıllara ve orantısal akıl yürütme problem türlerine göre dağılımı verilmiştir. Tabloya bakıldığında 2018- 2019 yılları arasında toplam 95 adet, 2019-2020 yılları arasında 100 adet, 2020-2021 yılları arasında 60 adet ve 2021-2022 yılları arasında 80 adet soru bulunmaktadır.

Orantısal akıl yürütme becerisi içeren problem sayısına bakıldığında, yayımlanan soruların yaklaşık olarak üçte biri oranında olduğu görülmektedir. Toplam soru sayısına oranla en fazla orantısal akıl yürütme içeren soru türleri 2018-2019 yılları arasında yer almaktadır. Bununla birlikte, orantısal akıl yürütme

2.4. Araştırmanın Geçerliliği ve Güvenirliği

Çalışmanın geçerliliği ve güvenilirliğini artırmak ve bulguların doğruluğunu zenginleştirmek için öncelikle yazarlar, tüm soruların %10’unu bağımsız bir şekilde kodlamışlardır. Daha sonra bir araya gelerek, her soru tipinin genel özellikleri konusunda tartışmışlardır. Daha sonra tüm soru tiplerini bir araştırmacı kodlamış ve soruların karşılıklarına kodları ve nedenlerini belirtmiştir. Diğer araştırmacılarla birlikte, çalışma ile ilgisi olmayan bir matematik öğretmeni, kodlanan soruları incelemiş ve teyit etmiştir. Bununla birlikte, çalışmada her bir soru türüne yönelik bir örnek verilerek detaylı betimleme yapılmaya çalışılmıştır.

içeren problem türlerine bakıldığında, problemlerin büyük bir kısmının verilmeyeni bulma problem türüne yönelik olduğu görülmektedir. Niceliksel karşılaştırma problem türü her yıl 3’er adet yer almış olsa da 2021-2022 eğitim öğretim yılında yayımlanan soruların içerisinde hiç yer almamıştır. Niteliksel akıl yürütme türünden problemlerle ise yalnızca 2018-2019 eğitim öğretim yılında karşılaşılmıştır.

3.2. İkinci araştırma sorusuna yönelik bulgular

Yayımlanan soruların 8.sınıf matematik öğrenme alanları ve konularının problem türlerine yönelik dağılımı aşağıda verilmiştir.

Öğrenme Alanları	Konular	İncelenen Toplam Soru Sayısı	Orantısal Akıl Yürütme İçeren Soru Sayısı(%)
Sayılar ve İşlemler	Çarpanlar ve Katları	55	3(2,75)
	Üslü İfadeler	51	15(13,76)
	Kareköklü İfadeler	47	2(1,83)
	Toplam	153	20
Cebir	Cebirsel İfadeler ve Özdeşlikler	41	2(1,83)
	Doğrusal Denklemler Ve Eğim	43	25(22,94)
	Eşitsizlikler	10	1(0,92)
	Toplam	100	28
Geometri ve Ölçme	Üçgenler ve Eşlik Benzerlik	20	6(5,50)
	Dönüşüm Geometrisi	3	-
	Geometrik Cisimler	4	1(0,92)
	Toplam	27	7

Veri İşleme	Veri Analizi	25	24(22,02)
Olasılık	Olasılık	36	30(27,52)
	Toplam	335	97

Tablo 3. İncelenen Sorulardaki Orantısal Akıl Yürütme Problem Türleri Bağlamında 8.sınıf Matematik Öğrenme Alanlarına ve Konularına Göre Yüzde ve Frekans Değerleri

Tablo 3’ te, orantısal akıl yürütme içeren beceri temelli soruların öğrenme alanları ve konularına göre dağılımı verilmiştir. Buna göre, soruların 20’si ‘sayılar ve işlemler’ öğrenme alanına, 28

tanesi ‘cebiri’ öğrenme alanına, 7 tanesi ‘geometri ve ölçme’ öğrenme alanına, 24 tanesi ‘veri işleme’ öğrenme alanına ve 30 tanesi de ‘olasılık’ öğrenme alanına yöneliktir.

3.3.Üçüncü araştırma sorusuna yönelik bulgular

Yayımlanmış Orantısal akıl yürütme içeren soruların 8.sınıf öğrenme alanlarına yönelik dağılımı aşağıda verilmiştir.

Öğrenme Alanları (cebiri ölçme veri işleme vs)	Konular	Verilmeyeni Bulma Problem Türü	Niceliksel Karşılaştırma Problem Türü	Niteliksel Akıl Yürütme Problem Türü	Orantısal Akıl Yürütme İçeren Toplam Soru Sayısı(f)
Sayılar ve İşlemler	Çarpınlar ve Katları	3	-	-	3
	Üslü İfadeler	12	3	-	15
	Kareköklü İfadeler	2	-	-	2
	Toplam	17	3	-	20
Cebiri	Cebirsel İfadeler ve Özdeşlikler	2	-	-	2
	Doğrusal Denklemler Ve Eğim	24	1	-	25
	Eşitsizlikler	1	-	-	1
	Toplam	27	1	-	28
Geometri ve Ölçme	Üçgenler ve Eşlik Benzerlik	6	-	-	6
	Dönüşüm Geometrisi	-	-	-	-
	Geometrik Cisimler	1	-	-	1
	Toplam	7	-	-	7
Veri İşleme	Veri Analizi	23	1	-	24
Olasılık	Olasılık	23	4	3	30
	Toplam	97	9	3	109

Tablo 4. Orantısal Akıl Yürütme İçeren Soruların Problem Türleri Bağlamında 8.Sınıf Öğrenme Alanlarına Göre Dağılımı

Tablo 4’ e bakıldığında, tüm öğrenme alanlarına yönelik en fazla kullanılan problem türü verilmeyeni bulma olmuştur. Her öğrenme alanına yönelik verilmeyeni bulma problemi mevcuttur. Niceliksel karşılaştırmaya yönelik problem türüne bakıldığında, sayılar ve işlemler (3), cebiri (1) veri işleme (1) ve olasılık (4) öğrenme alanlarında çok az sayıda bulunurken, geometri ve ölçme öğrenme alanında bu problem türüne rastlanmamıştır. Niteliksel akıl yürütme problem türüne yalnızca olasılık öğrenme alanında yer almaktadır.

Aşağıda her bir problem türüne yönelik örnek sorulara yer verilmiştir.

3.3.1.Verilmeyeni bulmaya yönelik problem türleri

Sayılar ve işlemler öğrenme alanına yönelik ‘verilmeyeni bulma’ probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

Örnek:

$$a \neq 0, b \neq 0 \text{ ve } k, m, n \text{ birer tam sayı olmak üzere } a^n \cdot a^m = a^{n+m}, (a^n)^m = a^{n \cdot m}, a^k \cdot b^k = (a \cdot b)^k \text{ ve } \frac{a^k}{b^k} = \left(\frac{a}{b}\right)^k \text{ dir.}$$

Bir dokuma fabrikasında 5 üretim atölyesi ve her atölyede 25 dokuma makinesi bulunmaktadır. Bu fabrikada 512 metresi 453 g gelen iplikler kullanılmaktadır. Kütlesi 1812 kg olan ipliğin tamamı, her bir makinede eşit kütledede iplik olacak şekilde bu makinelere dağılmıştır.

Buna göre bir dokuma makinesine takılan ipliğin uzunluğu kaç metredir?

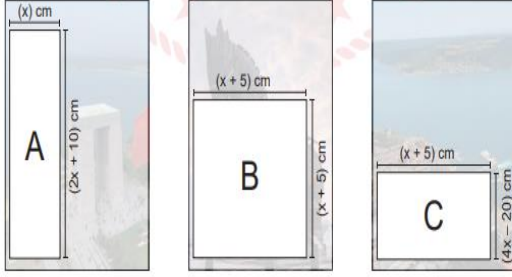
- A) 8^4 B) 4^7 C) 8^5 D) 16^4

Yukarıdaki probleme bakıldığında, verilen ipin uzunluğu(512m) ve kütlesi(453g) ile bilinmeyen bir uzunluktaki ipin kütlesi(1812kg) verilmişken, istenen ise bilinmeyen uzunluktur.Görüldüğü üzere 3 değer verilmiş ve 4.değer istenmektedir.Tablo 1 deki kriterler göz önünde bulduğunda verilmeyeni bulma problem türü olduğu söylenebilir.

Cebir öğrenme alanına yönelik 'verilmeyeni bulma' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

Örnek;

Aşağıdaki şekilde bir derginin iç sayfa tasarımında kullanılan dikdörtgen şeklindeki A, B ve C reklam alanlarının ebatları gösterilmektedir. Dergideki reklam ücretleri, reklam alanları ile orantılı olarak belirlenmiştir.



A bölgesinin reklam ücreti B bölgesinin reklam ücretinden 25 TL fazla olduğuna göre C bölgesinin reklam ücreti kaç TL'dir?

- A) 100 B) 125 C) 150 D) 175

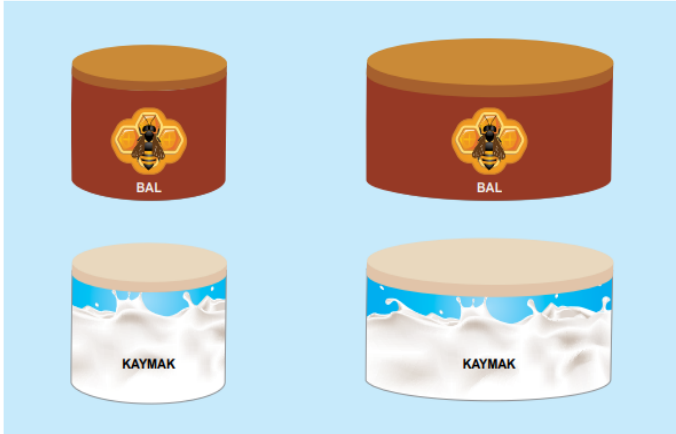
Yukarıda verilen problemde cebirsel bir ifade (x^2-25) ve ifadenin eşit olduğu sayı ile bilinmeyen bir sayıya eşit olan C bölgesinin alanını gösteren cebirsel ifade verilmiştir. İstenen ise C bölgesinin alanına ($4 \cdot (x^2-25)$) eşit olan sayıdır. Orantıdaki 3 değer verilmiş 4. değer istendiğinden verilmeyeni bulma problem türüdür.

Geometri ve ölçme öğrenme alanına yönelik 'verilmeyeni bulma' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

Yarıçapı r olan dairenin alanı πr^2 formülü ile hesaplanır.

Yarıçapı r , yüksekliği h olan dik dairesel silindirin hacmi $\pi r^2 h$ formülü ile hesaplanır.

Bir markette yükseklikleri eşit silindirik şeklindeki teneke kutularda bal ve kaymak satılmaktadır. Yarıçaplarının uzunluk 4 cm ve 6 cm olan bu kutularda satılan bal ve kaymağın fiyatları buldukları kapların hacimleri ile orantılıdır.



Arif Bey küçük balın 36 TL ve büyük kaymağın 18 TL olduğu bu marketten büyük bal ile küçük kaymaktan 3 tane almak için toplam kaç TL öder?

- A) 95 B) 89 C) 78 D) 60

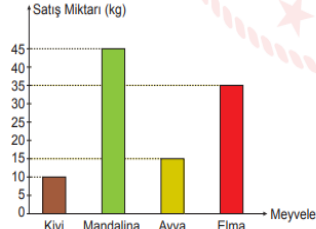
Geometri ve ölçme alanında verilen yukarıdaki probleme bakıldığında hacimleri verilen küçük bal ve büyük ballar ile fiyatları arasındaki orantıda küçük balın fiyatı verilmiş büyük balın fiyatı istenmiştir. Aynı şekilde kaymak kutuları için de orantı kurulduğunda küçük ve büyük kutuların hacmi ile büyük kaymağın fiyatı verilmiş küçük kaymağın fiyatı istenmiştir. 4 değerden 3 tanesi verilmiş yine bir tanesi istendiği için verilmeyeni bulma problemi içerdiği görülmektedir.

Veri işleme öğrenme alanına yönelik 'verilmeyeni bulma' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

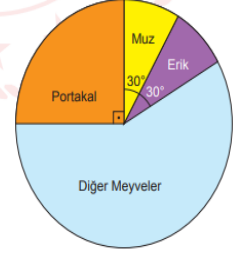
Bir matematik öğretmeni, bir manavın günlük sattığı meyve miktarlarını gösteren bir tablo hazırlamış ve öğrencilerinden bu tablodaki verileri daire veya sütun grafiğinde göstermelerini istemiştir.

Bu sınıftaki öğrencilerden Hayat bu meyvelerden dördünün satış miktarını gösteren bir sütun grafiği, Zeynep ise tüm meyvelerin satış miktarlarının dağılımını gösteren bir daire grafiği çizmiştir.

Grafik: Meyveler ve Bir Günlük Satış Miktarları



Grafik: Meyveler ve Bir Günlük Satış Miktarları



Buna göre bu manavda günlük satılan portakal miktarı en az kaç kilogramdır?

- A) 18 B) 30 C) 45 D) 60

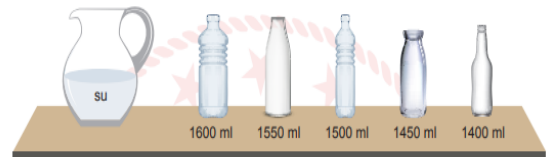
Yukarıdaki soruya bakıldığında sütun grafiğinden elde edilen bilgiler daire grafiğindeki diğer meyvelerin miktarını (105) göstermektedir. Daire grafiğindeki diğer meyvelerin merkez açısını da bulabildiğimiz için merkez açısı (210) da verilen bilgi olarak değerlendirilip, merkez açısı (45) verilen portakalın bilinmeyen miktarını istediğimizi görebiliriz. Bu durumda açılar ve miktarlar arasında kurulan orantıda 3 değer verilmiş 4. değer istendiğinden verilmeyeni bulma problem türüne örnek gösterilir.

Olasılık öğrenme alanına yönelik 'verilmeyeni bulma' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

$$\text{Bir olayın olma olasılığı} = \frac{\text{İstenen olası durumların sayısı}}{\text{Tüm olası durumların sayısı}}$$

Su sıvı hâlden katı hâle geçerken hacmi %8 ile %10 arasında artar. Ağız kapalı cam bir şişenin içerisindeki suyun donmuş durumdaki hacmi, şişenin hacminden fazla olursa bu suyun donması durumunda cam şişe patlar.

Zehra, sürahinin içindeki 1400 ml suyun tamamını aşağıda hacimleri verilen boş cam şişeler arasından rastgele seçtiği birine koymuştur.



Zehra bu şişenin kapağını kapatıp şişeyi derin dondurucuya koymuştur.

Buna göre içerisindeki su donduktan sonra şişenin patlama olasılığı kaçtır?

- A) $\frac{1}{5}$ B) $\frac{2}{5}$ C) $\frac{3}{5}$ D) $\frac{4}{5}$

Yukarıda verilen örnekte ise yüzde(%) hesaplarırken yine içler-dışlar algoritması kullanılarak verilmeyeni bulma problem türünün kriterlerini sağladığı görülmektedir.

3.32.Niceliksel karşılaştırmaya yönelik problem türleri

Sayılar ve işlemler öğrenme alanına yönelik 'niceliksel karşılaştırma' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

$$a \neq 0 \text{ ve } m, n \text{ birer tam sayı olmak üzere } \frac{a^n}{a^m} = a^{n-m} \text{ dir.}$$

A, B, C, D mikroorganizmaların mikroskop altında büyütülerek ayrı ayrı incelenmiştir.

Aşağıdaki tabloda bu mikroorganizmaların gerçek büyüklükleri ile mikroskopta görülen büyüklükleri verilmiştir.

Tablo: Bazı Mikroorganizmaların Gerçek Büyüklükleri İle Mikroskopta Görülen Büyüklükleri

	Gerçek Büyüklük (mm)	Mikroskopta Görülen Büyüklük (mm)
A mikroorganizması	$2,5 \cdot 10^{-1}$	3,75
B mikroorganizması	$3 \cdot 10^{-2}$	3
C mikroorganizması	$1 \cdot 10^{-4}$	0,1
D mikroorganizması	$2 \cdot 10^{-3}$	2,4

Bu inceleme sırasında hangi canlı için kullanılan büyütme oranı en küçüktür?

- A) A mikroorganizması
B) B mikroorganizması
C) C mikroorganizması
D) D mikroorganizması

Sayılar ve işlemler öğrenme alanından üslü sayılar ile ilgili verilmiş örnek soruda ise her bir mikroorganizmanın büyütme oranının mikroskopta görülen büyüklüğün(mm) gerçek büyüklüğe(mm) oranlayarak belirlenip, bu oranların karşılaştırılması söz konusu olduğundan niceliksel(sayısal) karşılaştırma problem türüne örnektir.

Cebir öğrenme alanına yönelik 'niceliksel karşılaştırmaprobleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

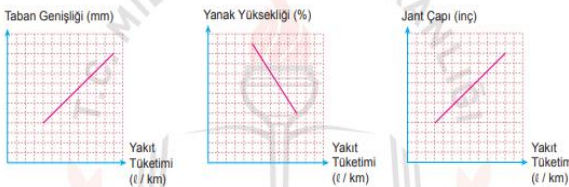
Aşağıda Mehmet'in aracının lastiklerinin taban, yanak, jant bölümleri ve bunların ölçüleri verilmiştir.



Tablo : Mehmet'in Aracının Lastik Ölçüleri (190/55/R16)

Lastik Taban Genişliği (mm) (A)	Lastik Yanak Yüksekliği (%) (B)	R – Jant Çapı (inç) (C)
190	55	R16

Aşağıdaki grafiklerde bu ölçülerin değişiminin yakıt tüketimine etkisi gösterilmektedir.



Buna göre Mehmet, aracının lastiklerini aşağıda ölçüleri verilen lastiklerden hangisi ile değiştirirse aracının yakıt tüketiminde azalma olur?

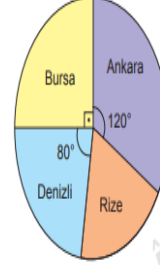
- A) 190/55/R17 B) 190/50/R16 C) 195/55/R16 D) 190/60/R16

Cebir öğrenme alanında verilen örnek soruda 1.grafikteki orandan lastik taban genişliğinin yakıt tüketimine oranını karşılaştırarak alabileceği değeri belirlenir.aynı şekilde 2.grafikteki ters orantıdan yanak yüksekliğinin alması gereken değeri ve 3.grafiktende jant çapının alabileceği en ideal ölçümü belirlenir.Bu oranların şıklardan verilen veriler ile karşılaştırılması sonucu yakıt tüketimi en az olabilecek değerler seçilir.Oranlar arası karşılaştırma yapıldığından niceliksel karşılaştırma problemine örnektir.

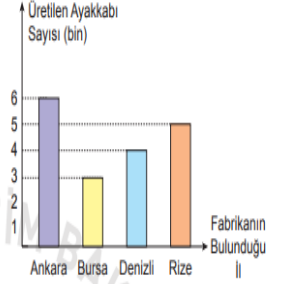
Veri işleme öğrenme alanına yönelik 'niceliksel karşılaştırma'probleminden bi örnek aşağıda verilmiştir.

Aşağıda ayakkabı üretimi yapan bir firmaya ait 4 farklı ildeki fabrikalarda çalışan işçi sayıları dairesel grafikte ve bu fabrikalarda aralık ayı boyunca üretilen toplam ayakkabı sayıları ise sütun grafiğinde gösterilmiştir.

Grafik: Farklı İllerdeki Fabrikalarda Çalışan İşçi Sayıları



Grafik: Farklı İllerdeki Fabrikalarda Aralık Ayında Üretilen Ayakkabı Sayıları



Buna göre hangi ildeki fabrikada işçi başına üretilen ayakkabı sayısı en fazladır?

- A) Ankara B) Bursa C) Denizli D) Rize

Yukarıda verilen soruya bakıldığında daire grafiğinin merkez açılarından faydalanarak her ildeki işçi sayısına merkez açıları ile orantılı olarak değer verilmiştir.Sütü grafiğindeki toplam üretilen ayakkabı sayısı ile işçi sayısı oranlanarak her ildeki bir işçiye düşen ayakkabı sayısı belirlenir.Hangi ildeki bir işçiye fazla düştüğünü belirlemek için de bu oranlar kendi aralarında karşılaştırılır.Soruda oranların karşılaştırılması kriteri yer aldığından niceliksel karşılaştırma problem türü olduğu söylenebilir.

Olasılık öğrenme alanına yönelik 'niceliksel karşılaştırma'probleminden birörnek aşağıda verilmiştir.

$$\text{Bir olayın olma olasılığı} = \frac{\text{İstenilen olası durumların sayısı}}{\text{Tüm olası durumların sayısı}}$$

Aşağıda internet üzerinde alışveriş yapılan bir sitede satılan üç farklı marka kalemın satış fiyatları verilmiştir.

A Marka	B Marka	C Marka
12 TL	10 TL	15 TL

Duru bu kalemlerden toplam 10 tane satın almıştır.

Duru'nun satın aldığı kalemler arasında rastgele seçtiği bir kalem, A marka olma olasılığı B marka olma olasılığında daha fazla, C marka olma olasılığında daha azdır.

Buna göre Duru'nun satın aldığı kalemler için ödediği toplam para en az kaç liradır?

- A) 129 B) 131 C) 133 D) 135

Yukarıda olasılık öğrenme alanına ait soruya bakıldığında A marka kalem alma olasılığı(oran) , B marka kalem alma olasılığında(oran) büyük ,C marka kalem alma olasılığında(oran) küçük olması istenmiştir.Olasılık kavramının kendisinin bir oran ifade etmesinden dolayı oranların karşılaştırılması söz konusudur.Kriter değerlendirmesine göre bu durumda niceliksel karşılaştırma problem türüne örnektir.

3.3.3. Niteliksel akıl yürütmeye yönelik problem türleri

Olasılık öğrenme alanına yönelik 'niteliksel akıl yürütme' probleminden bir örnek aşağıda verilmiştir.

$$\text{Bir olayın olma olasılığı} = \frac{\text{İstenilen olası durumların sayısı}}{\text{Tüm olası durumların sayısı}}$$

Bir otelde yapılacak çekiliş sonucunda rastgele seçilen bir müşteriye sürpriz hediyeler verilecektir. Bu otelde konaklayan kadın müşterilerin sayısı, erkek müşterilerin sayısından fazladır.

Otele 5 evli çift daha gelmiş ve bu müşteriler de yapılacak olan çekilişe dahil edilmiştir.

Buna göre yeni gelen müşterilerden sonra yapılacak olan çekilişi kazanan kişinin erkek veya kadın olma olasılığı ile ilgili aşağıdakilerden hangisi doğrudur?

- A) Kadın olma olasılığı artmıştır.
- B) Erkek olma olasılığı artmıştır.
- C) Erkek olma olasılığı azalmıştır.
- D) Kadın olma olasılığı değişmemiştir.

Yukarıdaki soruya bakıldığında herhangi nicel verinin bulunmaması kadın seçme oranının erkek seçme oranından büyük iken oranlara eşit sayıda kişilerin eklenmesi ile oranlardaki değişimlerin matematiksel ve zihinsel diğer beceriler ile tahmin ve karşılaştırılmasını içerdiği için niteliksel akıl yürütme problem türü olarak değerlendirilebilir.

4. Sonuç, Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada, 8. Sınıf konularına yönelik MEB tarafından yayımlanan beceri temelli soruların, orantısız akıl yürütme problem türlerine göre analizi yapılmıştır. Buna göre, 2018 yılından bu yana 8. Sınıf konularından toplam 335 adet soru yayınlanmıştır. Bu soruların içerisinde orantısız akıl yürütme içeren soru sayısının 109 olduğu tespit edilmiştir. Bu değer toplam soru sayısının %35'lik kısmını oluşturmaktadır. Matematik dersindeki akıl yürütme biçimlerinin konularına göre orantısız akıl yürütme dışında, cebirsel, geometrisel ve istatistiksel akıl yürütme olarak farklılaştığı bilinmektedir (Umay, 2003). Orantısız akıl yürütmenin temelinde oran-orantı ve kesirler konuları yer almaktadır (Van de Walle, Karp ve Williams, 2013). 8. Sınıfta oran- orantı ve kesirler konuları yer almamasına rağmen soruların %35'inin orantısız akıl yürütme içermesi ilk bakışta olumlu olarak görülebilir.

Fakat konu bazında bakıldığında, soruların belli konularda yoğunlaştığı görülmektedir. Orantısız akıl yürütme, bir çok matematik konusunun temel taşıdır; örneğin cebir, değişimle ilgilenir ve doğrunun eğimi, oranın birimidir (Van de Walle, Karp & Williams, 2013). Bu çalışmada da, doğrunun eğimi ve eğim konularında yer alan 43 sorunun yaklaşık yarısının orantısız akıl yürütme içerdiği tespit edilmiştir. Benzer şekilde olasılık da olası tüm çıktılarla, bir olaydaki çıktılarının sayısını karşılaştıran bir orandır. Dolayısıyla doğal olarak orantısız akıl

yürütme içerir. Bu çalışmada da olasılık konusuna ait soruların büyük bir kısmında orantısız akıl yürütmenin olduğu görülmektedir. Veri analizi de, benzer şekilde verilerin birbiri ile karşılaştırılması üzerine dayalıdır (Van de Walle, Karp & Williams, 2013). Çalışmada incelenen veri analizine yönelik soruların da tamamına yakının orantısız akıl yürütme içerdiği tespit edilmiştir. Dolayısıyla konu bazında incelendiğinde, orantısız akıl yürütme sorularını, doğrusal denklemler- eğim, olasılık ve veri analizi konuları oluşturmaktadır. Tüm bunlarla birlikte, sekizinci sınıf konularının içerisinde yer alan üçgenler ve eşlik-benzerlik sorularının da, büyük oranda orantısız akıl yürütme içermesi beklenmektedir, fakat bu konuya yönelik sorulara bakıldığında, yeterli miktarda olmadığı tespit edilmiştir. Genel anlamda bakıldığında, orantısız akıl yürütme üzerine temellenmiş konuların içeriğinde bu tip problemler mevcut olsa da, orantısız- ilişkisel düşünme gerektirmeyen konulara yönelik yeterli miktarda sorunun yer almadığı söylenebilir. Bir diğer yandan bu sonuç, öğrencilerin orantısız akıl yürütme becerileri olmadan, cebir, olasılık ve veri analizi konularını anlayamayacaklarını da ortaya koymaktadır.

Orantısız akıl yürütme içeren problemler incelendiğinde, toplam 109 sorunun 97'sinin verilmeyeni bulma, 9'unun niteliksel karşılaştırma ve yalnızca 2 tanesinin niteliksel karşılaştırma problem türü olduğu görülmüştür. Bilinmeyen değer probleminde, eldeki 4 çeşit verinin 3'üne ait değeri problemde verilir ve dördüncüsünün hesaplanması istenir (Duatepe, Çıkla ve Kayhan, 2005; Kahraman, Kul ve İskenderoğlu, 2019). Bir diğer deyişle, sayısal verilerle en fazla işlem yapmayı gerektiren problem türü olduğu söylenebilir. Beceri temelli soruların kullanımı öncesi, ders kitaplarındaki orantısız akıl yürütme içeren soru türlerinin incelendiği çalışmalara bakıldığında, genellikle verilmeyeni bulma problem türüne yönelik- belirli sayılar verilip, öğrencinin içler dışlar çarpımı yaparak çözebilecekleri problemlere yer verildiği bilinmektedir (Akkuş-Çıkla, Duatepe, 2002; Ben-Chaim, Fey, Fitzgerald, Benedetto & Miller, 1998; Bethea, 2003). Bu tür problemlerde öğrencilerin büyük çoğunluğunun aynı tür çözüm stratejisini, içler-dışlar çarpımı yöntemini kullanarak çözüme vardıkları da yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Duatepe, Akkuş-Çıkla, & Kayhan, 2005; Kahraman, Kul ve İskenderoğlu, 2018; Kayhan, Duatepe & Akkuş-Çıkla, 2004; Küpçü, 2008). Beyazıt ve Kınap Dönmez (2017), öğrenen adaylarının orantısız akıl yürütmeye yönelik kurdukları problemlerin, niteliksel akıl yürütmeden uzak, nicel verilerin doğru ve ters orantı algoritmasının kullanıldığı problemler kurduklarını, bu durumun öğretmen adaylarının geçmiş öğrenim yaşantılarından kaynaklandığını bildirmişlerdir. Oysa beceri temelli soruların, ezberci sistem anlayışından uzaklaşarak, eleştirel düşünme, yorumlama, akıl yürütme gibi üst düzey zihinsel becerilerin ön plana çıkması amacıyla atılan bir adım olduğu bilinmektedir (MEB, 2018). Dolayısıyla, beceri temelli soruların amacına ulaşabilmesi için, niteliksel akıl yürütme ve niteliksel akıl yürütme türlerine yönelik problem sayısının artırılması önerilmektedir. Böylelikle öğrenciler oran-orantı problemlerinde öğrendikleri içler-dışlar

çarpımı algoritmasını kullanıp işlem yapmak yerine, muhakeme yaparak, değerler arasındaki ilişki üzerinden çözüme gidebileceklerdir. Motestou ve Gatatsis (2010), orantısal akıl yürütme problemlerinden üst bilişsel düşünme içeren problem türünün orantısal durumları ayırt edebilen ve niteliksel akıl yürütme kullanılan problemler olduğunu bildirmişlerdir. Dolayısıyla niteliksel muhakeme içeren problemlerin beceri temelli sorular içerisinde mutlaka yer alması gerektiği düşünülmektedir. Bu çalışmada, MEB tarafından yayımlanan sorular içerisinde yalnızca 8. Sınıf soruları incelenmiştir. Bu bağlamda, diğer sınıflarda yer alan matematik soruları da incelenerek, orantısal akıl yürütme problemleri analiz edilebilir.

Kaynakça

- Akkuş Çıkla, O., & Duatepe, A. (2002). İlköğretim Matematik Öğretmen adaylarının Orantısal Akıl Yürütme Becerileri Üzerine Niteliksel Bir Çalışma. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 32-40.
- Asuman, A., & Dinç Artut, P. (2012). Öğrencilerin Orantısal Akıl Yürütme ve Gerçekçi Problem Çözme Becerilerinin İncelenmesi. *Elementary Education Online*, 11 (3), 995-1009.
- Ben-Chaim, D., Fey, J. T., Fitzgerald, W. M., Benedetto, C., & Miller, J. (1998). Proportional reasoning among 7th grade students with different curricular experiences. *Educational Studies in Mathematics*, 36(3), 247-273.
- Bethea, K. A. (2003). The relationship between middle school mathematics teachers' understanding of proportional reasoning and their mathematics curricula. University of Maryland, College Park.
- Cramer, K., & Post, T. (1993). Connecting research to teaching proportional reasoning. *Mathematics teacher*, 86 (5), 404-407.
- Cramer, K., Post, T., & Currier, S. (1993). Learning and Teaching Ratio and Proportion: Research Implications. *Research Ideas For the Classroom* (pp. 159-178).
- Çeken, R., & Ayas, C. (2010). İlköğretim Fen Ve Teknoloji İle Sosyal Bilgiler Ders Programlarında Oran Ve Orantı. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 669 -679.
- DUATEPE PAKSU, A., Çıkla Akkuş, O., & KAYHAN ALTAY, M. (2005). Orantısal Akıl Yürütme Gerektiren Sorularda Öğrencilerin Kullandıkları Çözüm Stratejilerinin Soru Türlerine Göre Değişiminin İncelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2005 (28), 73-81.
- Heller, P., Post, T., Behr, M., & Lesh, R. (1990). Qualitative and numerical reasoning about fractions and rates by seventh and eighth grade students. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21 (5), 388-402.
- Kahraman, H., Kul, E., & Aydoğdu İskenderoğlu, T. (2019). 7. ve 8. Sınıf Öğrencilerinin Nicel Karşılaştırma İçeren Orantısal Akıl Yürütme Problemlerinde Kullandıkları Stratejiler. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 10 (1), 195-216.
- Kayhan, M., Duatepe, A., & Akkuş-Çıkla, O. (2004). İlköğretim ikinci kademe öğrencilerinin orantısal akıl yürütme gerektiren sorularda kullandıkları çözüm stratejileri.
- Küpcü, A. R. (2008). Etkinlik temelli öğretim yaklaşımının orantısal akıl yürütmeye dayalı problem çözme başarısına etkisi (Yayınlanmamış doktora tezi). Marmara Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Lamon, S. (2007). Rational numbers and proportional reasoning: Toward a theoretical framework for research. (I. K. (Ed.), Dü.) *econd handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 629-667), 629-667.
- Lesh, R., Post, T., & Behr, M. (1988). Proportional reasoning. J. H. M. Behr (Dü.) içinde, *Number concepts and operations in the middle grades* (s. 93-118). National Council of Teachers of Mathematics, Lawrence Erlbaum Associates.
- MEB Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığı. (2018). *Matematik Dersi Öğretim Programı*. Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı [MEB]. (2018a). Ortaokul matematik dersi (5,6,7 ve 8. sınıflar) öğretim programı ve kılavuzu. MEB. içinde MEB basımevi.
- MEB, (2018b). 2023 Eğitim vizyonu. <https://2023vizyonu.meb.gov.tr> adresinden erişilmiştir.
- Modestou, M., & Gagatsis, A. (2010). Cognitive and Metacognitive Aspects of Proportional Reasoning. *Mathematical Thinking and Learning*, 12(1), 36-53. doi:10.1080/10986060903465822
- Noelting, G. (1980). The development of proportional reasoning and the ratio concept, Part II - Problem structure at successive stages: Problem-solving strategies and the mechanism of adaptive restructuring. *Educational Studies in Mathematics*, 11 (3), 331-363.
- Öz, E. (2020). *Ortaöğretim öğrencilerinin orantısal akıl yürütme becerilerinin incelenmesi*. Eskişehir: Doktora tezi.
- Pişkin Tunç, M. (2018). Orantısal akıl yürütme becerisi nedir, nasıl geliştirilir? *Apsistek* (Örnek sayı), 141.
- Sönmez Tural, M. (2019). Yedinci Sınıf Matematik Ders Kitabında Yer Alan Problemlerin Finansal Okuryazarlığı Bağlamında İncelenmesi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 1 (8), 1-23.
- Umay, A. (2003). Matematiksel muhakeme yeteneği. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2003(24), 234-243.
- Van de Walle, J. A., Karp, K. S., & Bay-Williams, J. M. (2013). *Elementary and middle school mathematics: teaching developmentally* (S. Durmuş, Çev. Ed.). Boston: Pearson