

ÖZEL SAYI/SPECIAL ISSUE 42
EKİM/OCTOBER 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. Hüseyin TOROS
Subjects: Engineering
Institution: Istanbul Technical University

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Subjects: Environmental Sciences and
Engineering, Geological Sciences and Engineering, Civil
Engineering
Institution: Yildiz Technical 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. Tuncay GÜMÜŞ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Namık Kemal 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

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

Comparison Of Machine Learning Algorithms In The Detection Of Alzheimer's Disease

Evin ŞAHİN SADIK

Sayfa: 1 - 5

Speed-Sensorless DTC of BLDC Motor with EKF-based Estimator Capable of Load Torque Estimation for Electric Vehicle

Remzi İNAN, Onur Mustafa ÜZÜM

Sayfa: 6 - 13

Diagnosis of Breast Cancer with Hybrid Artificial Intelligence Method

Hilal ÇAPKAN, Büşra DÖNMEZ, Gazi Muhammed KALKAN, Muhammed Zahid KAYA, Sümeyye GÜREL, Eren AKDAĞLI, Yusuf Cafer TOK, Sevde Nur ŞENOL, Derya KANDAZ, Muhammed Kürşad UÇAR

Sayfa: 14 - 19

NFT based model to manage educational assets in Metaverse

Muhammed HOCAOĞLU, Adib HABBAL

Sayfa: 20 - 25

Konutsal Yüklerin Parametre ve Güç Tüketimi Tahmini

Ramazan BAYRAM, Selcuk EMİROĞLU

Sayfa: 26 - 39

Sındırgı-Balıkesir Kaolenlerinin Termal Karakterizasyonu

Onur Eser KÖK, Hüseyin VAPUR, Yasin ERDOĞAN

Sayfa: 40 - 45

Design of Biomedical Wireless Inclinometer Device and Comparison of Measurements with Image Processing Method

Ahmet ÇELİK, Eren GÜL, Deniz KAPTAN, Ahmet USLU, Okan ÜZER, Bahadır ÇOKÇETİN

Sayfa: 46 - 51

Covid-19 Virüsü Bulaş Riskini Etkileyen Parametrelerin Bulanık Mantık ile Değerlendirilmesi

Gül Fatma TÜRKER, Kubilay TANYERİ

Sayfa: 52 - 60

Electro-membrane Bioreactor Combined Solar Powered Processes: MATLAB Modelling

Gamze NALCACI, Gülizar KURTOĞLU AKKAYA

Sayfa: 61 - 65

Makine Öğrenmesi ile Kompozit Malzemelerin Yük Altındaki Yer Değiştirme ve Gerilme Değerlerinin Tahmini

Kajs FERATİ, Nurettin Gökhan ADAR

Sayfa: 66 - 70

Data Hiding Based on Frequency Domain Image Steganography

Abdiwahab MOHAMED ABDİRASHİD, Serdar SOLAK, Aditya Kumar SAHU

Sayfa: 71 - 76

PCG Frame Classification by Classical Machine Learning Methods Using Spectral Features and MFCC Based Features

Ali Fatih GÜNDÜZ, Fatih TALU

Sayfa: 77 - 82

Emulsion Properties of Quince Waste

Zeynep AKŞİT, Hüseyin GENÇCELEP

Sayfa: 83 - 87

The Importance of Workplace- Occupational Safety in the Perspective of Enterprise Sustainable Development and Performance

Ayşenur ERDİL

Sayfa: 88 - 99

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Ortadaki Adam Saldırısı (MITM)

Salih Zafer DİCLE

Sayfa: 100 - 107

IoT-Based Smart Shoe Design for Flat Feet and Healthy Foot Gait Analysis

Afet MUSTAFAOĞLU, Faruk AKTAŞ

Sayfa: 108 - 112

Congo Red Biosorption with Dried Mint Leaves; Isotherm and Kinetic Studies

Nurşah KÜTÜK

Sayfa: 113 - 117

Manyetik Rezonans Kuplaj Yöntemiyle Kablosuz Güç Aktarımı Üzerine Literatür Taraması

Muhammed Turan ARSLAN, Kadir ERKAN

Sayfa: 118 - 125

Robert Venturi'nin 'Las Vegas'ın Öğrettikleri' Kitabı Üzerine Bir İnceleme

Ayça ARSLAN

Sayfa: 126 - 133

BGP Anomaly Detection Using Association Rule Mining Algorithm

Mubarak ALTAMİMİ, Zafer ALBAYRAK, Muhammet ÇAKMAK, Ahmet Nusret ÖZALP

Sayfa: 134 - 139

Mikrodalga Isıtıcı Kullanılarak Koaksiyel Yuvalı Anten ile Doku Isıtılmasının Nümerik İncelenmesi

Burak TÜRKAN

Sayfa: 140 - 145

Mobil Uygulama Kontrollü Dron ile Otonom Sipariş Dağıtımı

Mehmet TAŞLI, Murat KARAKOYUN

Sayfa: 146 - 150

Increasing of Efficiency and Production Quality by Enriching 5-10 Mm Quartz Ore with Optical Separator: A Case Study

Ali Kemal ÇAKIR, Ertan KARAKAYA

Sayfa: 151 - 157

Position Control of Slider-Crank Mechanism

Muhammet AYDIN

Sayfa: 158 - 162

Biyokütlelerden Karbon Bazlı Nanomalzemelerin Sentezi Üzerine Kısa Bir Bakış

Filiz BORAN, Omer CAVUS, Erol ALVER

Sayfa: 163 - 167

Polimerik Süngerlerin Post Modifikasyonunda LbL Tekniğinin Yeri Hakkında Bir Derleme

Merve OKUTAN

Sayfa: 168 - 175

Production and Characterization of Waste Corn cob Reinforced Polyester Composite

Ramazan ORHAN, Ercan AYDOĞMUŞ

Sayfa: 176 - 179

Optimization of Gas Distribution in Istanbul Using Minimum Spanning Tree with Probabilistic Approach

Mehmet SAVSAR

Sayfa: 180 - 186



Comparison of Machine Learning Algorithms in the Detection of Alzheimer's Disease

Evin Şahin Sadık^{1*}

^{1*} Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Faculty of Engineering, Department of Electrical Electronics Engineering, Kütahya, Turkey ORCID: 0000-0002-2212-4210, evin.sahin@dpu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1190938)

ATIF/REFERENCE: Sadık Şahin, E., (2022). Comparison of Machine Learning Algorithms in the Detection of Alzheimer's Disease. *European Journal of Science and Technology*, (42), 1-5.

Abstract

Alzheimer's disease is a neurodegenerative disorder that causes loss of cognitive function and cognitive decline in individuals. Detection of the disease at an early stage is important to slow down the devastating effects of the disease. The use of an autonomous computerized support system that can assist specialist physicians in the diagnostic process saves time and helps reduce human error. For this reason, a high-accuracy classification study was aimed at utilizing different machine learning algorithms for early diagnosis of Alzheimer's disease. Within the scope of this study, an open source data set created with Electroencephalogram (EEG) signals from 24 healthy and 24 Alzheimer's patient volunteers was used. 28 features, including spectral and statistical features, were extracted from each channel of the EEG signals. The extracted features were evaluated to the feature importance algorithm and the five most significant features that could distinguish between Alzheimer's individuals and healthy individuals were determined. Four machine learning algorithms are trained with the determined features. 70% of the data was used for training and the algorithms were trained with a 10-fold cross-validation method. When the four machine learning algorithms were tested with the data reserved for testing, which the algorithms had not seen before, the highest accuracy was obtained with the Gradient Boosting Classifier (GBC) algorithm with 96.43%.

Keywords: Alzheimer, EEG, Feature Extraction, Feature Selection, Gradient Boosting Classifier, Machine Learning.

Alzheimer Hastalığının Belirlenmesinde Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Karşılaştırılması

Öz

Alzheimer hastalığı, bireylerde bilişsel fonksiyon kaybı ve bilişsel gerilemeye neden olan nörodejeneratif bir rahatsızlıktır. Hastalığın erken evrede tespit edilmesi hastalığın yıkıcı etkilerini yavaşlatmak için önem arz etmektedir. Uzman doktorlara teşhis sürecinde yardımcı olabilecek otonom bir bilgisayarlı bir destek sisteminin kullanılması zamandan tasarruf sağlayarak insan hatasının azaltılmasına yardımcı olur. Bu nedenle, Alzheimer hastalığının erken teşhisi için makine öğrenmesi algoritmalarından yararlanılarak yüksek doğruluklu bir sınıflandırma çalışması hedeflenmiştir. Bu çalışma kapsamında, 24 adet sağlıklı ve 24 adet Alzheimer hastası gönüllüden alınan Elektroensefalogram (EEG) sinyalleri ile oluşturulmuş açık kaynak olarak sunulan bir veri setinden yararlanılmıştır. EEG sinyallerinin her bir kanalından spektral ve istatistiksel öznitelikler olmak üzere 28 öznitelik çıkartılmıştır. Çıkartılan öznitelikler, karar ağacı öznitelik önem algoritmasına uygulanmış ve Alzheimer bireyler ile sağlıklı bireyleri ayırt edebilecek en anlamlı 5 öznitelik belirlenmiştir. Belirlenen öznitelikler ile dört makine öğrenmesi algoritması eğitilmiştir. Eğitim için verilerin %70'i kullanılmış ve algoritmalar 10-kat çapraz doğrulama yöntemi ile eğitilmiştir. Daha önce algoritmaların görmediği, test için ayrılan veriler ile makine öğrenmesi algoritmaları test edildiğinde en yüksek doğruluk % 96.43 ile Gradient Boosting Sınıflandırıcısı (GBC) algoritması ile elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alzheimer, EEG, Feature Extraction, Feature Selection, Gradient Boosting Sınıflandırıcısı, Makine Öğrenmesi.

1. Introduction

Alzheimer's disease is a common type of dementia that affects the central nervous system and causes widespread intracellular degeneration (Elgendi et al., 2011). The disease limits daily living skills and in later cases makes individuals completely dependent on someone (Poza et al., 2007). Every year, thousands of people get Alzheimer's disease and it is late for the disease. However, when Alzheimer's disease is detected, it is possible to slow down the disease and reduce its destructive effects (Riemenschneider et al., 2002). Currently, there is no widespread method for early diagnosis. For this reason, methods for detecting Alzheimer's disease with Electroencephalogram (EEG) signals are being tried (Ahmadlou et al., 2011; Elgandelwar & Bairagi, 2021), since it directly transmits the synaptic activity of the brain (Michel et al., 2009), is easier to use and more affordable than most methods (Foxe & Snyder, 2011; Luu et al., 2001).

There are three features typically addressed in studies to detect Alzheimer's disease from EEG signals. These features are slowdown, reduced complexity, and loss of synchronization. (Babiloni et al., 2016; Benz et al., 2014). To investigate these effects, researchers extracted multiple features from EEG signals. Research has been done on spectral features for slowing down (Bairagi, 2018), entropy features for complexity (Şeker et al., 2021) and coherence features for synchronization (Meghdadi et al., 2021).

Extracted features have been tested with different machine learning and deep learning algorithms. Alzheimer's and healthy individuals were classified using different classification techniques. In one of these studies (Fiscon et al., 2018), healthy, Alzheimer's and mild cognitive impairment were tried to be classified among themselves by using the features extracted by the wavelet method. In the study, healthy volunteers and Alzheimer's patients were classified with the decision tree method with 83% accuracy. In another recent study, the CNN algorithm was used to classify healthy volunteers and Alzheimer's disease, and the two classes could be distinguished with an accuracy of 92.29% (Meghdadi et al., 2021).

In this paper, the aim of the research study is to detect Alzheimer's disease with high accuracy with EEG signals and help the diagnosis of the disease. In order to diagnose Alzheimer's, patients and healthy individuals were classified by extracting spectral and statistical features from EEG signals. The proposed features were compared with four different classification methods and the performance of the algorithms was evaluated. As can be seen, although different classifiers and different features are used in studies in the literature, the main purpose is to distinguish between the EEG signals of Alzheimer's patients and healthy individuals. Considering these studies, our study was able to distinguish two classes with a higher rate of 94.34% than other studies in the literature.

The remainder of this article is structured as follows. Part II discusses dataset, spectral and statistical feature extraction, feature selection and classification algorithms under the heading of material and method. Part III contains the results and discussion. Finally, conclusions and recommendations are given in Part IV.

2. Material and Method

In the material and method section, the data set used in the study, spectral and statistical feature extraction from EEG data, selection of features and classification algorithms used are mentioned. The general workflow of the classification study is given in Figure 1.

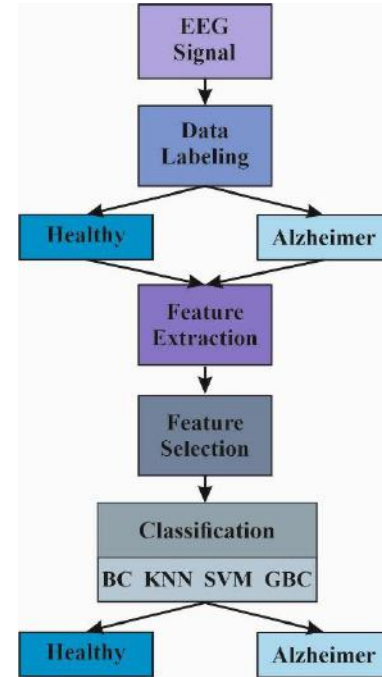


Figure 1. The general workflow of the classification study.

2.1. EEG Dataset

The EEG dataset used in this study is an open source dataset (Pineda et al., 2020). A 10-20 electrode system and 19 electrodes were used to collect EEG data. The device's sampling frequency is 128 Hz, and each volunteer was recorded for 8 seconds. The records are named A, B, C, and D. While the EEGs of the volunteers in groups A and C were recorded while their eyes were open, the EEGs of the volunteers in groups B and D were recorded while their eyes were closed. Groups A and B consisted of 24 volunteers with an average age of 72 who did not suffer from neurological disorders. C and D consisted of 24 Alzheimer's patients with an average age of 69 years.

2.2. Feature Extraction

Within the scope of the study, 28 spectral and statistical features from each channel of EEG data were extracted. To extract spectral features Welch method (Şahin Sadık et al., 2022) were utilized to calculate the power spectral densities (PSD) of the EEG sub-bands (delta, theta, alpha, beta). Further, with calculated PSDs, these spectral features were extracted:

- PSDs of the each sub-band
 $PSD_i, i \in \{\text{delta}, \text{theta}, \text{alfa}, \text{beta}\}$
- Relative powers of each sub-band
 $PSD_i / PSD_{total}, i \in \{\text{delta}, \text{theta}, \text{alfa}, \text{beta}\}$
- Spectral power ratios between sub-bands
 $PSD_i / PSD_j, (i, j) \in \{\text{delta}, \text{theta}, \text{alfa}, \text{beta}\}, i \neq j$

Further, the extracted statistical features are standard deviation, mean, skewness, kurtosis, maximum, minimum, variance and median.

2.3. Feature Selection

Decision tree feature importance method (Al Iqbal et al., 2012) was applied to the extracted attributes and a importance value was determined for each attribute. The most significant features were determined as theta band power to delta band power ratio, theta band power to beta band power ratio, mean, standard deviation and kurtosis. The bar chart graph of the decision tree feature importance algorithm is given in Figure 2.

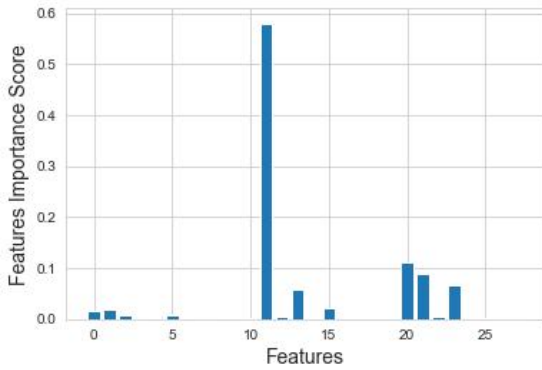


Figure 2. Bar chart of decision tree regressor feature Importance scores.

2.4. Classification Algorithms

In this study, features extracted from EEG signals of healthy and Alzheimer's individuals were classified using four different classification algorithms and their performances were compared. These classification algorithms used in this study are explained briefly below.

Bagging Classifier (BC) Algorithm is a technique first proposed by L. Breiman (Breiman, 1996). While making the classification, the existing training set is used and new training sets are derived. It is aimed to retrain the basic student. Using the substitution technique, a training set with n samples is randomly generated using n samples in the training set. The selected samples are put into the training set. In this algorithm, some examples may not be included in the training set, while some examples may be included more than once.

The K-nearest neighbor (KNN) algorithm was first developed in 1967. KNN algorithm which is a supervised, sample-based machine learning algorithm, is efficacious for both classification and regression problems. (Cover & Hart, 1967). If the user has a little knowledge on the distribution of the data, the KNN algorithm may be the most suitable machine learning solution. The KNN algorithm is mathematically quite simple compared to other algorithms. It can determine the class of test data according to the positions of the training data in the sample space (Chakrabarti et al., 2008; Mitchell & Mitchell, 1997). For this, it uses the Euclidean distance relation mathematically.

The Support Vector Machine (SVM) is the second supervised machine learning algorithm used in this study. It has the ability to divide data into two or more classes in two-

e-ISSN: 2148-2683

dimensional space, three-dimensional space and multi-dimensional space. The data could be separated linearly when the data set could be separated by a straight line. A is used to separate points placed on a plane and this line is required to be at the maximum distance for points belonging to two classes (Cortes & Vapnik, 1995; Pedregosa et al., 2011)

Gradient Boosting Classifier (GBC) is a machine learning algorithm that is used for both regression and classification problems (Bauer & Kohavi, 1999). GBC proceeds by building an additive model. It elevates the learner by combining weak learners for a learner. They are basic learner regression trees. It moves over the error calculated in the previous tree.

3. Results and Discussion

While evaluating the data within the scope of the study, spectral and statistical features were extracted from each channel of the EEGs of both Alzheimer's patients and volunteers without any neurological disorders. When the extracted 28 features were evaluated by the feature importance selection algorithm, the most significant features were determined as theta band power to delta band power ratio, theta band power to beta band power ratio, mean, standard deviation and kurtosis. ten-fold cross-validation was applied to the data and 30% of the data was reserved for testing and 70% for training. Four classification algorithms were trained with training data and tested with test data. In Figure 3, classification results of the BC, KNN, SVM and GBC algorithms are given with 10-fold cross-validation.

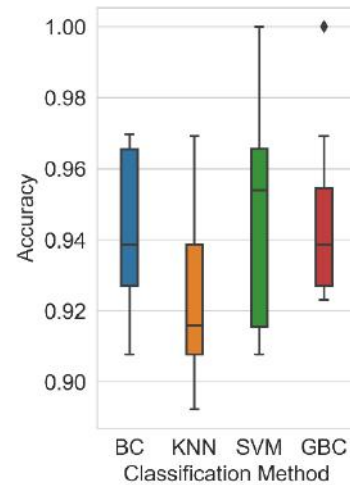


Figure 3. All classification algorithms had ten-fold cross-validation results. BC, KNN, SVM, GBC.

When the training results were evaluated, the accuracy was 94.31% (± 0.021) with BC, 92.47% (± 0.023) with KNN, 94.77% (± 0.031) with SVM, and 94.62% (± 0.023) with GBC. When the system was tested with 30% separated test data, the test accuracies given in Table 1 were obtained. When the test accuracies were examined, 95.71% with BC, 96.07% with KNN, 95.36% with SVM and 96.43% with GBC were obtained. In addition, the performance of classification algorithms has been tested with precision, recall and f1-score.

Table 1. Performance metrics for all classification algorithms.

Method	Accuracy (%)	Precision	Recall	F1-Score
BC	95.71	0.96	0.96	0.96
KNN	96.07	0.96	0.96	0.96
SVM	95.36	0.95	0.95	0.95
GBC	96.43	0.96	0.96	0.96

Equation 1, Equation 2, Equation 3 and Equation 4 are accuracy recall, f1 score and precision parameters respectively, which are performance metrics and whose values are given in Table 1.

$$Accuracy = \frac{P_T + N_T}{P_T + N_T + P_F + N_F} \times 100 \quad (1)$$

$$Recall = \frac{P_T}{P_T + N_T} \times 100 \quad (2)$$

$$Precision = \frac{P_T}{P_T + P_F} \times 100 \quad (3)$$

$$F1\text{-score} = \frac{2 \times Recall \times Precision}{Recall + Precision} \times 100 \quad (4)$$

P_T is true positives, N_T demonstrate true negatives, P_F is false positives and N_F demonstrates false negatives (Equation 1,2 and 3). The F1 score expression, on the other hand, is obtained by multiplying the recall and precision values twice, dividing by the recall and precision values, and is expressed as a percentage. The results of the GBC algorithm, which gives the highest test accuracy, are shown in the confusion matrix in Figure 4. Here, 117 of 123 healthy volunteers were guessed correctly, while 6 of them were wrongly guessed. Out of 159 Alzheimer's volunteers, 153 were predicted correctly, while 4 were predicted incorrectly.

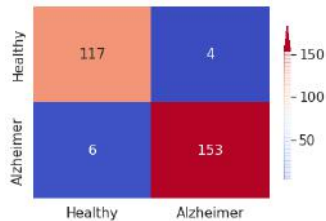


Figure 4. Confusion matrix for GBC test results.

3. Conclusions and Recommendations

With this study, 28 features, including spectral and statistical features, were extracted from the EEG signals of Alzheimer's patients and volunteers without a neurological disorder in a data set presented as open source. All features were evaluated by the decision tree feature importance algorithm to find the most significant features. The most significant features; Theta band power to delta band power ratio, theta band power to beta band power ratio were determined as mean, standard deviation and kurtosis. The selected features are divided into 70% training and 30% testing. The training dataset and the ten-fold cross-validation technique were used to train the BC, KNN, SVM, and GBC algorithms. Then, system performance was tested with 30% test data set. While data can be classified with an accuracy of 95.71% with BC, classification is made with an accuracy of 96.07% with KNN. Classification was made with SVM with an accuracy of 95.36%. The highest accuracy was found with the GBC algorithm with a rate of 96.43%.

With our proposed study, Alzheimer's and healthy individuals could be distinguished from EEG signals with higher accuracy compared to other studies in the literature. In future studies, system performance can be tested with other open-source datasets. Furthermore, the proposed system can be used as a computer-aided diagnostic system to assist physicians in developing simultaneously.

5. Acknowledge

Part of the results of this study was presented as a summary paper at the 2nd International Conference On Engineering And Applied Natural Sciences (ICEANS) 15-18 October 2022.

References

- Ahmadlou, M., Adeli, H., & Adeli, A. (2011). Fractality and a wavelet-chaos-methodology for EEG-based diagnosis of Alzheimer disease. *Alzheimer Disease & Associated Disorders*, 25(1), 85–92.
- Al Iqbal, M. D. R., Rahman, S., Nabil, S. I., & Chowdhury, I. U. A. (2012). Knowledge based decision tree construction with feature importance domain knowledge. *2012 7th International Conference on Electrical and Computer Engineering*, 659–662.
- Babiloni, C., Lizio, R., Marzano, N., Capotosto, P., Soricelli, A., Triggiani, A. I., Cordone, S., Gesualdo, L., & Del Percio, C. (2016). Brain neural synchronization and functional coupling in Alzheimer's disease as revealed by resting state EEG rhythms. *International Journal of Psychophysiology*, 103, 88–102.
- Bairagi, V. (2018). EEG signal analysis for early diagnosis of Alzheimer disease using spectral and wavelet based features. *International Journal of Information Technology*, 10(3), 403–412.
- Bauer, E., & Kohavi, R. (1999). An empirical comparison of voting classification algorithms: Bagging, boosting, and variants. *Machine Learning*, 36(1), 105–139.
- Benz, N., Hatz, F., Bousleiman, H., Ehrensperger, M. M., Gschwandtner, U., Hardmeier, M., Rugg, S., Schindler, C., Zimmermann, R., & Monsch, A. U. (2014). Slowing of EEG background activity in Parkinson's and Alzheimer's disease with early cognitive dysfunction. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 6, 314.
- Breiman, L. (1996). Bagging predictors. *Machine Learning*, 24(2), 123–140.
- Chakrabarti, S., Cox, E., Frank, E., Güting, R. H., Han, J., Jiang, X., Kamber, M., Lightstone, S. S., Nadeau, T. P., & Neapolitan, R. E. (2008). *Data mining: know it all*. Morgan Kaufmann.
- Cortes, C., & Vapnik, V. (1995). Support-vector networks. *Machine Learning*, 20(3), 273–297.
- Cover, T., & Hart, P. (1967). Nearest neighbor pattern classification. *IEEE Transactions on Information Theory*, 13(1), 21–27.
- Elgandelwar, S. M., & Bairagi, V. K. (2021). Power analysis of EEG bands for diagnosis of Alzheimer disease. *International Journal of Medical Engineering and Informatics*, 13(5), 376–385.
- Elgendi, M., Vialatte, F., Cichocki, A., Latchoumane, C., Jeong, J., & Dauwels, J. (2011). Optimization of EEG frequency bands for improved diagnosis of Alzheimer disease. *2011 Annual International Conference of the IEEE Engineering in*

- Medicine and Biology Society*, 6087–6091.
- Fiscon, G., Weitschek, E., Cialini, A., Felici, G., Bertolazzi, P., De Salvo, S., Bramanti, A., Bramanti, P., & De Cola, M. C. (2018). Combining EEG signal processing with supervised methods for Alzheimer's patients classification. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 18(1), 1–10.
- Foxe, J. J., & Snyder, A. C. (2011). The role of alpha-band brain oscillations as a sensory suppression mechanism during selective attention. *Frontiers in Psychology*, 2, 154.
- Luu, P., Tucker, D. M., Englander, R., Lockfeld, A., Lutsep, H., & Oken, B. (2001). Localizing acute stroke-related eeg changes:: assessing the effects of spatial undersampling. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 18(4), 302–317.
- Meghdadi, A. H., Stevanović Karić, M., McConnell, M., Rupp, G., Richard, C., Hamilton, J., Salat, D., & Berka, C. (2021). Resting state EEG biomarkers of cognitive decline associated with Alzheimer's disease and mild cognitive impairment. *PLoS One*, 16(2), e0244180.
- Michel, C. M., Koenig, T., Brandeis, D., Gianotti, L. R. R., & Wackermann, J. (2009). *Electrical neuroimaging*. Cambridge University Press.
- Mitchell, T. M., & Mitchell, T. M. (1997). *Machine learning* (Vol. 1, Issue 9). McGraw-hill New York.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., & Dubourg, V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *The Journal of Machine Learning Research*, 12, 2825–2830.
- Pineda, A. M., Ramos, F. M., Betting, L. E., & Campanharo, A. S. L. O. (2020). Quantile graphs for EEG-based diagnosis of Alzheimer's disease. In *PLoS ONE* (Vol. 15, Issue 6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231169>
- Poza, J., Hornero, R., Abásolo, D., Fernández, A., & García, M. (2007). Extraction of spectral based measures from MEG background oscillations in Alzheimer's disease. *Medical Engineering & Physics*, 29(10), 1073–1083.
- Riemenschneider, M., Lautenschlager, N., Wagenpfeil, S., Diehl, J., Drzezga, A., & Kurz, A. (2002). Cerebrospinal fluid tau and β -amyloid 42 proteins identify Alzheimer disease in subjects with mild cognitive impairment. *Archives of Neurology*, 59(11), 1729–1734.
- Şahin Sadık, E., Saraoğlu, H. M., Canbaz Kabay, S., Tosun, M., Keskinliç, C., & Akdağ, G. (2022). Investigation of the effect of rosemary odor on mental workload using EEG: an artificial intelligence approach. *Signal, Image and Video Processing*, 16(2), 497–504.
- Şeker, M., Özbek, Y., Yener, G., & Özerdem, M. S. (2021). Complexity of EEG Dynamics for Early Diagnosis of Alzheimer's Disease Using Permutation Entropy Neuromarker. *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 206, 106116.



Speed-Sensorless DTC of BLDC Motor with EKF-based Estimator Capable of Load Torque Estimation for Electric Vehicle

Remzi İnan^{1*}, Onur Mustafa Üzüm²

^{1*} Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Technology, Department of Electric and Electronic Engineering, Isparta, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1717-3875), remziinan@isparta.edu.tr

² Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Electric and Electronic Engineering, Isparta, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0661-6522), onuruzum@sdu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1190197)

ATIF/REFERENCE: İnan, R., & Üzüm, O.M., (2022). Speed-Sensorless DTC of BLDC Motor with EKF-based Estimator Capable of Load Torque Estimation for Electric Vehicle. *European Journal of Science and Technology*, (42), 6-13.

Abstract

This study presents the simulation of brushless DC (BLDC) motor control in MATLAB/Simulink simulation environment with model-based and direct torque control (DTC) method with extended kalman filter (EKF). In this study, a control method based on DTC method is tested to control a nonlinear BLDC motor with extended kalman filter. In this method, an accurate control can be made thanks to the load moment estimation, which is not found in the literature. As a result of the tests have carried out at low and high speeds, it is concluded that the system can lead to real-time systems.

Keywords: Speed-sensorless BLDC Motor, Kalman Filter, Direct Torque Control.

Elektrikli Araç için BLDC Motorun Yük Momenti Kestirimi Yapabilen EKF Tabanlı Hız-Algılayıcısız DTC'si

Öz

Bu çalışma, MATLAB/Simulink simülasyon ortamında fırçasız DC motor (BLDC) kontrolünün model tabanlı ve doğrudan tork kontrolü (DTC) yöntemi ile genişletilmiş kalman filtresi (EKF) ile simülasyonunu sunmaktadır. Bu çalışmada, doğrusal olmayan bir BLDC motoru genişletilmiş kalman filtresi ile kontrol etmek için DTC yöntemine dayalı bir kontrol yöntemi test edilmiştir. Bu yöntemde literatürde bulunmayan yük moment tahmini sayesinde doğru bir kontrol yapılabilir. Düşük ve yüksek hızlarda gerçekleştirilen testler sonucunda sistemin gerçek zamanlı sistemlere öncülük edebileceği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: BLDC Motor, Kalman Filtresi, Model Tabanlı Öngörülü Kontrol, Doğrudan Tork Kontrolü, BLDCM Simülasyonu.

* Corresponding Author: remziinan@isparta.edu.tr

1. Introduction

Today, electric motors are used in a wide variety of fields. One of these motors is called brushless direct current (BLDC) motor are used in many fields today especially in electric vehicle and hybrid electric vehicle include drones, electric cars, etc. The advantages of BLDC motor can be listed as follows;

- Speed control can be done with constant torque.
- Their yields are high.
- Due to their brushless structure, there is no friction, no arcing, no carbon dust production.
- Its dimensions are smaller than other motors and its torque is higher.
- It works without problems at high revs.
- They work silently.
- They get very little hot.
- They last much longer.
- They don't need care.

The disadvantages of BLDC motor can be listed as follows;

- They have a complex control circuit.
- They need position sensors.
- Their cost is high.

The torque-current characteristics of BLDC motors are similar to DC motors. BLDC motor works similarly to a synchronous motor [1]. BLDC motors are more popular today than conventional DC motors, but the development of this type of motor has only been possible since the 1960s, when semiconductor electronics were developed [2]. It is a type of motor that provides the commutation process electronically. BLDC motors have been produced in order to get rid of the brush and collector assembly by preserving the torque-speed characteristics of DC motors.

In brushed DC motors, electrical transmission to the windings in the rotor is provided by the brush-collector structure, which causes problems such as sparking, maintenance and wear on the brushes.

An electronic controller takes over the task of the brush-collector assembly in BLDC motors.

A brushless direct current motor consists of two main parts, a stator and a rotor. The rotor is a bipolar permanent magnet. The stator consists of regular coils as shown in Figure 1.

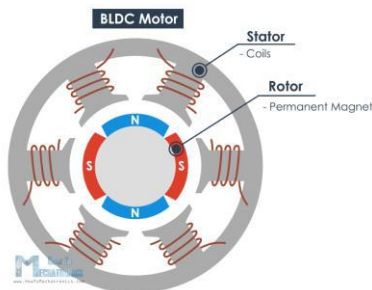


Fig. 1. BLDC Motor

The controller must follow the rotor at an appropriate speed and know the rotor position so that the rotation of the motor is not interrupted. Hall effect sensors are generally used for this (Figure 2).

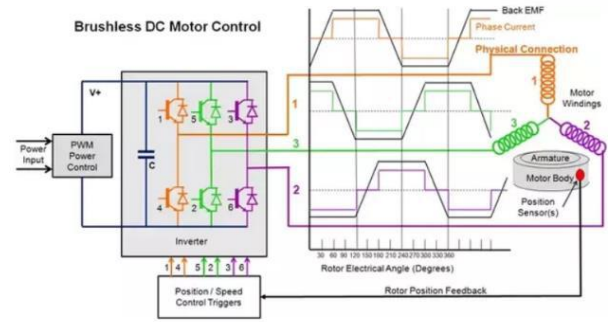


Fig 2. Schematic representation of BLDC Motor Control

BLDC motors consist of:

- The stator with its windings
- Permanent magnet rotor
- Position sensors
- Driver circuit

BLDC motors are of two types according to their internal structure:

In inner rotor BLDC motor, the rotating part of the motor, namely the rotor, is inside the motor. The body (stator) is fixed. These motors generally have higher speeds than the other type, the outer rotor. On the other hand, the torque produced by the motors per volt is less. Having the rotor inside provides many ease of use. They are similar in appearance to standard brushed motors.

Outrunner Brushless Motors have a mechanical arrangement unlike inrunner motors. The rotor of the motor is on the outside. In other words, the body of the motor is inside the rotating fixed part. They are more difficult to cool because the coil part is in the center. They are used more frequently in flying projects (helicopter, quadrotor, plane...) due to the lower speed of outrunner motors and higher torque.

BLDC motor is of two types according to the sensor condition:

Sensored brushless motors precisely detect where the coil is in the housing. With a suitable motor driver circuit, no lost power occurs from the motor.

Sensorless brushless motors are widely available. They decide that the wave sent from the motor driver circuit to the coil will be changed, with the electrical signal (signal generated by the eddy current) occurring in the coil without current. Sensorless motors do not reach speeds and accelerations as high as sensor motors.

BLDC motors are especially used for radio controlled projects. Since their unit energy densities are better, they are used in RC cars, helicopters, photocopiers, printers, tape drives, optical scanners and medical devices that require high power [3].

As a result of the literature review on BLDC motor control, many articles and papers have been researched.

Li et al. have mentioned the advantages of DC motors in their study. They have tried the six-step control and field-oriented control method on BLDC motors and carried out simulation studies. They have examined torque fluctuations and power losses [4].

Rekioua et al., in their study, have presented a new approach to field-oriented control of brushless direct current motor and applied this approach to permanent magnet synchronous

motor. According to the results they obtained, it has determined that the current and speed showed a significant improvement in no-load and loaded conditions [5].

Gujjar and Kumar have showed the performance analysis of the field-oriented control (FOC) of BLDC motor using sinusoidal pulse width modulation (SPWM) and space vector pulse width modulation (SVPWM) techniques in their study. They have performed control by changing the motor parameters in the d-q axis of the current going to the motor. They have simulated the system in the MATLAB Simulink simulation environment and determined that space vector pulse width modulation is more performant than sinusoidal pulse width modulation [6].

Kumar and C.M.C have presented a comparison of sinusoidal field oriented control (FOC), field oriented control (FOC), and hysteresis control of a BLDC motor primarily in terms of output torque ripple. They have simulated the algorithm of the three control methods [7].

Irimia et al., in their study, have performed a comparative study between simultaneous sinusoidal modulation (SSM) and space vector modulation (SVM). In order to achieve efficient results, vector or field-oriented control is applied as a control method. They have developed a comprehensive mathematical model equivalent to the power steering/brake system that can be successfully integrated into today's vehicle platforms and applied this model to the MATLAB Simulink simulation environment [8].

Islam et al., in their study, have explained the field-oriented control method for BLDC motor with space vector pulse width modulation technique with current and speed sensor. In this method, they have introduced the PI controller and as a result, they observed that this control method has good speed response and performance [9].

Tatar et al., in their study, have determined the rotor position of the BLDC motor using hall-effect sensors. They describe the development of a field-oriented control method based on the space vector pulse width modulation method with the Labview FPGA module for a BLDC motor. They have simulated the system in MATLAB Simulink environment [10].

Sandre-Hernandez et al., in their study, have presented sensorless field-oriented control of a BLDC motor using a sliding mode observer to determine phase currents. They also have used a back EMF observer to determine the position of the rotor. They have supported their work with numerical simulations [11].

De Almeida et al., in their study, have explained the vector control of a BLDC motor with trapezoidal waveform of the estimated back EMF through the kalman filter [12].

In their study, Reddy and Murali have proposed an algorithm to obtain a uniform rotor angle with hall signals. In the proposed algorithm, they have aimed to avoid unnecessary multiplication and division operations in the FPGA module and implemented it in Microsemi SmartFusion® 2 SoC FPGA [13].

Hui et al., have mentioned different control techniques of permanent magnet brushless direct current motor used as compressor motor. They have focused on the bridge 3 phase inverter circuit technique with sensorless back-EMF detection. The methods are simulated on PSIM software [14].

Lee et al., in their study, have focused on the comparison of commutation methods of permanent magnet brushless direct current motor. They have focused on trapezoidal, sinusoidal

commutation and field-directed control techniques. They have made use of Hall-effect sensors. As a result of their analysis, they have seen that the best of these techniques is field-directed control [15].

Noroozi et al., in their study, have mentioned direct torque control in brushless permanent magnet direct current motors. They have studied the details of two-phase and three-phase transmission modes. They have wanted to control the motor in MATLAB Simulink environment using twelve voltage vectors. With the simulation results, they have obtained the data they expected [16].

Li et al., in their study, have suggested that direct torque control of brushless permanent magnet direct current motor should be done to reduce torque fluctuations. For this, they have proposed a hysteresis torque control with pulse width modulation. In addition, two-phase 120 electrical degree control is proposed. Motor control is performed with MATLAB [17].

Singh and Singh (2016), in their article, have performed the speed control of a permanent magnet brushless direct current motor, three of the control methods, Back-EMF, sinusoidal pulse width modulation (SPWM), and space vector pulse width modulation using the MATLAB Simulink simulation environment. They have compared these control methods. According to their results, they have seen that the space vector pulse width modulation technique is more efficient than the others [18].

Aktas et al., have compared indirect field oriented control and direct torque control of a brushless permanent magnet direct current motor. While examining these methods, they have focused on PI controller, fuzzy logic and sliding mode speed controller [19].

To control BLDC motor and phase flux and currents, there are certain sensors used to measure. Using these sensors imposes a burden on both the motor and the driver in terms of cost and ease of operation.

In the following studies, the control forms of the BLDC motor with the kalman filter are mentioned.

Mazaheri and Radan have mentioned three main and basic algorithms of motor control methods and they studied on BLDC motor: Extended, Unscented and Cubature Kalman filtering. They have done various studies on the application of these algorithms in estimating the angular position of the rotor at low speeds. When they have applied the measurements to a 3-phase low voltage BLDC motor, they have observed that the Unscented Kalman filter and Cubature Kalman filtering techniques gave better results and performance than the Extended Kalman filter. They have determined that it is better in terms of accuracy [20].

Kettle and Murray, in their study, have obtained estimates for position and velocity based on back EMF from the trapezoidal motor with an algorithm based on an extended kalman filter. In this study, they have made sensorless measurements and worked with a DSP controller without stator current measurements [21].

Terzic and Jadric have studied the extended kalman filter application of a brushless direct current motor in their study. They have used this filter to estimate motor state variables. The speed and rotor position of the motor and motor parameters is used in the estimation algorithms. They have carried out this study on a 1.5 kW motor and observed that it is predicted with sufficient performance in steady and dynamic condition [22].

Nair et al., in their study, have presented electromagnetic torque prediction using a Kalman filter with direct torque control of a BLDC motor with trapezoidal back-EMF. They have used the PWM technique with the voltage vector they have had previously determined to obtain a faster torque response. They have determined an error by comparing the estimate with the reference electromagnetic torque and applied the appropriate voltage vector [23].

Lv et al., in their study, have proposed a sensorless control technique working with an odorless kalman filter to a BLDC motor. In this algorithm, they have wanted to predict the position and speed of the motor by measuring the terminal voltages and three-phase currents. According to the simulation results, they have observed the accuracy of the algorithm [24].

Ejlali and Soleimani, in their study, have carried out the active learning method with the extended Kalman filter. They have made estimation of stator voltage and current and state variables and observed with simulation results [25].

Aishwarya and Jayanand, in their study, have made a prediction algorithm with an extended kalman filter for the estimation of the speed and rotor position of the BLDC motor. The reason they use the extended kalman filter is because the BLDC motor is a non-linear system. The state variables of the motor are predicted using a kalman filter with measurements of stator voltages and currents [26].

As a result of the literature review, the following information can be given about the importance of the study:

As a result of this study, the most efficient use of BLDC motor is determined by simulating the BLDC motor, which is frequently used in electric vehicles, loaded and unloaded, and also with kalman filter algorithm. It is ensured that it can be used with a more logical control method and a simple control method with both economic and energy efficiency.

Unlike the above studies, the load moment must also be estimated in model-based estimators.

In this study, 3 phase current, flux, electrical position of the rotor, load torque and mechanical angular rotor speed are estimated with the extended kalman filter, which can also predict the load torque, unlike the studies mentioned above. For the performance of model-based estimation performance, this extended Kalman filter has been tested on direct torque control (DTC) created in the MATLAB/Simulink simulation environment.

2. Material and Method

Despite the simple structure of the BLDC motor, it is necessary to operate the BLDC motor with a complex control structure in order to control it properly.

In this section, the mathematical and MATLAB/Simulink block diagram model of the BLDC motor will be given. Then, in this study, direct torque control and extended kalman filter application, which is one of the sensorless control methods used to control BLDC motor, are discussed.

2.1. Mathematical Model of BLDC Motor

The mathematical model of BLDC motors is similar to conventional brushed DC motors. The creation of the mathematical model is done separately for each phase. The effect of the phases on each other should also be added to the

model. Each phase of the motor can be modeled with a resistor, a coil and a DC voltage source connected in series. Fig. 3 show this model.

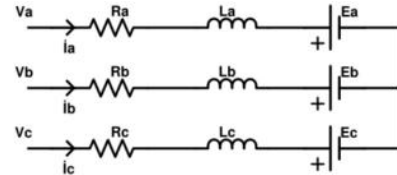


Fig. 3. BLDC Motor Equivalent Circuit

Some assumptions are made in order to write the mathematical model of the engine. These are respectively;

- The engine is not saturated.
- Stator windings have fixed resistance, self-inductance and common inductance.
- The back electromotive force in all phases has a sinusoidal shape.
- Iron losses, eddy currents and hysteresis effects in the motor are neglected [27].

The equivalent mathematical model of the motor is given in Fig. 3. According to this model, the voltage equations of the motor are;

$$v_a = R_a \cdot i_a + L_a \frac{d}{dt} i_a + L_{ab} \frac{d}{dt} i_b + L_{ca} \frac{d}{dt} i_c + E_a \quad (1)$$

$$v_b = R_b \cdot i_b + L_b \frac{d}{dt} i_b + L_{ab} \frac{d}{dt} i_a + L_{bc} \frac{d}{dt} i_c + E_b \quad (2)$$

$$v_c = R_c \cdot i_c + L_c \frac{d}{dt} i_c + L_{ca} \frac{d}{dt} i_a + L_{bc} \frac{d}{dt} i_b + E_c \quad (3)$$

In the above equations;

- v_a, v_b, v_c : Stator phase voltages
- i_a, i_b, i_c : Stator phase currents
- R_a, R_b, R_c, R : Stator phase resistors
- L_a, L_b, L_c, L : Stator phase inductances
- $L_{ab}, L_{bc}, L_{ca}, M$: Common inductance between stator phase windings
- E_a, E_b, E_c : Opposite electro-motor force means.

If the stator windings are considered to be balanced;

$$R_a = R_b = R_c = R \quad (4)$$

$$L_a = L_b = L_c = L \quad (5)$$

$$L_{ab} = L_{bc} = L_{ca} = M \quad (6)$$

Accordingly, the voltage equations are rewritten as:

$$v_a = R_a \cdot i_a + L_a \frac{d}{dt} i_a + M \frac{d}{dt} i_b + M \frac{d}{dt} i_c + E_a \quad (7)$$

$$v_b = R_b \cdot i_b + L_b \frac{d}{dt} i_b + M \frac{d}{dt} i_a + M \frac{d}{dt} i_c + E_b \quad (8)$$

$$v_c = R_c \cdot i_c + L_c \frac{d}{dt} i_c + M \frac{d}{dt} i_a + M \frac{d}{dt} i_b + E_c \quad (9)$$

The matrix representation of the stator voltages is given in (10).

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L & M & M \\ M & L & M \\ M & M & L \end{bmatrix} \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} \quad (10)$$

$$\mathbf{A}(\mathbf{x}(k)) = \begin{bmatrix} -\frac{R_s T}{L_s} + 1 & 0 & 0 & -\frac{p_p \psi_{ra} T}{L_s} & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{R_s T}{L_s} + 1 & 0 & -\frac{p_p \psi_{rb} T}{L_s} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{R_s T}{L_s} + 1 & -\frac{p_p \psi_{rc} T}{L_s} & 0 & 0 \\ -\frac{p_p T}{j_L} \psi_{ra} & -\frac{p_p T}{j_L} \psi_{rb} & -\frac{p_p T}{j_L} \psi_{rc} & -\frac{b_L T}{j_L} + 1 & 0 & -\frac{T}{j_L} \\ 0 & 0 & 0 & p_p T & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (26)$$

Since the derivative can be disabled from the assumption that the inductances are not saturated, if (10) is arranged;

$$\begin{bmatrix} v_a \\ v_b \\ v_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R & 0 & 0 \\ 0 & R & 0 \\ 0 & 0 & R \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \begin{bmatrix} i_a \\ i_b \\ i_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} \quad (11)$$

formula is obtained.

E_a , E_b , and E_c are called the induced back electromagnetic force (EMF) in the motor. These voltages depend on the speed and angle of the motor, the number of turns in the stator and the magnetic flux in the rotor. The maximum rotor magnetic flux is accepted as the motor constant and is called λ_m . Depending on the motor type, they can be sinusoidal or trapezoidal [27].

If it is sinusoidal;

$$E_a = \omega_m \lambda_m \sin(\theta_e) \quad (12)$$

$$E_b = \omega_m \lambda_m \sin(\theta_e - \frac{2\pi}{3}) \quad (13)$$

$$E_c = \omega_m \lambda_m \sin(\theta_e + \frac{2\pi}{3}) \quad (14)$$

here, ω_m , rotor mechanical angular velocity (rad/sec).

If it is trapezoidal, this voltage is;

$$E_a = \omega_m \lambda_m f(\theta_e) \quad (15)$$

$$E_b = \omega_m \lambda_m f(\theta_e - \frac{2\pi}{3}) \quad (16)$$

$$E_c = \omega_m \lambda_m f(\theta_e + \frac{2\pi}{3}) \quad (17)$$

The rotor speed of the motor depends on the applied electrical frequency and the number of poles of the rotor. This relationship is shown in (18).

$$\omega_e = \omega_m p_p \quad (18)$$

here p_p is the pole pair.

The instantaneous power produced by the BLDC motor is equal to the multiplication of the back EMF and the current flowing through the phase windings. This power is known as the power transferred from the stator of the motor to its rotor. This equation is given in (19).

$$P_a = E_a i_a + E_b i_b + E_c i_c \quad (19)$$

The power-torque equation is used to calculate the electromagnetic torque produced. The generation of electromagnetic moment depends on two parameters. These are the back-EMF constant and the maximum value of the current. The moment equation is given in (20) and (21) [27].

$$T_e = \frac{P_a}{\omega_e} = \frac{E_a i_a + E_b i_b + E_c i_c}{\omega_e} \quad (20)$$

$$T_e = \frac{E_a i_a + E_b i_b + E_c i_c}{\omega_m} \cdot p_p \quad (21)$$

2.2. Extended Kalman Filter for States and Parameter Estimation of BLDC Motor Model

The motor model of BLDC motor which used on EKF for the estimation of stator 3-phase currents (i_{sa} , i_{sb} , i_{sc}), rotor mechanical angular speed (ω_m), rotor electrical rotation (θ_e), and load torque (t_L) states and parameter of BLDC motor given below in discretized form.

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{A}(\mathbf{x}(k))\mathbf{x}(k) + \mathbf{B}\mathbf{u}(k) + \mathbf{w} \quad (22)$$

$$\mathbf{Z}(k+1) = \mathbf{H}\mathbf{x}(k) + \mathbf{v} \quad (23)$$

where, $\mathbf{x}(k)$ is the extended state vector for BLDC motor model, \mathbf{A} is the system matrix, $\mathbf{Z}(k+1)$ is the measurement vector, \mathbf{u} is the control input vector, \mathbf{B} is the input matrix, \mathbf{w} is the process noise, \mathbf{H} is the measurement matrix, \mathbf{v} is the measurement noise. From here, the following equations have the matrix representation of these situations.

$$\mathbf{x}(k) = [i_{sa} \ i_{sb} \ i_{sc} \ \omega_m \ \theta_e \ t_L]^T \quad (24)$$

$$\mathbf{u}(k) = [v_{sa}(k) \ v_{sb}(k) \ v_{sc}(k)]^T \quad (25)$$

here, v_{sa} , v_{sb} , and v_{sc} are stator 3-phase voltages.

$$\mathbf{B} = \begin{bmatrix} \frac{T}{L_s} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{T}{L_s} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{T}{L_s} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^T \quad (27)$$

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (28)$$

In (26), L_s is the stator leakage inductance, T is the sampling time, j_L is the total inertia of the BLDC motor, R_s is stator phase resistance, ψ_{ra} , ψ_{rb} , and ψ_{rc} are the rotor leakage fluxes, b_L is the coefficient of friction.

2.3. Extended Kalman Filter for State and Parameter Estimation of BLDC Motor

The equations of EKF algorithm using BLDC motor model can be given as follows.

Linearization step:

$$\mathbf{F}_{k+1|k} = \frac{d\mathbf{A}(\hat{\mathbf{x}}_{k+1|k})}{d\hat{\mathbf{x}}_{k+1|k}} \quad (29)$$

Estimation or time update step:

$$\hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- = \mathbf{A}(\hat{\mathbf{x}}_k)\hat{\mathbf{x}}_k + \mathbf{B}\mathbf{u}_k \quad (30)$$

$$\mathbf{P}_{k+1}^- = \mathbf{F}_{k+1|k} \mathbf{P}_k \mathbf{F}_{k+1|k}^T + \mathbf{Q} \quad (31)$$

Correction or measurement update steps:

$$\mathbf{K}_{k+1} = \mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_k^T [\mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k+1}^- \mathbf{H}_k^T + \mathbf{R}]^{-1} \quad (32)$$

$$\hat{\mathbf{x}}_{k+1} = \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^- + \mathbf{K}_{k+1} (\mathbf{Z}_{k+1} - \mathbf{H}_k \hat{\mathbf{x}}_{k+1}^-) \quad (33)$$

$$\mathbf{P}_{k+1} = \mathbf{P}_{k+1}^- - \mathbf{K}_{k+1} \mathbf{H}_k \mathbf{P}_{k+1}^- \quad (34)$$

Here, $\hat{\cdot}$ represents the estimated states and parameter. $\mathbf{F}_{k+1|k}$ is the function to linearize the nonlinear model by the first order Taylor series; \mathbf{P}_{k+1}^- and \mathbf{P}_{k+1} are the priori and the posteriori estimation error covariance matrices, respectively; \mathbf{K}_{k+1} is the Kalman gain; \mathbf{Q} is the covariance matrix of the system noise, namely, modeling errors; \mathbf{R} is the covariance matrix of the measurement noise.

3. Results and Discussion

3.1. Simulation Results of EKF-based Speed-Sensorless DTC of BLDC Motor

The estimation performance of the proposed EKF on i_{sa} , i_{sb} , i_{sc} , ω_m , θ_e , and t_L states and parameter of the BLDC motor is tested with speed-sensorless DTC drive system in MATLAB Simulink simulation platform. The BLDC motor parameters is given in Table 1. The block diagram of the EKF-based closed-loop speed-sensorless DTC BLDC motor drive system is shown in Fig. 4.

In Fig.4, the velocity control is PI-type controller and two-level hysteresis flux comparator and three-level hysteresis torque comparator are used to determine the switching position of the inverter. Also three-phase rotor fluxes are calculated from the flux function given in (15)-(17) by using the estimated

θ_e . And calculated three-phase rotor fluxes is transferred into two-phase $\alpha\beta$ stator stationary axis. Moreover, the $\alpha\beta$ axis components of the stator flux (ψ_{sa} and ψ_{sb}) which should be known in DTC are obtained from general magnetizing equation of three-phase motors by converting the $\hat{\psi}_{ra}$ and $\hat{\psi}_{r\beta}$.

The estimation results and errors of the proposed EKF estimator are shown in Fig.5 and Fig. 6, respectively.

Table 1. BLDC motor parameters

DC power supply	V	72
Rated speed	rpm	750
Rated torque	N.m	21
Rated power	kW	1.5
Moment of inertia	kg.m ²	0.0073
Phase back-EMF coefficient	V _{peak} /krpm	96
Phase resistance	Ω	0.033
Leakage inductance	mH	0.16
Mutual inductance	mH	0.0255
Pole pairs		23

In the simulation scenario editing in order to test the estimation achievement of the proposed EKF-based estimator and the control performance of the DTC drive system of BLDC motor, the BLDC motor is forced to run in a wide speed range as rated speed ($n_m=750$ rpm), medium speed ($n_m=300$ rpm), and low speed ($n_m=150$ rpm) under different load torque conditions as rated torque ($t_L=20$ N.m), medium load torque ($t_L=10$ N.m) and low load torque ($t_L=5$ N.m), and no-load.

During the operation of the BLDC motor, achievement of the proposed EKF-based estimator on the convergence of the estimated states and parameter to their real values is clearly shown in Fig. 5. From Fig. 5, it is understood that changes in t_L cause distortions in the ω_m estimation. In addition, errors occur in t_L estimation in the transients during acceleration and deceleration of the BLDC motor. However, the proposed EKF estimator quickly takes this error to zero quickly and provides a high estimation performance and thus the control performance of the DTC is improved.

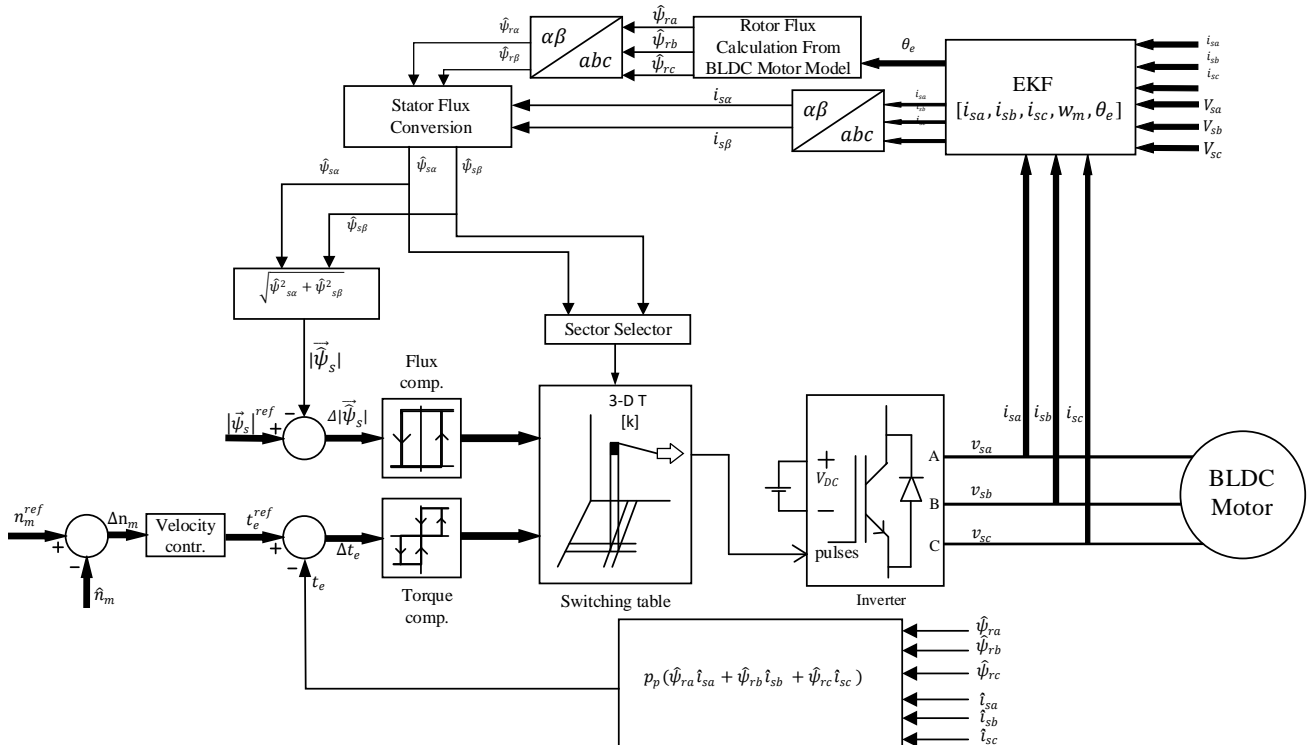


Fig. 4. EKF-based speed-sensorless DTC of BLDC motor

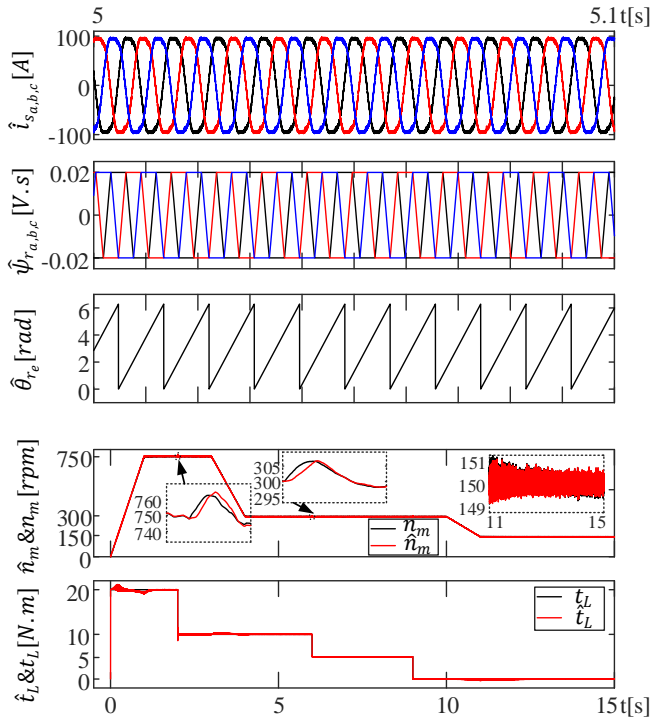


Fig. 5 Estimation results of the proposed EKF-based estimator

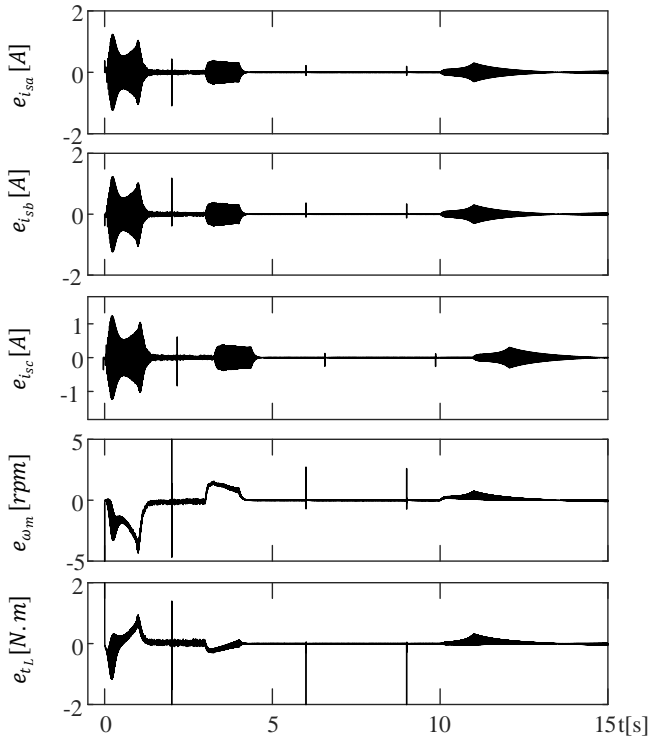


Fig. 6 Estimation errors of the proposed EKF-based estimator

4. Conclusions and Recommendations

As a result of the simulations made on the BLDC motor, it is important that this study constitutes a first in the literature, thanks to the model-based estimator of the EKF, the load torque estimation, which is not usually encountered, and the estimation of other states. This study will be a future-oriented study by using it as a control method in BLDC motors used in real-time electric vehicles planned to be made in the future.

References

- [1] Giridhar Balakrishna, R., Yogananda Reddy, P. (2015). "Speed Control of Brushless DC Motor Using Microcontroller," in *International Journal of Engineering Technology, Management and Applied Sciences*, vol. 3, Issue 6, ISSN 2349-4476, June 2015.
- [2] Anonymous. (2021). BLDC Motor nedir ve ne işe yarar? Bldc (Fırçasız) Motor çalışma prensibi ve kullanım alanları. [Online]. Available: <https://www.hurriyet.com.tr/egitim/bldc-motor-nedir-ve-ne-ise-yarar-bldc-fircasiz-motor-calisma-prensibi-ve-kullanim-alanlari-41719240>
- [3] Anonymous. (2021). BLDC (Fırçasız DC) motor nedir? [Online]. Available: <https://diyot.net/bldc/>.
- [4] Li, F., Yao, W. and Lee, K. (2019). "Quantitative Characteristic Comparison between Sensorless Six Step and Field Oriented Control Methods for Permanent Magnet Brushless DC Motors," in *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE)* pp. 1881-1885, doi: 10.1109/ECCE.2019.8912478.
- [5] Rekioua, T., Meibody Tabar, F. and le Doeuff, R. (1990). "A new approach for the field-oriented control of brushless, synchronous, permanent magnet machines," in *1990 Fourth International Conference on Power Electronics and Variable-Speed Drives (Conf. Publ. No. 324)* pp. 46-50.
- [6] Gujjar M. N. and Kumar, P. (2017). "Comparative analysis of field oriented control of BLDC motor using SPWM and SVPWM techniques," in *2017 2nd IEEE International Conference on Recent Trends in Electronics, Information & Communication Technology (RTEICT)*, pp. 924-929, doi: 10.1109/RTEICT.2017.8256733.
- [7] Kumar, B.P. and C.M.C, K. (2016). "Comparative study of different control algorithms on Brushless DC motors," in *2016 Biennial International Conference on Power and Energy Systems: Towards Sustainable Energy (PESTSE)*, pp. 1-5, doi: 10.1109/PESTSE.2016.7516444.
- [8] Irimia, N.D., Lazar F.I. and Luchian, M. (2019). "Comparison Between Sinusoidal and Space Vector Modulation Techniques on the Resulting Electromagnetic Torque Ripple Produced by a Three-Phase BLDC Motor under Field-Oriented Control," in *2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies (CoDIT)*, pp. 640-645, doi: 10.1109/CoDIT.2019.8820718.
- [9] Islam, M.A., Hossen, M.B., Banik, B. and Ghosh, B.C. (2017). "Field oriented space vector pulse width modulation control of permanent magnet brushless DC motor," in *2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference (R10-HTC)*, pp. 322-327, doi: 10.1109/R10-HTC.2017.8288966.
- [10] Tatar, G., Korkmaz, H., Serteller, N.F.O. and Toker, K. (2020). "LabVIEW FPGA Based BLDC Motor Control by Using Field Oriented Control Algorithm," in *2020 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/SEST48500.2020.9203104.
- [11] Sandre-Hernandez, O., Ordaz-Oliver, P. and Cuvas-Castillo, C. (2019). "Sensorless Field Oriented Control of BLDC motor based on Sliding Mode Observer," in *2019*

- International Conference on Mechatronics, Electronics and Automotive Engineering (ICMEAE)*, pp. 119-124, doi: 10.1109/ICMEAE.2019.00029.
- [12] De Almeida, T.E.P., de Paula, G.T., de Castro, A.G., Pereira, W.C.A. and de A. Monteiro, J.R.B. (2017). "Sensorless vector control for BLDC machine," in *2017 Brazilian Power Electronics Conference (COBEP)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/COBEP.2017.8257380.
- [13] Reddy, B.P. and Murali, A. (2016). "SoC FPGA-based field oriented control of BLDC motor using low resolution Hall sensor," in *IECON 2016 - 42nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2941-2945, doi: 10.1109/IECON.2016.7793092.
- [14] Hui, T.S., Basu, K.P. and Subbiah, V. (2003). "Permanent magnet brushless motor control techniques," in *Proceedings. National Power Engineering Conference, 2003. PECon 2003.*, pp. 133-138, doi:10.1109/pecon.2003.1437432.
- [15] Lee, S., Lemley, T.H. and Keohane, G. (2009). "A comparison study of the commutation methods for the three-phase permanent magnet brushless DC motor".
- [16] Noroozi, M. A., Moghani, J. S., Mili Monfared, J. and Givi, H. (2012). "An improved direct torque control of brushless DC motors using twelve voltage space vectors," in *2012 3rd Power Electronics and Drive Systems Technology (PEDSTC)*, pp. 133-138, doi:10.1109/pedstc.2012.6183312.
- [17] Li, Z., Zhang, S., Zhou, S. and Ahn, J.W. (2014). "Torque Ripple Minimization in Direct Torque Control of Brushless DC Motor", *Journal of Electrical Engineering and Technology*. 9. 1569-1576, <http://dx.doi.org/10.5370/JEET.2014.9.5.1569>.
- [18] Singh, J. and Singh, M. (2016). "Comparison and Analysis of Different Techniques for Speed Control of Brushless DC Motor using MATLAB Simulink", *International Journal of Engineering Trends and Technology*. vol. 38. pp. 373-379.
- [19] Aktas, M., Awaili, K., Ehsani, M. and Arisoy, A. (2020). "Direct torque control versus indirect field-oriented control of induction motors for electric vehicle applications", *Engineering Science and Technology, an International Journal*, vol. 23, no. 5, pp. 1134-1143, <https://doi.org/10.1016/j.jestch.2020.04.002>.
- [20] Mazaheri, A. and Radan, A. (2017). "Performance evaluation of nonlinear Kalman filtering techniques in low speed brushless DC motors driven sensor-less positioning systems", *Control Engineering Practice*, vol. 60, pp. 148-156, <https://doi.org/10.1016/j.conengprac.2017.01.004>.
- [21] Kettle, P., Murray, A., and Moynihan, F. (1998). "Sensorless Control of a Brushless DC motor using an Extended Kalman estimator", PCIM'98 INTELLIGANT MOTION, May 1998 Proceedings, pp- 385-392.
- [22] Terzic, B. and Jadric, M. (2001). "Design and implementation of the extended Kalman filter for the speed and rotor position estimation of brushless DC motor," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 48, no. 6, pp. 1065-1073, Dec. 2001, doi: 10.1109/41.969385.
- [23] Nair, D.S., Jagadanand, G., and George, S. (2017). "Sensorless direct torque controlled BLDC motor drive with Kalman filter algorithm," in *IECON 2017 - 43rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, pp. 2160-2165, doi: 10.1109/IECON.2017.8216363.
- [24] Lv, H., Wei, G. and Ding, Z. (2014). "UKF — Based for sensorless brushless DC motor control," in *2014 International Conference on Mechatronics and Control (ICMC)*, pp. 199-203, doi: 10.1109/ICMC.2014.7231547.
- [25] Ejlali, A. and Soleimani, J. (2012). "Sensorless vector control of 3-phase BLDC motor using a novel Extended Kalman," in *2012 International Conference on Advances in Power Conversion and Energy Technologies (APCET)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/APCET.2012.6302062.
- [26] Aishwarya, V. and Jayanand, B. (2016). "Estimation and control of sensorless brushless DC motor drive using Extended Kalman Filter," in *2016 International Conference on Circuit, Power and Computing Technologies (ICCPCT)*, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICCPCT.2016.7530343.
- [27] Karakaş, E. (2016). "Elektrikli Araçlar İçin Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Sensörsüz Güç Geri Kazanımlı Olarak Gerçekleştirilmesi", Master Thesis, Pamukkale University Institute of Science and Technology.



Diagnosis of Breast Cancer with Hybrid Artificial Intelligence Method

Hilal ÇAPKAN^{1,a}, Büşra DÖNMEZ^{1,b}, Gazi Muhammed KALKAN^{1,c}, Muhammed Zahid KAYA^{1,d}
Sümeyye GÜREL^{1,e}, Eren AKDAĞLI^{1,f}, Yusuf Cafer TOK^{1,g}, Sevde Nur ŞENOL²
Derya KANDAZ^{1,h*}, Muhammed Kürşad UÇAR^{1,i}

^{1,a} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0465-2885), hilal.capkan1@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,b} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1764-8711), busra.donmez4@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,c} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-7878-2474), gazi.kalkan@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,d} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1768-1389), zahid.kaya@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,e} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0465-2885), Sumeyye.gurel@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,f} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0636-8645), eren.akdagli@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,g} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5020-2511), yusuf.tok@ogr.sakarya.edu.tr

² Sakarya University Faculty of Engineering, Industrial Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5433-7117), sevde.senol@ogr.sakarya.edu.tr

^{1,h*} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3067-4770), deryakandaz@sakarya.edu.tr

^{1,i} Sakarya University Faculty of Engineering, Electrical-Electronic Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0636-8645), mucar@sakarya.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1189743)

ATIF/REFERENCE: Çağkan, H., Dönmez, B., Kalkan, G. M., Kaya, M. Z., Gürel, S., Akdağlı, E., Tok, Y. C., Şenol, S. N., Kandaz, D. & Uçar, M. K. (2022). Diagnosis of Breast Cancer with Hybrid Artificial Intelligence Method. *European Journal of Science and Technology*, (42), 14-19.

Abstract

According to the data of 2020, it is seen that 1 of every eight cancers diagnosed worldwide and the 5th among cancers that cause death is breast cancer. Cancer can spread to different organs and reach an incurable stage in patients who are not diagnosed and treated at the right time. Therefore, reducing the time taken for breast cancer diagnosis and reducing mortality rates are of great importance for accurate and early diagnosis of the disease. This study aims to improve the accuracy of cancer detection by using various machine learning algorithms and methods for artificial intelligence-based breast cancer diagnosis. By using ultrasonography images taken from 780 people, image information processed with statistical parameters was extracted. Artificial intelligence-based breast cancer detection was performed by applying three different machine learning algorithms and the hybrid machine learning algorithm designed as a combination of these algorithms on the extracted data set. In this way, early detection of cancerous cells will be carried out without creating advanced risks for the individual, and treatment will be possible.

Keywords: Breast Cancer, Hybrid Artificial Intelligence, Image Preprocessing, Feature Selection, Early Diagnosis

* Corresponding Author: deryakandaz@sakarya.edu.tr

1. Introduction

The most common cancer in women is breast cancer [1]. It is a disease that occurs as a result of a tumor that occurs due to the uncontrolled proliferation of cells in the breast tissue. Although the exact cause of breast cancer is unknown, factors such as genetics, diet, menstrual period, and birth control pills can be mentioned. Its symptoms are usually palpable swelling, deformity, redness, wound, eczema-like skin shedding in and around the breast [2].

There are many studies in the literature for detecting breast cancer [3]–[5]. For the detection of breast cancer, tests deemed appropriate by the physician are performed after the physical examination [6]. Diagnostic methods used in these tests can be classified as laboratory analysis and imaging methods. While blood and biochemistry tests, tumor detection tests and biopsy are included in the laboratory diagnostic methods, imaging is the more frequently used diagnostic method. The most commonly used imaging methods are mammography, ultrasonography (USG), and magnetic resonance (MR) [3]. However, imaging methods do not seem very advantageous because of their low specificity in identifying cancerous cells and their high cost [4],[7]. Today, with the development of technology, the negativities of these methods have been tried to be eliminated, and artificial intelligence systems have started to be used for diagnostic purposes in the field of health [8]. The importance of using artificial intelligence is understood by making the diagnosis and treatment more accurate and faster and benefiting from health services more effectively and easily. The study aims to detect breast cancer faster and more accurately with computer vision.

The study aimed to develop a hybrid artificial intelligence-based prediction process to classify the presence of breast cancer by using the images obtained from radiological examinations of breast cancer. In line with this goal, after the USG images taken from 780 people were transferred to the computerized environment, the balancing process was applied to eliminate the deviation tendency, and its effect on the system performance was lost. For each processed image matrix, 25 feature extractions were performed. After the feature extraction, the feature selection algorithm was applied, the size optimization was achieved in the matrices, and the USG images were classified as cancerous and healthy. Breast ultrasound, which reveals many conditions in the tissue, was preferred in early diagnosis, assuming that the patient is not exposed to radiation and that there is no dense breast tissue.

2. Material and Method

The application steps in Figure 1 were used to classify ultrasonography (USG) images as cancer and healthy. In detail the materials and methods used when conducting the study. The citations you make from different sources must be given and referenced in references.

According to the application flowchart, 25 statistical features were extracted from the USG images. Extracted images were separated as percentages after the feature selection algorithm. The features with low correlation levels were removed from the data set, and maximum performance was achieved by using performance evaluation criteria.

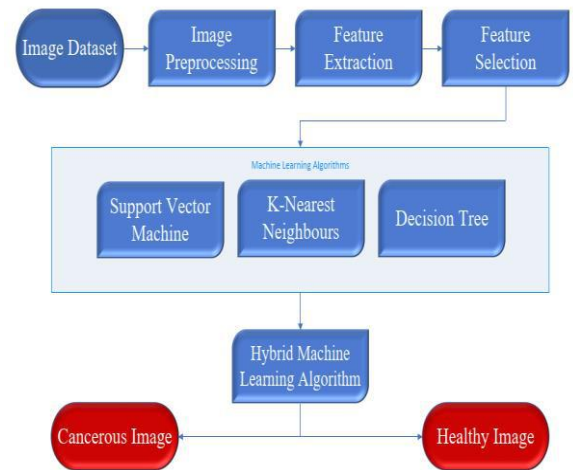


Fig. 1 Flowchart Application

USG images were classified as cancerous and healthy with the feature sets “kNN”, “SVMs”, “DT” and “Hybrid” models.

Table 1. Table of Cancerous and Healthy Individuals

Cancerous	Healthy	Total
647	133	780

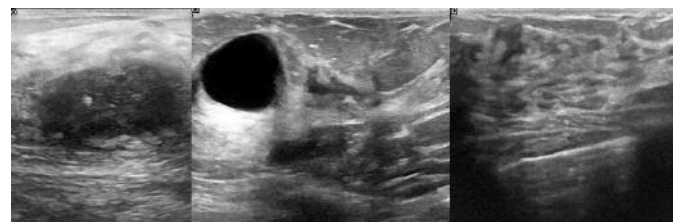


Fig. 2 Sample USG Images

2.1. Feature Extraction

It is necessary to extract information about detecting foreign substances in breast tissue from USG images. Feature selection methods obtain information inference. For this reason, statistical features were extracted from each image in 25-time domains. The feature extraction process was applied to 780 images, of which 647 were patients and 133 were healthy.

2.2. Feature Selection

Feature selection algorithms are a process that is performed in line with the need to extract the features with low correlation values from the dataset and to optimize the matrix size. This study uses the Fisher score algorithm as the feature selection algorithm.

The algorithm calculated correlation values for each feature and correlation levels were determined (Table 2). With these selected values, the ratios of the performance evaluation criteria of different models were created.

Table 2. Representation of Features mathematical and code

Nu	Features	Equation
1	Kurtosis	$x_{karr} = \left(\sum_{i=1}^n (x(i) - \bar{x})^4 \right) / ((n - 1)S^4)$
2	Skewness	$x_{sle} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{(n - 1)S^3}$
3	* *IQR	$IQR = iqr(x)$
4	CV	$DK = (S/\bar{x})100$
5	Geometric Mean	$G = \sqrt[n]{x_1 + \dots + x_n}$
6	Harmonic Mean	$H = n / \left(\frac{1}{x_1} + \dots + \frac{1}{x_n} \right)$
7	Activity - Hjort Parameters	$A = S^2$
8	Mobility - Hjort Parameters	$M = S_1^2/S^2$
9	Complexity - Hjort Parameters	$C = \sqrt{(S_2^2/S_1^2)^2 - (S_1^2/S^2)^2}$
10	* Maximum	$x_{i_{max}} = \max(x_i)$
11	Median	$\tilde{x} = \begin{cases} \frac{x_{n+1}}{2} & = x \text{ odd} \\ \frac{1}{2}(x_{\frac{n}{2}} + x_{\frac{n}{2}+1}) & = x \text{ even} \end{cases}$
12	* Mean Absolute Deviation	$MAD = \text{mad}(x)$
13	* Minimum	$x_{min} = \min(x_i)$
14	* Central moments	$CM = \text{moment}(x, 10)$
15	Mean	$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{1}{n} (x_1 + \dots + x_n)$
16	Average Curve Lenght	$CL = \frac{1}{n} \sum_{i=2}^n x_i - x_{i-1} $
17	Average Energy	$E = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2$
18	Root Mean Squared	$X_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ^2}$
19	Standard Error	$S_x = S/\sqrt{n}$
20	Standard Deviation	$S = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$
21	Shape Factor	$SF = X_{rus} / \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \sqrt{ x_i } \right)$
22	* Singular Value Decomposition	$SVD = \text{svd}(x)$
23	* %25 Trimmed Mean	$T25 = \text{trimmean}(x, 25)$
24	* %50 Trimmed Mean	$T50 = \text{trimmean}(x, 50)$
25	Average Teager Energy	$TE = \frac{1}{n} \sum_{i=3}^n (x_{i-1}^2 - x_i x_{i-2})$

Table 3. Selected properties table

Level	Percent	Feature Count	Feature Number	Fischer Score
1	5	1	14	0.0604
2	10	3	12	0.0359
			1	0.0197
3	15	4	23	0.0197
4	20	5	24	0.0195
5	25	6	10	0.0181
			13	0.0174
6	30	8	18	0.0162
7	35	9	25	0.0147
8	40	10	16	0.0119
9	45	11	19	0.0107
			15	0.0065
10	50	13	6	0.0062
			4	0.0057
			5	0.0052
			7	0.0047
			21	0.0039
			17	0.0031
11	100	25	9	0.0027
			11	0.0026
			22	0.0023
			8	0.0022
			3	0.0019
			2	0.0016
			20	0.0006

2.3. Performance Evaluation Criteria

There is a need for systems that work with reliable accuracy in detecting cancerous cells. The higher this ratio, the higher the diagnostic reliability will be. Different processes have been processed so far in line with the study's objectives. By optimizing the USG image matrix size with feature extraction, only 11 of 25 features were selected with the Fisher score algorithm. The performance value of each level was calculated with the classification processes applied to the remaining dataset. It will be possible to determine which algorithm shows maximum performance. Performance monitoring was performed by separating the data set as %80 training and %20 testings. The six performance evaluation criteria are accuracy rate, sensitivity, specificity, f-measurement, kappa and AUC value. A high level of performance is desired. This shows the success rate when the accuracy rate is %100 or around, and the other criteria are 1 or close to 1. Performance indicators for each classification model are given in Table 3. In line with these criteria, it is evaluated that breast cancer diagnosis can be made with a hybrid algorithm with an accuracy rate of %99.248 at level 7 in the table 4.

3. Results

The study aims to detect the disease by processing USG images of individuals suspected of breast cancer. While making the determination, DT, SVMs, k-NN and Hybrid model algorithms were used. The Fisher feature selection algorithm was used to facilitate image processing. Models were created using the Fischer score values specified with 11 levels and different feature numbers (Table 2).

k-NN, SVMs, DT and Hybrid models were used. The hybrid model effectively increases the performance of the first three models by combining these models. The selected features were created using 11 levels. Twenty-five features have been removed. The percentages of the extracted feature numbers are shown in the table 3.

The performance evaluation criteria of the hybrid model increased at every level and reached their highest values at level 7. For example, all healthy people were found with the specificity value of 1 at level 7. Other values are very close to 100 and 1. The accuracy rate value is 99.24; sensitivity, specificity, f-measurement, kappa and AUC values were 0.98, 1, 0.99, 0.98 and 0.99, respectively. The values close to 1 indicate that the hybrid model is successful.

4. Discussion and Conclusion

This study aims to screen for breast cancer by using USG images in artificial intelligence. In the images in the dataset, there are three separate labels: healthy, benign and malignant tumour. K-NN, SVMs, DT and Hybrid model algorithms were used. The data will be analysed more effortlessly and accurately by comparing the outputs obtained from machine learning algorithms.

The images obtained using the LOGIQ E9 US system and the LOGIQ E9 Agile tool are the results of the algorithms; Accuracy, sensitivity, specificity, F-measurement, Kappa and area under the ROC curve AUC performance evaluation criteria were used and evaluated according to these criteria [9].

Different feature extraction algorithms such as time domain, texture and frequency have been used in the literature. This study developed a statistical-based feature extraction process, unlike the literature. This way, an independent feature extraction process from the data set was preferred.

Some studies in the literature prefer the PCA algorithm for feature reduction. In this study, the feature selection process is preferred over applying a transformation to features. This is because, in models created after PCA, all features need to be extracted again in each diagnostic process. With the feature selection process, only the relevant features are extracted. In this way, the performance of the process will be improved.

The number of studies conducted with deep learning algorithms in the literature is increasing daily. In these structures, feature extraction and selection processes are carried out by deep learning. However, the training period takes quite a long time. It helps re-evaluate the algorithm selection at points where the training process is essential. This study developed a hybrid model with single classifiers to shorten the training time and increase the performance to deep learning levels [10], [11]. This way, the performance rate (%99-100) reached the deep learning performance values in the literature, while the training process was considerably shortened.

When classical machine learning algorithms are used in the literature, segmentation structures are frequently used. In this study, unlike in the literature, segmentation was not performed.

Table 4. Performance Evaluation Table

Level	Model	Performance Evaluation Criteria					
		AR	Sen	Spe	F-Ms	Kappa	AUC
1	DT	57.895	0.731	0.424	0.537	0.156	0.578
	kNN	62.406	0.672	0.576	0.620	0.248	0.624
	SVMs	57.895	0.731	0.424	0.537	0.156	0.578
	Hybrid	75.940	0.925	0.591	0.721	0.518	0.758
2	DT	55.639	0.478	0.636	0.546	0.114	0.557
	kNN	54.135	0.433	0.652	0.520	0.084	0.542
	SVMs	60.150	0.522	0.682	0.592	0.204	0.602
	Hybrid	81.203	0.881	0.742	0.806	0.624	0.812
3	DT	60.902	0.582	0.636	0.608	0.218	0.609
	kNN	61.654	0.597	0.636	0.616	0.233	0.617
	SVMs	61.654	0.537	0.697	0.607	0.234	0.617
	Hybrid	90.977	0.925	0.894	0.909	0.819	0.910
4	DT	57.895	0.806	0.348	0.487	0.155	0.577
	kNN	65.414	0.627	0.682	0.653	0.309	0.654
	SVMs	65.414	0.612	0.697	0.652	0.309	0.654
	Hybrid	78.195	0.836	0.727	0.778	0.564	0.782
5	DT	61.654	0.597	0.636	0.616	0.233	0.617
	kNN	65.414	0.642	0.667	0.654	0.308	0.654
	SVMs	63.158	0.552	0.712	0.622	0.264	0.632
	Hybrid	95.489	0.955	0.955	0.955	0.910	0.955
6	DT	58.647	0.522	0.652	0.579	0.173	0.586
	kNN	63.910	0.597	0.682	0.637	0.279	0.639
	SVMs	59.398	0.582	0.606	0.594	0.188	0.594
	Hybrid	90.977	0.955	0.864	0.907	0.819	0.909
7	DT	54.135	0.313	0.773	0.446	0.086	0.543
	kNN	64.662	0.612	0.682	0.645	0.294	0.647
	SVMs	66.165	0.657	0.667	0.662	0.323	0.662
	Hybrid	99.248	0.985	1.000	0.992	0.985	0.993
8	DT	54.135	0.403	0.682	0.507	0.085	0.542
	kNN	65.414	0.642	0.667	0.654	0.308	0.654
	SVMs	58.647	0.657	0.515	0.577	0.172	0.586
	Hybrid	93.985	0.896	0.985	0.938	0.880	0.940
9	DT	57.143	0.448	0.697	0.545	0.144	0.572
	kNN	64.662	0.612	0.682	0.645	0.294	0.647
	SVMs	57.143	0.403	0.742	0.522	0.145	0.573
	Hybrid	93.233	0.881	0.985	0.930	0.865	0.933
10	DT	54.887	0.299	0.803	0.435	0.101	0.551
	kNN	65.414	0.627	0.682	0.653	0.309	0.654
	SVMs	55.639	0.448	0.667	0.536	0.114	0.557
	Hybrid	91.729	0.836	1.000	0.911	0.835	0.918
11	DT	62.406	0.552	0.697	0.616	0.249	0.625
	SVMs	60.902	0.627	0.591	0.608	0.218	0.609

Hybrid 99.248 0.985 1.000 0.992 0.985 0.993

A: Accuracy, Se: Sensitivity, Sp: Specificity
F-Ms: F-Measurement

In this way, the segmentation workload is reduced. Even if there is no segmentation in terms of performance, high performance in the deep learning process has been achieved (Table 4 - %99-100) [9], [10].

The study aims to increase the performance of these data by using the data obtained from cancerous and healthy people. According to the results we obtained, the ones with the best performance were selected from the images of breast cancer patients in the USG screening process. AUC performance evaluation criteria were used. k-NN, SVMs, DT and Hybrid algorithms were used. Some of the innovations obtained according to the literature review are as follows. (1) Performance has been increased using model performance evaluation criteria. (2) The best performance values were established using the hybrid model.

References

- [1] G. Z. Gülsüm, Ç. H. Oğuz, S. A. İbrahim, and K. Aziz, "Geriatrik Hastalarda Meme Kanseri | Makale | Türkiye Klinikleri," *Türkiye Klinikleri Tıbbi Onkoloji - Özel Konular*, pp. 75–81, 2018.
- [2] R. Sohbet and F. Karasu, "Kadınların Meme Kanserine Yönelik Bilgi, Davranış ve Uygulamalarının İncelenmesi Investigation Of The Knowledge, Behavior And Applications Of Their Women Towards Breast Cancer," *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi Araştırma Makalesi GUSBD*, vol. 6, no. 4, pp. 113–121, 2017.
- [3] Ü. Bayol *et al.*, "Meme Sağlığı Dergisi 2007 Cilt: 3 Sayı: 2 MEME KANSERİ TARAMA YÖNTEMLERİ*," *Meme Sağlığı Dergisi / The Journal Of Breast Health*, vol. 3, no. 2, pp. 109–111, 2007.
- [4] Ç. S. Süreyya *et al.*, "Meme kanserinin tespitinde Tc-99m MIBI meme sintigrafisi, mamografi ve ultrasonografi yöntemlerinin etkinliklerin karşılaştırılması," *S.D.Ü. Tıp Fak. Derg.*, vol. 14, no. 3, pp. 1–6, 2007.
- [5] E. Öztad and B. M. A. B. Dalı, "Meme Kanseri Tespitinde Sınıflandırma ve Sinir Ağları Yöntemlerinin Karşılaştırılması," *İleri Mühendislik Çalışmaları ve Teknolojileri Dergisi*, vol. 1, no. 1, pp. 49–54, Aug. 2020.
- [6] S. Aydınтуğ, "Meme Kanserinde Erken Tanı," *Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi (STED)*, vol. 13, no. 6, pp. 226–228, 2004.
- [7] Y. E. Aksoy, E. Ç. Turfan, E. Sert, and G. Mermer, "Özgün Araştırma / Original Article Meme Kanseri Erken Tanı Yöntemlerine İlişkin Engeller Barriers on Breast Cancer Early Detection Methods," *Breast Health*, vol. 11, pp. 26–30, 2015, doi: 10.5152/tjbh.2014.2296.
- [8] E. A. Aydın, "Meme Kanseri Tespitinde Mikrodalgaların Önemi ve Kansersiz/Sağlıklı Meme Dokularının Yapay Zeka Algoritmaları ile Tanımlanabilmesi," *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, vol. 29, no. 2, pp. 27–38, Aug. 2014.

- [9] W. Al-Dhabyani, M. Gomaa, H. Khaled, and A. Fahmy, "Dataset of breast ultrasound images," *Data Brief*, vol. 28, p. 104863, Feb. 2020, doi: 10.1016/J.DIB.2019.104863.
- [10] A. Rodriguez-Ruiz *et al.*, "Stand-Alone Artificial Intelligence for Breast Cancer Detection in Mammography: Comparison With 101 Radiologists," *JNCI: Journal of the National Cancer Institute*, vol. 111, no. 9, pp. 916–922, Sep. 2019, doi: 10.1093/JNCI/DJY222.
- [11] A. B. Nassif, M. A. Talib, Q. Nasir, Y. Afadar, and O. Elgendy, "Breast cancer detection using artificial intelligence techniques: A systematic literature review," *Artif Intell Med*, vol. 127, p. 102276, May 2022, doi: 10.1016/J.ARTMED.2022.102276.



NFT based model to manage educational assets in Metaverse

Muhammed Hocaoglu^{1*}, Adib Habbal²

^{1*} Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Karabuk, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8845-1644),
muhammed.hocaoglu@protonmail.com

² Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Karabuk, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3939-2609), adibhabbal@karabuk.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1189373)

REFERENCE: Hocaoglu, M. & Habbal, A. (2022). NFT based model to manage educational assets in Metaverse. *European Journal of Science and Technology*, (42), 20-25.

Abstract

Abstract— Blockchain has become a trend in the last few years due to its financial impact correlated to Cryptocurrency. Blockchain is a distributed, immutable, and decentralized database to store transactions which are done by users without the need for a trusted Third-party. Similar to cryptocurrency, tokens are objects that Represent digital or physical assets over a Blockchain network. Token market value has been dramatically increasing in the last few years due to The breakthrough that was made in preserving intellectual property And the usage in many other fields like tourism, education, and Art. Non- Fungible tokens (NFT) Are unique and exchangeable tokens because they are different in type and value due to their scarcity. Using NFT to manage the educational assets will be an effective way to protect the intellectual property and the educational assets from fraud. In this paper, we propose a NFT-based framework to manage the educational assets on the Metaverse that authenticate the ownership of the assets using Blockchain technology. We also explain the minting process we used to convert the assets into NFT in the framework.

Keywords: Blockchain, Smart contract, NFT, Metaverse

* Corresponding Author: muhammed.hocaoglu@protonmail.com

1. Introduction

Blockchain is a distributed, and immutable ledger to store transactions done by users without the need for a trusted third party [1]. Blockchain was firstly used for financial purposes, as in Bitcoin and Ethereum. A smart contract is a self-executing contract written as a code where some predefined terms and conditions must be valid for executing it. Smart contracts enable the transferring of assets between buyers and sellers without a trusted third party. Blockchain uses smart contracts to enable transferring assets and then recording the transactions of assets to the ledger [2].

1.1. NFT technology:

NFTs are the non-fungible part of Ethereum Blockchain network which has its unique value. NFTs are unique digital assets contains unique identification address and metadata stored over Blockchain network [3]. NFTs are programmed due to a predefined standards like ERC-721 and ERC-1155. NFTs can represent both physical or digital assets. The process of representing physical assets in NFT called Tokenization. Tokenized assets can be divided into two categories: Fungible which are identical and can be replaced with each other's and non-fungible which are different in type and value so it can't be replaced with other non-fungible tokens [4]. Most of NFT's characteristics are derived from Blockchain technology which is the base of NFT.

1.2. Components of NFT:

Each token has token symbol, Token ID, Unique token contract address, creator address, transaction history and the metadata which is the actual content of the token [5]. While metadata may have huge volume which leads to high expenses to store it over Blockchain it is stored off chain being and then a link of it is hashed and then stored over Blockchain. Storing metadata of NFT off chain then hashing it's link and attach it to the NFT is an effective way to reduce the cost of minting NFT for the educational assets.

1.3. NFT's Protocols and standards:

1.3.1. ERC-20:

ERC-20 is a standard proposed by Fabian Vogelsteller in November 2015 for FTs. The standard assumes Tokens to be exactly the same in type and value. ERC-20 can be used to represent a vote in elections, a stake in market, a copy of a book and many other applications [6]. The standard provides a basic functionality to transfer tokens, and allow tokens to be approved which enables third party to spend the tokens. Using ERC-20 on smart contracts enable many functions like: `transferFrom` which takes sender and receiver addresses and the amount as an input to send an amount of crypto from sender to receiver. `approve` which takes an address and the amount requested as an input. The function `approve` if an amount of token in the account can be spent by another account. `balanceOf` which takes an address as an input and returns the balance of an account with that address as an output.

1.3.2. Fabtoken:

Fabtoken is a token management system that enables developers to issue, transfer, and redeem tokens using Hyperledger Fabric [7]. The issuer defines the type and quantity of the asset that will be represented as tokens and then assign the

tokens to its original owner. Transferring tokens can be done only by current owners to new owners over the network by using Unspent Transaction Output (UTXO) model to validate the transactions. Tokens are stored in the network and can be owned by any member within the network. Fabtoken authenticates the ownership of tokens by using membership services of Fabric. The transactions of tokens considered valid only if it is done by the owner and valid membership service provider of Fabric.

1.3.3. ERC-721:

ERC-721 was proposed by William Entriken, Dieter Shirley, Jacob Evans, Nastassia Sachs in January 2018. The ERC-721 is a NFT standard which assume every token to be unique in term of type and value from the other tokens in the same smart contract due to its rarity, quantity, and age [8]. ERC-721 was firstly used in the Cryptokitties project which is a game enables players to buy, sell and breed crypto cats as NFTs. For any ERC-721 contract contract address and `uint256 tokenId` must be unique. ERC-721 standard provides basic functions to transfer tokens from one account to another, get the current token balance of an account and identify the owner of a token. `balanceOf` which takes an address as an input and returns all NFTs owned by that address as an output. `safeTransferFrom` which takes addresses of sender and receiver and `tokenId` as an input to enables the Transferring of the ownership of an NFT from one address to another. `approve` which takes an address and `tokenId` as input and return a bool value to enable or disable approval for a third party.

1.3.4. ERC-1155:

ERC-1155 was proposed by Witek Radomski, Andrew Cooke, Philippe Castonguay, James Therien, Eric Binet and Ronan Sandford in July 2018. The standard aims to enable smart contract to represent and control both FTs and NFTs at the same time [9]. While ERC-20 and ERC-721 require a separate contract to be deployed for each token type ERC-1155 enable smart contract to check the balance of many owners, transfer multiple token types at once and approve a third part to control the manage all tokens at a single contract which reduce the transaction cost. ERC-1155 has the ability of transferring many assets at the same call by using `safeBatchTransferFrom` which takes the sender, receiver addresses, values and IDs of tokens that we want to transfer as an array as an input and transfer them from the sender address to the receiver address. `balanceOfBatch` which takes The address of the token holder and the IDs of tokens as an input and returns the owner's balance of the token types requested This function also enables to take the balances of many addresses by one call by fill addresses to owner array. `setApprovalForAll` takes an address and bool value to enable or disable approval for a second party/operator address to manage all tokens.

Fig. 1. Comparison Between NFT protocols

	ERC-20	Fabtoken	ERC-721	ERC-1155
Supports FT	✓	✓	✗	✓
Supports NFT	✗	✗	✓	✓
Support Multi token types in single SC	✗	✗	✗	✓

1.4. Advantages of NFT Technology:

NFT depends on Blockchain technology which uses a distributed network to store data. Data and transactions among Blockchain are tamper-resistant which means when an transaction

is added to the chain it cannot be deleted or modified. There are many advantages of using NFT we some of them are provided as follow: Proof ownership: NFT assigns the ownership of an asset to a specific owner [10]. When a NFT is registered over Blockchain it cannot be modified or deleted and this enable owners to guarantee their ownerships of assets. Easy ownership transform: Owners of an asset can transfer the ownership of their NFTs easily over Blockchain network [11]. Authenticity: When a NFT is minted it is recorded over Blockchain network with a unique contract address and that enables owners to ensure their NFT's while it is recorded over Blockchain.

1.5. Why NFT for educational assets?

NFT started to be used in art works, Fashion and luxury, gaming, Social tokens and many other fields in industry due to it's ability to preserve rights on an artworks and protect the intellectual property. Here are some advantages of using NFT for educational assets: Data ownership: While the minted NFT is stored over Blockchain network its ownership is guaranteed also the educational institute who mint the NFT is the owner of it and the only one who can have control over it. Data uniqueness: While the minted tokens have unique address it cannot be modified or replicated and this afford the uniqueness of the educational assets. NFTs are uniquely identified and have different values due to their scarcity, age, and type. Deploying NFTs on smart contracts enables the creator to prove the existence and the ownership of the assets which can be physical like houses, antiques, and arts, or digital like tickets, game characters, and pictures. This feature makes NFT a good solution for protecting intellectual property. Ethereum introduced the ERC- 721 standard by William Entriken, Dieter Shirley, Jacob Evans, Nastassia Sachs in February 2018 followed by the ERC- 1155 standard which is known as the multitoken standard by Witek Radomski, Andrew Cooke, Philippe Castonguay, James Therien, Eric Binet, Ronan Sandford in July 2018 to support NFTs. Metaverse became a trend in industry and academia especially when Facebook changed its name into "Metaverse" in 2021. The usage of Metaverse increases the efficiency of education, entertainment, and social networking and the other systems that can be online accessed. Usage of Metaverse has increased dramatically in recent years due to the features provided to users. Usage of Metaverse has increased dramatically in recent years due to the features provided to users. Metaverse integrates the real world with the virtual world then allowing people who are represented as an avatars to do activities like trading, educating, and social networking. Avatars are the virtual copy of the users which has the same rights and authority of the real world users. Metaverse can be used by the educational institutes to create classes and provide courses in it. The need to preserve the intellectual property of materials that will be used in Metaverse classes and to protect the certificates issued by that educational institutes from fraud modification.

2. Related Works

2.1. NFTCert

NFTCert is a framework to issue NFT based certificate instead of paper format [12]. Due to this framework companies and international universities can authenticate the educational certificates of students depending on NFT. The framework uses

private Blockchain architecture which forces the educational institutes and universities to get a permission of joining the network before accessing the certification services.

2.2. Blockchain for education

Blockchain for Education is an educational certificate issuing perspective based on Blockchain [13]. It guarantees the protection and verification of certificates without the return to the issued authority. The system allows to identify the identity of authorities who can issue certificates, Allow the authorities to issue the certificate, and allow third parties to verificate the issued certificates.

2.3. Decentralized Storage of Educational Assets Using NFTs And Blockchain Technology

In this paper they propose a decentralized educational model to authenticate the educational certificates of students [14]. The model validates the certificates of students through Blockchain and IPFS (interplanetary File System). The integration between Blockchain and IPFS allow to store reduce the fees of minting the educational certificates over Blockchain.

2.4. Blockcerts

Blockcerts is an open standard that allow to verify and issue official records like course licences, and academic credentials [15]. The system allows the educational institutes to issue educational certificates based on the credentials given by the students. The credentials are hashed on the Blockchain and then sent to the recipient who can give it to the verifier who will check the Blockchain to verify the certificate.

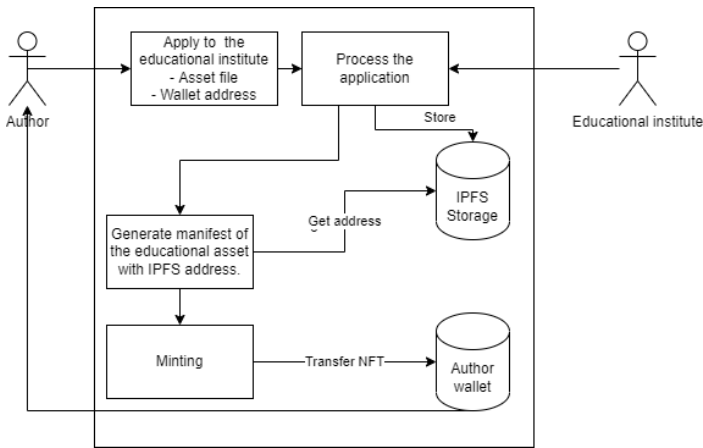
3. The Proposed Method

In this paper, we propose a NFT based model to manage the educational assets in Metaverse. The model protects the educational assets from fraud operation and preserve the intellectual property of the educational assets. When an asset is recorded over Blockchain as NFT it own the following features: All the assets are recorded over the distributed ledger of Blockchain which makes it resistant to fraud or modification operations. When the asset added and the NFT minted it cannot be edited or removed even by the owner. The model uses IPFS (InterPlanetary File System) to avoid the big costs of storing big files over Blockchain. IPFS can handle all kinds of data Documents, Images, and videos that makes it appropriate for preserving the intellectual property of multimedia. Using IPFS for storing the files will enable us to store big sized file and only the link of that stored documents will be added to the NFT. The model will be run as shown in the figure Below.

Table 1. comparasion of existing Blockchain based educational management systems

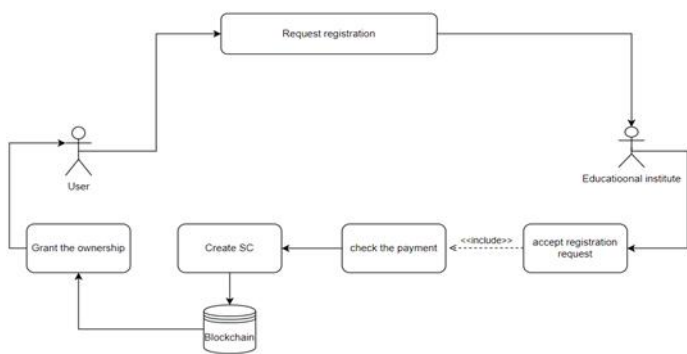
THE PROPOSED METHOD	YEAR	OBJECTIVE	Support educational certificates	Privacy of personal information	Supports other educational assets	Applicable with Metaverse	Supports Multimedia	
<i>Blockcerts</i>	2016	<i>Allow educational institutes to issue certificates based on student's credentials.</i>	✓	✓	X	X	X	<i>Allow educational institutes to issue certificates based on student's credentials.</i>
<i>Blockchain for education</i>	2018	<i>Guarantee the protection and verification of certificates without third party.</i>	✓	✓	X	X	X	<i>Allow third parties to verify the issued certificates.</i>
<i>NFTCERT</i>	2021	<i>Issuing NFT based certificates instead of paper format.</i>	✓	✓	X	X	X	<i>Enables overseas universities and international companies related to it's private Blockchain to authenticate the educational certificates of students.</i>
<i>Decentralized storage of educational assets using NFTS and blockchain technology</i>	2022	<i>Authenticate student's certificate using blockchain.</i>	✓	✓	X	X	X	<i>Using IPFS to store high amount of data instead of storing it over Blockchain.</i>
<i>Our proposed system</i>	2022	<i>Protects the educational assets from fraud operations and preserve the intellectual property.</i>	✓	✓	✓	✓	✓	<i>Protect the educational assets including Multimedia in Metaverse using NFT.</i>

Fig.3. Flowchart of minting a NFT record in the proposed model



Firstly owner of the asset apply for the educational institute and provide the asset with his/her full information. The educational institute starts minting process by storing the educational asset on IPFS or the web. Then creates a JSON file that refers to the stored document. JSON file contains the information of asset owner. JSON schema considered as a digital educational asset that prove the property of that asset. After creation of JSON file it is attached to the NFT by the educational institute and treated as a token over the network. Finally the educational asset is transferred to it's owner wallet. We also introduced Use case diagram for Registering an asset is running as follow: User request to register the asset from the educational institution. User then pay the fees of registration plus fees of SC(Smart contract deployment). When the fees paid the educational institute deploy a smart contract to mint the NFT belong to the asset and record it to the Blockchain.

Fig.4 . Usecase diagram for registering an educational asset



4. Conclusions and Recommendations

In this paper we concluded the systems and model proposed to manage the educational certificates and assets using Blockchain. Then we introduced our proposed model to aim to protect the intellectual property and stop fraud operations of the educational assets by representing the educational assets as NFT and manage it over Blockchain in Metaverse.

References

[1] Music Royalty Payment Scheme Using Blockchain Technology. (2021, October 21). IEEE Conference

Publication | IEEE Xplore. Retrieved October 13,2022,from <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9604559>

[2] Aiman, S. (2018, July 3). Smart Electricity Billing System Using Blockchain Technology | Journal of Telecommunication, Electronic and Computer Engineering (JTEC). Retrieved October 13, 2022, from <https://jtec.utem.edu.my/jtec/article/view/4323>

[3] Wang, Q. (2021, May 16). Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and. . . arXiv.org. Retrieved October 13, 2022, from <https://arxiv.org/abs/2105.07447>

[4] Chohan, U. W. (2021, March 24). Non-Fungible Tokens: Blockchains, Scarcity, and Value. Retrieved October 13, 2022, from https://papers.ssrn.com/Sol3/Papers.Cfm?Abstract_id=3822743

[5] Ante, L. (n.d.). The Non-Fungible Token (NFT) Market and Its Relationship with Bitcoin and Ethereum. MDPI. Retrieved October 13, 2022,from <https://www.mdpi.com/26741032/1/3/17/htm>

[6] Fabian Vogelsteller, V. B. (2015, November 19). EIP-20: Token standard. Ethereum Improvement Proposals. Retrieved October 12, 2022, from <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-20>

[7] Hong, S., Noh, Y., Hwang, J., & Park, C. (2021, February 23). Fabasset: Unique Digital Asset Management System for hyperledger fabric. IEEE Xplore. Retrieved October 14, 2022, from https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9355749?casa_token=KUQBfJjA3AAAAAA%3AiqykhEZmuJ3YtjdAAkTHpLgCbHUzqEl_E4f7jYmLOAKspHfMjBNysIUB0JoK1aBBR2HICBji

[8] William Entriken (@fulldecent), D. S. (2018, January 24). EIP-721: Non-Fungible token standard. Ethereum Improvement Proposals. Retrieved October 12, 2022, from <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-721>

[9] Witek Radomski, A. C. (2018, June 17). EIP-1155: Multi token standard. Ethereum Improvement Proposals. Retrieved October 14, 2022, from <https://eips.ethereum.org/EIPS/eip-1155>

[10] Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., Puthal, D., & Ellahham, S. (n.d.). NFTs in Healthcare: Vision, opportunities, and challenges. IEEE Xplore. Retrieved October 14, 2022, from https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9850370?casa_token=ru2TfPvqnfAAAAAA%3ARCBGEKAXnK47_NSwHe4Kr2oQTUY7FEbePbtRiD5uk_4f9kbQPRpNOaL_N_foHPvLUM_N9f_e

[11] Bamakan, S. M. H., Nezhadsistani, N., Bodaghi, O., & Qu, Q. (n.d.). A Decentralized Framework for Patents and Intellectual Property as NFT in Blockchain Networks. Retrieved October 13, 2022, from https://assets.researchsquare.com/files/rs-951089/v1_covered.pdf?c=1633465371

[12] NFTCert: NFT-Based Certificates With Online Payment Gateway. (2021, December 1). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. Retrieved October 13, 2022, from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9680582>

[13] Gräther, W., Kolvenbach, S., Ruland, R., Schütte, J., Torres, C., & Wendland, F. (2018, January 1). Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport. Retrieved October 13, 2022, from <https://dl.eusset.eu/handle/20.500.12015/3163>

- [14] Decentralized Storage Of Educational Assets Using NFTs And Blockchain Technology. (2022, January 20). IEEE Conference Publication | IEEE Xplore. Retrieved October 13, 2022, from <https://ieeexplore.ieee.org/document/9716362>
- [15] Blockcerts. (n.d.). Blockcerts the open standard for Blockchain credentials. Blockcerts. Retrieved October 13, 2022, from <https://www.blockcerts.org/>



Konutsal Yüklerin Parametre ve Güç Tüketimi Tahmini

Ramazan Bayram^{1*}, Selçuk Emiroğlu²

^{1*} Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6876-4790), ramazan.bayram5@ogr.sakarya.edu.tr

² Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7319-8861), selcukemiroglu@sakarya.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1189150)

ATIF/REFERENCE: Bayram, R. & Emiroğlu, S. (2022). Konutsal Yüklerin Parametre ve Güç Tüketimi Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 26-39.

Öz

Teknolojinin gelişmesiyle birlikte elektriksel cihazların davranışları da değişmiştir. Bu durum, yük modelinin geliştirilmesini ve cihazların doğru bir şekilde tanımlanmasının gerekli olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bu çalışma akkor lamba, Işık Yayan Diyot (LED) lamba, Sıvı Kristal Monitör (LCD) ve elektrik süpürgesi gibi konutsal yüklerin yük modelinin geliştirilmesini, polinomsal yük modeli ve üstel yük modeli katsayılarını deneysel olarak belirlenmesini sunmaktadır. Ölçüm parametreleri, kullanımı kolay ve ekonomik olduğu için PZEM-004T modülü kullanılarak Arduino Uno ile Excel'e aktarılıp Matlab'de bu yük modellerinin katsayıları ve gerilim azaltma oranı hesaplanmıştır. Konutsal yüklerin polinomsal ve üstel yük modeli parametreleri en küçük kareler ve iç nokta yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca ZIP yük modeli parametreleri kullanılarak üstel yük modeli parametrelerinin elde edilmesi gösterilmiştir. Akkor lamba ve elektrikli süpürge için bulunan katsayılar ile elde edilen ZIP ve üstel yük modeli gerçek yük modeline çok yakın olduğu ölçümler sayesinde görülmüştür. LED lamba için elde edilen ZIP ve üstel yük modeli ise nominal gerilim etrafında gerçek güç değerlerine yakın sonuç vermektedir. Konutsal yüklerin ZIP yük modeli katsayılarına dayalı tahmini güç tüketimi elde edilerek ölçülen gerçek güç tüketimi ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Statik Yük Modeli, Polinomsal Yük Modeli, Üstel Yük Modeli, CVR Faktörü, Tahmini Güç Tüketim.

Parameter and Power Consumption Estimation of Residential Loads

Abstract

With the development of technology, the behavior of electrical devices has also changed. This makes it clear that the development of the load model and the correct identification of the devices are necessary. This study presents the development of the load model of residential loads such as incandescent lamp, Light Emitting Diode (LED) lamp, Liquid Crystal Monitor (LCD) and vacuum cleaner, and experimentally determining the coefficients of the polynomial load model and the exponential load model. Since the measurement parameters are easy to use and economical, PZEM-004T module was transferred to Excel with Arduino Uno and the coefficients and voltage reduction ratio of these load models were calculated in Matlab. It has been determined that both load models are suitable for the incandescent lamp and the vacuum cleaner. Estimated power consumption based on polynomial load model coefficients and actual power consumption results are obtained. According to these results, the estimated power in the incandescent lamp and vacuum cleaner is below the actual power; In the LED lamp and LCD monitor, the estimated power was found to be above the actual power.

Keywords: Static Load Model, Polynomial Load Model, Exponential Load Model, CVR Factor, Estimated Power Consumption.

* Corresponding Author: ramazan.bayram5@ogr.sakarya.edu.tr

1. Giriş

Güç sistemleri, elektrik enerjisinin üretimi, iletimi, dağıtımını ve tüketimi için çok sayıda cihazdan oluşan birbiri ile bağlantılı büyük sistemlerdir. Yük, sisteme bağlı bir veya daha fazla cihazların sistemde tükettiği toplam güç olarak adlandırılabilir. Yük özellikleri sistem performanslarını etkilediğinden, güç sistemi çalışmaları için önemli bir konu olmuştur. Yeni teknolojik cihazlar ile birlikte cihazların özelliklerinin elektrik güç sistemlerinin çalışması ve performansı üzerindeki etkisi yaygın olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle yüklerin davranışını incelemek için bunlara uygun yük modelleri geliştirilmesi ve uygun olanının seçilmesi sistem analizi için çok önemlidir.

Yük özelliklerinin elektrik güç sistemi üzerinde önemli bir etkisi olduğu ve yük özelliğinin doğru bir şekilde temsil edilmesinin kritik olduğu uzun zamandır bilinmektedir. Araştırmacılar, gerçek yük özelliklerinin davranışını tanımlamak için yükler tarafından çekilen gerçek ve reaktif gücün gerilim ve frekansla nasıl değiştiğini açıklamak konusunda yoğun çaba sarf etmiştir.

Quilumba ve arkadaşları (2011) (Quilumba et al., 2013), oyun konsolları ve TV'lerin yük davranışını ve güç sistemindeki etkisini analiz etmek için ZIP yük modeli kullanarak çeşitli yük modelleme çalışmaları gerçekleştirmişlerdir. LED TV, LCD TV, XBOX 360 ve PS3 gibi cihazlar üzerinde çeşitli testler yapılmış ve laboratuvar testlerinden elde edilen bu değerler için ZIP yük modeli geliştirilmiştir.

Zhao ve arkadaşları (2010) (Zhao et al., 2010), akkor lamba, floresan ve sodyum lamba, LCD, masaüstü bilgisayar, notebook, mikrodalga fırın gibi cihazların yük bileşenleri dinamik simülasyon deneylerine dayalı olarak modellenmiştir. Buna göre tipik ısıtma yüklerinin sabit empedans modelleri olarak gösterilebileceği ve tüm cihazlar için aktif güç ile reaktif gücünün farklı olduğu görülmüştür.

Schneider ve Fuller (2010) (Schneider & Fuller, 2010), enerji tüketimi üzerinde önemli etkiye sahip olan talep tepkisi ve enerji verimliliği gibi detayları dikkate alarak son kullanım yük modellerini dağıtım sistemi analizine dahil etmek için ZIP yük modeli ile iyileştirmeyi amaçlamışlardır.

Duan ve arkadaşları (2007) (Duan et al., 2007), tarafından yapılan çalışmada doğrusal olmayan elektronik yüklerin, gerilimdeki değişikliklere bağlı tepkileri incelenmiştir. Ölçümlere dayanarak ZIP modeli geliştirilmiş, nominal gerilimdeki aktif ve reaktif güçlere dayalı olarak bireysel yük ekipmanlarını analiz etmek için bilgisayar programı geliştirmişlerdir.

Yük modeli geliştirmeye yönelik iki temel yaklaşım vardır. "Ölçüme dayalı modeller" ve "Bileşen tabanlı modeller". Her iki model de yük geriliminin ve sistem frekansının değişmediği durumlarda polinomsal veya üstel yük modeli üretir (Patton & Ilic, 1993).

Bu çalışmada, konutsal yüklerin polinomsal (ZIP) yük modeli ve üstel (eksponansiyel) yük modelinin en küçük kareler ve iç nokta yöntemi ile elde edilmiştir. Elde edilen yük modelleri gerçek güç değerleri ile karşılaştırılarak uygun olan yük modeli tespit edilmiştir. Konutsal yüklerden bazılarının ölçümler ile gerilim azaltımı yöntemi (CVR) faktörü hesaplanmıştır. ZIP yük modeli katsayıları ile yaklaşık hesaplanan gerilim azaltım faktörü kullanılarak tahmini güç tüketimi hesaplanmıştır. Tahmini güç

tüketimi konutsal yüklerden bazıları için değişken gerilim profili altında hesaplanarak gerçek değerler ile karşılaştırılmıştır.

Bu makalenin geri kalanı aşağıdaki gibi organize edilmiştir:

Bölüm 2'de polinomsal yük modeli ve üstel yük modeli, gerilim azaltma yöntemi (CVR), en küçük kareler yöntemi (EKK), Bölüm 3'te donanım, Bölüm 4'te parametrelerin hesaplanması, test prosedürü ve verilerin aktarılmasından bahsedilmiştir. Bölüm 5'te, ölçümü yapılan cihazların gerilim-güç eğrileri, CVR faktörü, tahmini güç tüketiminden ve elde edilen sonuçlardan bahsedilmiştir. Bölüm 6'da, elde edilen sonuçlar rapor edilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Statik Yük Modeli

Yük modelleme, güç ile gerilim arasındaki matematiksel ilişkiyi ifade etmektedir (Yiğit et al., 2021). Statik yük modeli, herhangi bir andaki aktif veya reaktif gücün, gerilim büyüklüğü ve frekansın fonksiyonları olarak ifade edilmektedir. En yaygın statik yük modelleri sabit empedans, sabit akım ve sabit güç ifadelerinden oluşan polinomsal yük modeli ve üstel (eksponansiyel) yük modelidir.

Sabit empedans yük modeli: Gücün gerilim büyüklüğünün karesiyle doğru orantılı olarak değiştiği yük modelidir. Aydınlatma, ark ocakları, ısıtma bu yük modeline verilebilecek örneklerdir ve ağırlıklı olarak omik karakteristiğe sahiptirler (McKeever et al., 1982).

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \quad (1)$$

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right)^2 \quad (2)$$

Sabit akım yük modeli: Gücün gerilimin büyüklüğüyle doğru orantılı olarak değiştiği yük modelidir. Elektrokimya ve metalurji alanında, metal parlatma, kaplama ve elektroliz çalışmalarında uygulanan tekniğin esası sabit akım çekmeye dayalıdır (*Metalografi - A. Emel Geçkinli - Google Kitaplar*, n.d.).

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right) \quad (3)$$

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0}\right) \quad (4)$$

Sabit güç yükü modeli: Besleme gerilimi büyüklüğündeki değişimden bağımsız olarak yük, sabit aktif ve reaktif güç çeker. Bu model, sabit PQ yük modeli (veya sabit MVA yük modeli) olarak adlandırılabilir.

2.2. Polinomsal Yük Modeli

Polinomsal (ZIP) yük modeli genellikle hem kararlı durum hem de dinamik çalışmalarda kullanılır (Arif et al., 2018). Enerji endüstrileri arasında genel olarak tanınan statik yük modellerinden biridir (Quilumba et al., 2013). Bu model, güç sistemi kararlılık çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Zhao et al., 2010).

Bu model, sabit empedans (Z), sabit akım (I) ve sabit güç (P) bileşenlerinden oluşan bir polinom denkleminde gerilim ile güç arasındaki ilişkiyi ifade eder. ZIP yük modeli, sistem davranışını analiz çalışmaları için uygun modellerden birisidir. Sabit empedans, sabit akım ve sabit güç kategorilerinin toplamını temsil

eder. Üç kategori arasındaki fark, güç-gerilim ilişkisi ile ilgilidir: Sabit empedans için gerilim ile güç bağımlılığı ikinci dereceden, sabit akım için doğrusal ve sabit güç için ise gerilimden bağımsızdır (Hatipoglu et al., 2012). Matematiksel olarak ZIP yük modeli aktif ve reaktif güç için denklem (5) ve (6)'da gösterilmiştir.

$$P = P_0 \left[Z_p \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + I_p \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right) + P_p \right] \quad (5)$$

$$Q = Q_0 \left[Z_q \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + I_q \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right) + P_q \right] \quad (6)$$

Burada P toplam aktif güç, Q toplam reaktif güç, Z, I, P ise sırasıyla empedans, akım ve gücü temsil etmektedir. P_0 ve Q_0 , V_0 nominal gerilimindeki aktif ve reaktif güçtür (Quilumba et al., 2011).

2.3. Üstel Yük Modeli

Üstel yük modelinde güç ile gerilim arasındaki ilişki aktif ve reaktif güç için denklem (7) ve (8)'de ifade edilmiştir. Burada gerilim ile aktif ve reaktif güç arasındaki ilişkiyi ifade etmek için n_p ve n_q katsayıları yer almaktadır. Bu denklemde yer alan katsayılar ZIP yük modelinde yer alan katsayılardan daha azdır (Arif et al., 2018).

$$P = P_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right)^{n_p} \quad (7)$$

$$Q = Q_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right)^{n_q} \quad (8)$$

ZIP yük modelinin üstel yük modeline dönüşümü denklem (9)'da yer almaktadır ve bu denklem reaktif yük modeli için de geçerlidir (Collin et al., 2014; Milanović et al., 2013).

$$n_p \approx \frac{(2 \cdot Z_p) + (1 \cdot I_p) + (0 \cdot P_p)}{Z_p + I_p + P_p} \quad (9)$$

2.4. Gerilim Azaltma Yöntemi (CVR)

Gerilim azaltımı (CVR) yöntemi, şebeke gerilimi seviyesini azaltarak güç tüketiminin azaltılmasını amaçlayan bir tekniktir. Son tüketicide bulunan ekipman ve cihazların kapanmaması veya arıza olmayacak şekilde nominal gerilimden daha düşük gerilim seviyeleri ile çalıştırılabilir. CVR uygulamasının etkinliğini değerlendirebilmek için şebekeye bağlı yüklerin davranışını tanımlayan iyi bir model elde etmek gerekir. Bu çalışmada, model parametreleri konutsal yüklerde gerçekleştirilen ölçümlerden elde edilmiştir. CVR'nin cihazlar üzerindeki etkisi aktif ve reaktif güç değişimleri incelenmiştir.

Lamberti ve arkadaşları (2013), Birleşik Krallıkta dağıtım ağındaki ev cihazlarının davranışı üzerindeki CVR etkisini incelemiştir (Lamberti et al., 2013).

Tesfasilassie ve arkadaşları (2014) tarafından yapılan çalışmada, CVR'nin toplam güç talebini azaltmadaki etkinliğinin, ana transformatör merkezi gibi merkezi noktadan toplu yük modeli kullanılarak yaklaşık olarak tahmin edilebileceği gösterilmiştir (Tesfasilassie et al., 2014).

CVR'nin faktörü, yük tarafından tüketilen enerji değişim yüzdesinin gerilim değişim yüzdesine oranı olarak denklem

(10)'da ifade edilmiştir (Hossan et al., 2018). Ayrıca denklem (11)'de yer alan CVR faktörü üstel yük modeli katsayısına hemen hemen eşittir (Gutierrez-Lagos & Ochoa, 2020). CVR faktörü, reaktif güç (kVAr) ve enerji (kWh) cinsinden yazılabilir (Emiroğlu, 2017).

$$CVR_f = \frac{\% \Delta P}{\% \Delta V} \quad (10)$$

Ayrıca;

$$CVR_f \approx n_{p,q} \quad (11)$$

olduğu denklem (7) ve (8) sayesinde görülmektedir.

3. Donanım

3.1. Varyak

Şebeke gerilimini istenilen gerilime yükselten veya düşüren cihazlardır. Tek sargılı bakır telin saç nüve etrafına sarılmasıyla elde edilir (*Test Varyak - Regülatörler, Varyak, Transformatörler*, n.d.). Şekil 1'de varyak cihazına ait görüntü yer almaktadır.



Şekil 1. Varyak (Test_varyak_kutulu_11.Png (284×400), n.d.)

3.2. Arduino Uno

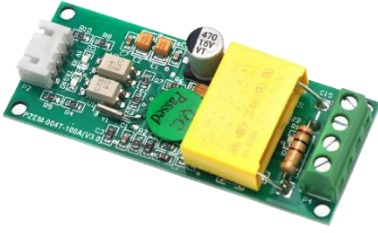
Arduino Uno, 6 analog giriş ve 14 dijital giriş/çıkış pinine sahip ATmega328 tabanlı bir mikrodenetleyici kartıdır. Şekil 1'de yer alan Arduino Uno'nun çalışma gerilimi 5V olup 32 KB flash belleğe sahiptir (Kumar & Ajitha, 2018).



Şekil 2. Arduino Uno (Pr_01_2173.Jpg (817×570), n.d.)

3.3. Pzem-004t (10A) Modül

Pzem-004t, gerilim, akım, güç, güç faktörü ve enerji parametreleri ölçmek için kullanılan AC çok işlevli ölçüm cihazıdır. Modül ekran fonksiyonuna sahip değildir. Veriler TTL arayüzü üzerinden okunur. PZEM-004T-10A dahili şönt 0-10A ölçüm aralığına sahiptir ve PZEM-004T-100A harici transformatörlü 0-100A ölçüm aralığına sahiptir (PZEM-004T-3-0-TTL-Modbus-Electric-Kwh-Energy-Meter-Wattmeter-Voltmeter-Ammeter-Volt-Amp-Power.Png (800×800), n.d.). Şekil 3'te PZEM-004T 10A modülü yer almaktadır.



Şekil 3. Pzem-004T 10A Modülü (Regresyon et al., 2008)

4. Parametrelerin Hesaplanması

4.1. En Küçük Kareler Yöntemi

ZIP parametreleri bazı yöntemlerle belirlenebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntem En Küçük Kareler (EKK) yöntemidir. EKK yöntemi, regresyon çalışmalarında sıklıkla kullanılan ve hesaplamadaki kolaylığından dolayı en uygun tahmin yöntemi olarak tercih edilmektedir (Sadeghi & Abdollahi Sarvi, 2009). Bu yöntem ile deneysel çalışmalardan elde edilen verilere en yakın değerleri temsil edecek eğrinin parametreleri hesaplanacaktır. Denklem (12)'de EKK yönetimi ifade edilmiştir:

$$\min_p \sum_{n=1}^N (y_n - px_n)^2 \quad (12)$$

ZIP modelin genel denklemi (13)'de verilmiştir.

$$P = P_0 \left[Z_p \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right)^2 + I_p \cdot \left(\frac{V}{V_0} \right) + P_p \right] \quad (13)$$

$$Z_p + I_p + P_p = 1 \quad (14)$$

$$\lambda = \sum_{i=1}^n \left(Z_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right)^2 + I_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right) + P_p - \left(\frac{P_i}{P_0} \right) \right)^2 \quad (15)$$

en küçük olacak şekilde Z_p, I_p, P_p parametrelerine göre türevi alınarak sıfıra eşitlenir.

$$\frac{d\lambda}{dZ_p} = \sum_{i=1}^n 2 \cdot \left(\frac{V_i}{V_0} \right)^2 \cdot \left(Z_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right)^2 + I_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right) + P_p - \left(\frac{P_i}{P_0} \right) \right) = 0 \quad (16)$$

$$\frac{d\lambda}{dI_p} = \sum_{i=1}^n 2 \cdot \frac{V_i}{V_0} \cdot \left(Z_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right)^2 + I_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right) + P_p - \left(\frac{P_i}{P_0} \right) \right) = 0 \quad (17)$$

$$\frac{d\lambda}{dP_p} = \sum_{i=1}^n 2 \cdot \left(Z_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right)^2 + I_p \left(\frac{V_i}{V_0} \right) + P_p - \left(\frac{P_i}{P_0} \right) \right) = 0 \quad (18)$$

Yukarıdaki denklemlerden türev alma ve düzenleme işlemlerinden sonra matris formu denklem (19)'daki gibi bulunur (Carneiro et al., 2017).

$$\begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n V_i^4 & \sum_{i=1}^n V_i^3 & \sum_{i=1}^n V_i^2 \\ \sum_{i=1}^n V_i^3 & \sum_{i=1}^n V_i^2 & \sum_{i=1}^n V_i \\ \sum_{i=1}^n V_i^2 & \sum_{i=1}^n V_i & n \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Z_p \\ I_p \\ P_p \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n P_i V_i^2 \\ \sum_{i=1}^n P_i V_i \\ \sum_{i=1}^n P_i \end{bmatrix} \quad (19)$$

4.2. Fmincon Algoritması

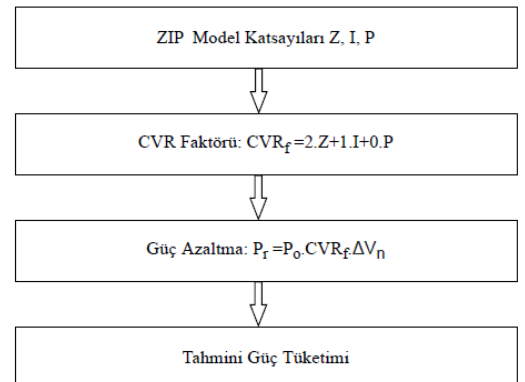
ZIP yük modeli katsayıları ve üstel yük modeli katsayıları MATLAB fmincon - iç nokta algoritması kullanılarak çözülebilir (Find Minimum of Constrained Nonlinear Multivariable Function - MATLAB Fmincon, n.d.). Reaktif güç parametrelerini tahmin etmek için benzer prosedür kullanılır. Söz dizimi aşağıdaki gibidir.

$$x = \text{fmincon}(\text{fun}, x_0, A, B, Aeq, Beq, lb, ub)$$

Burada fun çözülecek fonksiyonu, x_0 başlangıç değerini, A ve Aeq matris, B ve Beq vektörleri, lb ve ub alt ve üst sınırı temsil etmektedir (An et al., 2016).

4.3. ZIP Katsayılarına Dayalı Tahmini Güç Tüketimi

Yük tarafından tüketilen güç değişim yüzdesinin gerilim değişim yüzdesine oranı olarak CVR faktörü, matematiksel olarak değerlendirilebilir. Bu nedenle, CVR'den kaynaklanan güç azalmasının da tahmin edilmesi gerekir. Şekil 4'te tahmini güç tüketimi akış şeması yer almaktadır. Denklem (20) - (27)'de bu matematiksel ifadenin çıkarımı yer almaktadır.



Şekil 4. Tahmini Güç Tüketim Akış Şeması

Denklem (5)'te yer alan ifadeye $P_n = \frac{P}{P_o}$ ve $V_n = \frac{V}{V_o}$ ile denklem (20)'deki gibi yazılabilir.

$$P_n = Z_P V_n^2 + I_P V_n + P_P \quad (20)$$

$$\frac{\partial P_n}{\partial V_n} = 2Z_P V_n + I_P \quad (21)$$

$$\partial P_n = [2Z_P(\partial V_n + 1) + I_P]\partial V_n \quad (22)$$

$$\partial P_n = [2Z_P \partial V_n^2 + 2Z_P \partial V_n + I_P \partial V_n] \quad (23)$$

$$\partial P_n = (2Z_P + I_P)\partial V_n + 2Z_P \partial V_n^2 \quad (24)$$

∂V_n^2 ihmal edilebilir ve basitlik için göz ardı edilebilir. Bu nedenle, CVR faktörü denklem (25)'teki gibi sabit empedans ve sabit akım olan ZIP yük modeli katsayılarına dayalı olarak hesaplanabilmektedir (Alkrch, 2020).

$$CVR_f = \frac{\partial P_n}{\partial V_n} = 2Z_P + I_P \quad (25)$$

$$\Delta V_n = \frac{V_o - V}{V_o} \quad (26)$$

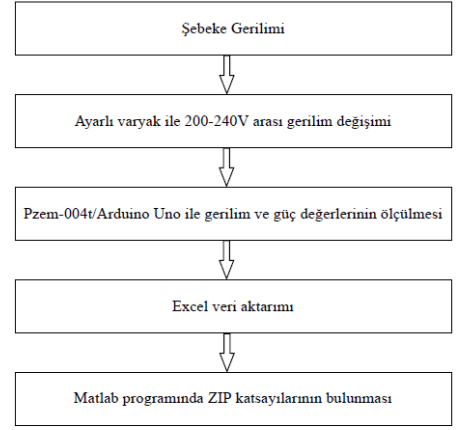
$$P_r = P_o CVR_f \Delta V_n \quad (27)$$

Denklem (27) CVR, yani ZIP katsayılarına dayalı olarak güç azalmasını bulunmasını sağlamaktadır. Tahmin edilen güç ise denklem (28)'de yer alan P_o nominal güç ile P_r güç azalmasının farkıdır (Alkrch, 2020).

$$P_{tahmin} = P_o - P_r \quad (20)$$

4.4. Test Prosedürü

Cihazlar üzerindeki test, 240-200 V gerilim değerleri arasında yapılmıştır. Her yük çeşidi seçilen en yüksek gerilim değerinde çalışmasına izin verilerek kademeli olarak gerilim değeri azaltılmıştır. Test ölçüm akış şeması Şekil 5'te, test ölçüm düzeneği Şekil 6'da yer almaktadır. Uygun gerilim değerini sağlamak için ayarlanabilir varyak kullanılmıştır. Gerilim ve akım değerleri stabilize edildikten sonra geçerli ölçümler kaydedilmiştir. Tekrarlanabilirliği kontrol etmek için her test en az iki defa yapılmıştır.



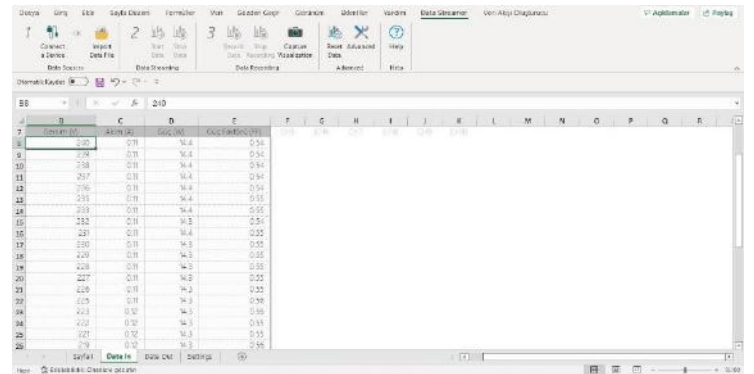
Şekil 5. Test Ölçüm Akış Şeması



Şekil 6. Test Ölçüm Düzeneği

4.5. Verilerin Aktarılması

Data Streamer, bir mikrodenetleyici ile karşılıklı olarak MS Excel'e canlı veri akışını sağlayan eklentidir (*What Is Data Streamer?*, n.d.). Arduino Uno ile USB aracılığıyla bilgisayara bağlantı yapıldıktan sonra PZEM-004T modülü ile ölçülen gerilim, akım, güç ve güç faktörü parametrelerinin bilgisayara aktarıldığı esnadaki ekran görüntüsü Şekil 7'de yer almaktadır.



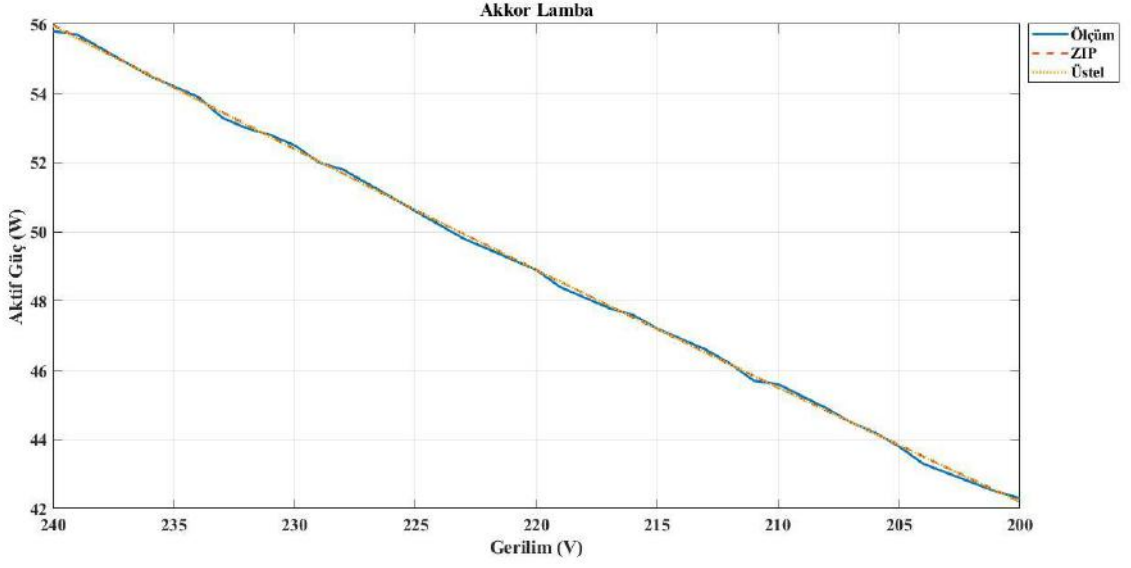
Şekil 7. Verilerin Excel'e Aktarılması

5. Bulgular ve Tartışma

5.1. Akkor Lamba

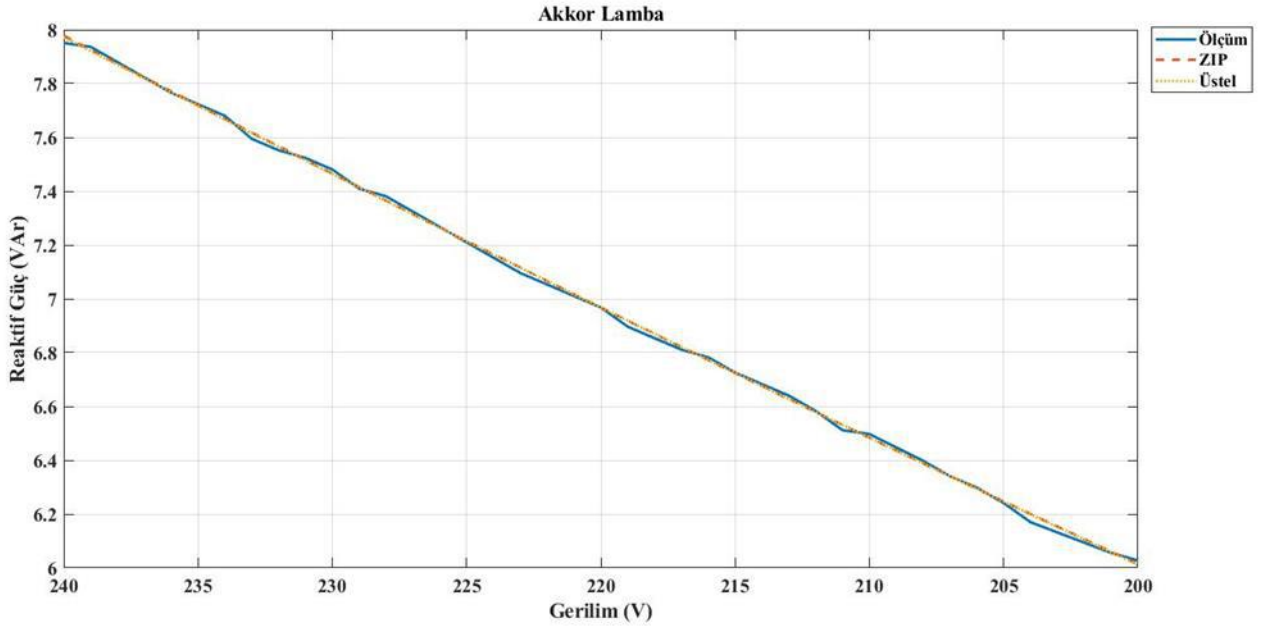
Şekil 8'de akkor lamba için gerilim – aktif güç eğrisi yer almaktadır. Ölçüm sonucunda nominal gerilim

220 V gerilimde 48.9 W aktif güç tükettiği baz alınarak model oluşturulmuştur. Akkor lambanın ölçüm, ZIP ve üstel yük modelinin birbirine çok yakın olduğu ve başarılı sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 8. Akkor lamba gerilim – aktif güç eğrisi

Nominal gerilim 220 V gerilim değerinde 6.96 VAR tükettiği baz alınarak oluşturulan model şekil 9'da yer almaktadır. Bu cihaz için reaktif güç modelinin de başarılı sonuç verdiği görülmektedir.

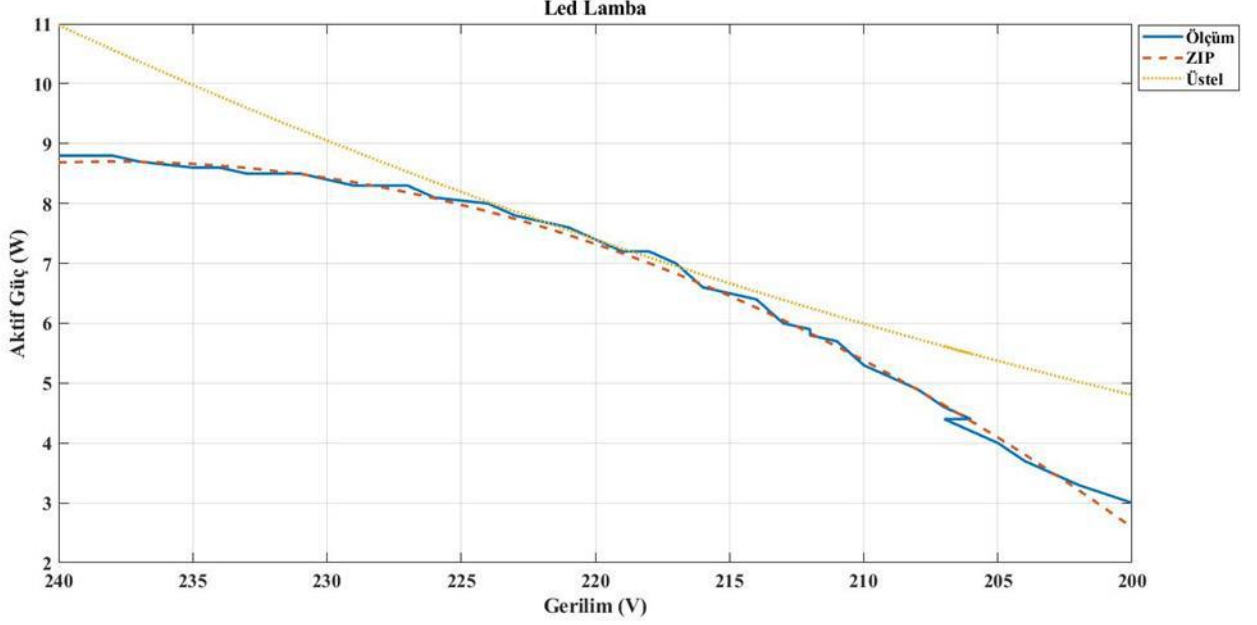


Şekil 9. Akkor lamba gerilim - reaktif güç eğrisi

5.2. LED Lamba

Şekil 10'da LED lamba için gerilim – aktif güç eğrisine yer verilmiştir. Ölçüm sonucunda nominal gerilim 220 V gerilimde 7.4 W aktif güç tükettiği baz alınarak model oluşturulmuştur. Ölçüm ve modelleme sonuçlarına göre 240 – 225 V gerilim

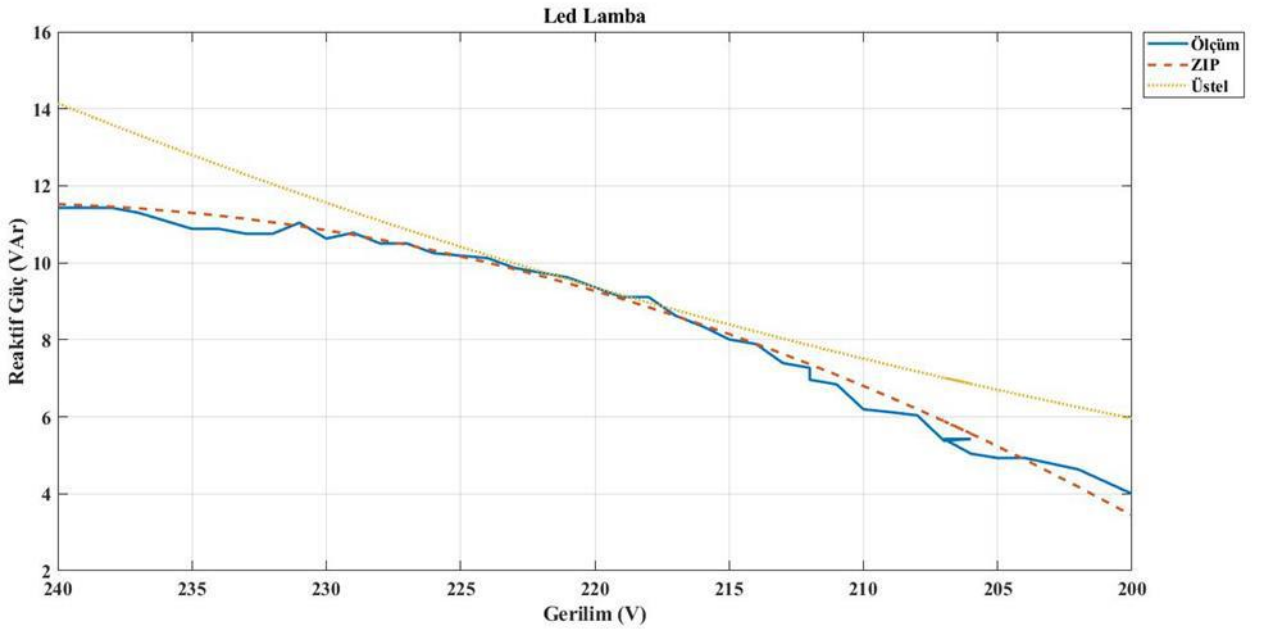
aralığında ZIP modelin gerçek sonuçlara yakın, üstel modelin ise gerçek modele yaklaştığı; 225 – 217 V gerilim aralığında ise her iki modelin gerçek sonuçlara çok yakın değerler ürettiği; 217 – 200 V gerilim aralığında ise ZIP modelin gerçek sonuçlara yakın, üstel modelin ise gerçek sonuçlardan uzaklaştığı görülmektedir.



Şekil 10. LED lamba gerilim – aktif güç eğrisi

Nominal gerilim 220 V gerilim değerinde 9.36 VAR tükettiği baz alınarak oluşturulan model, Şekil 11'de yer almaktadır. Buna göre reaktif güç için de aktif güçte olduğu gibi benzerlik

olmaktadır. ZIP modelin LED lamba için daha uygun bir model olduğu sonucuna varılmıştır.

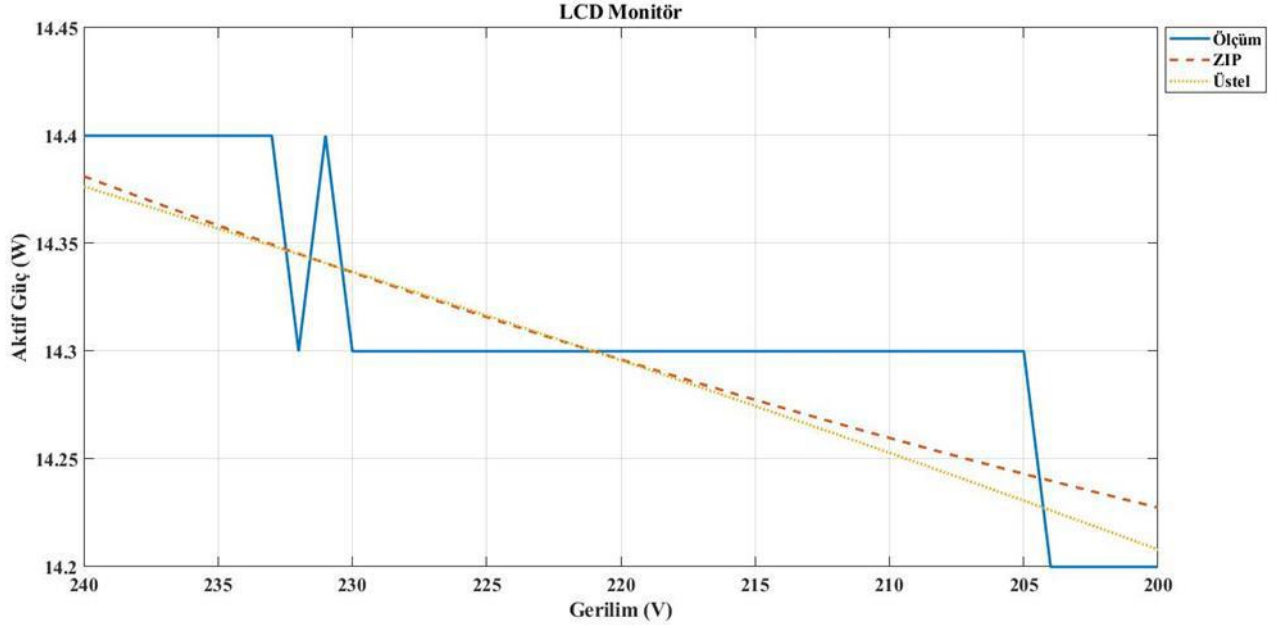


Şekil 11. LED lamba gerilim - reaktif güç eğrisi

5.3. LCD Monitör

LCD monitör için gerilim – aktif güç eğrisi Şekil 12'deki gibidir. Ölçüm sonucunda nominal gerilim 220 V gerilimde 14.3 W aktif güç tükettiği baz alınarak model oluşturulmuştur.

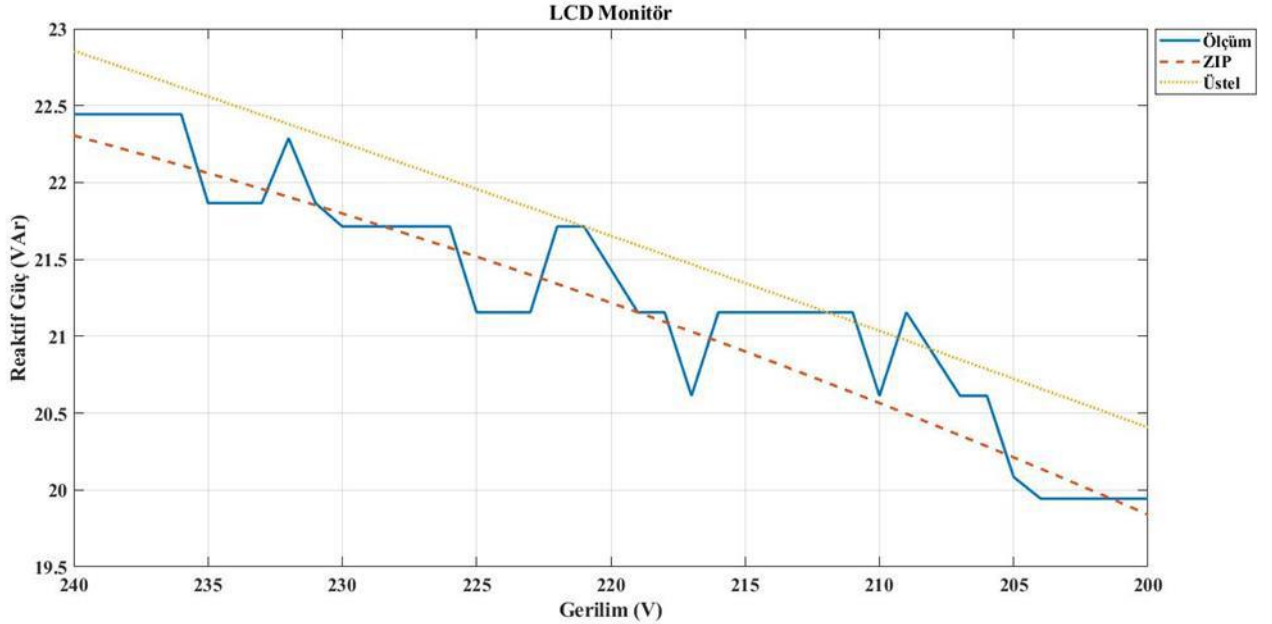
Ölçüm sonucunda 230 – 205 V gerilim değerlerinde sabit güç tüketimi yaptığı görülmektedir. ZIP ve üstel yük modellerinin birbiri ile benzerlikte olduğu görülmektedir.



Şekil 12. LCD monitör gerilim - aktif güç eğrisi

Nominal gerilim 220 V gerilim değerinde 21.71 VAR tükettiği baz alınarak oluşturulan model Şekil 13'te yer almaktadır.

Ölçülen ve oluşturulan modellerin sonuçlardan farklı olmakla birlikte yakın olduğu görülmektedir.

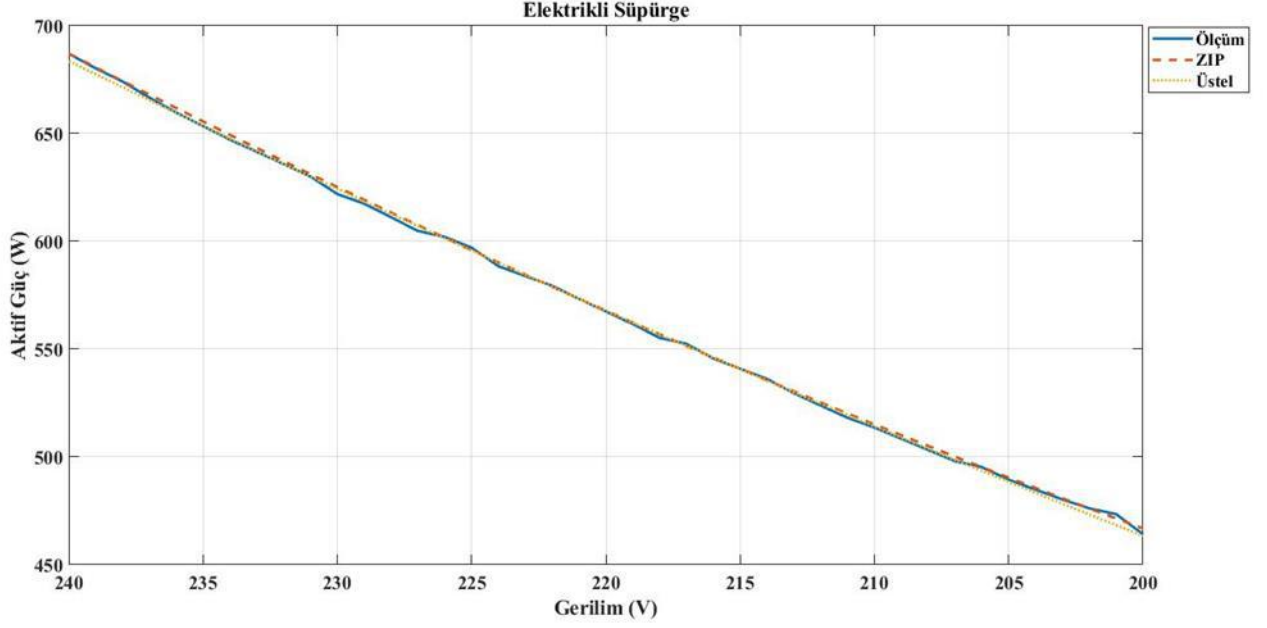


Şekil 13. LCD monitör gerilim - reaktif güç eğrisi

5.4. Elektrikli Süpürge

Elektrikli süpürge için gerilim – aktif güç eğrisi Şekil 14’deki gibidir. Ölçüm sonucunda nominal gerilim 220 V gerilimde

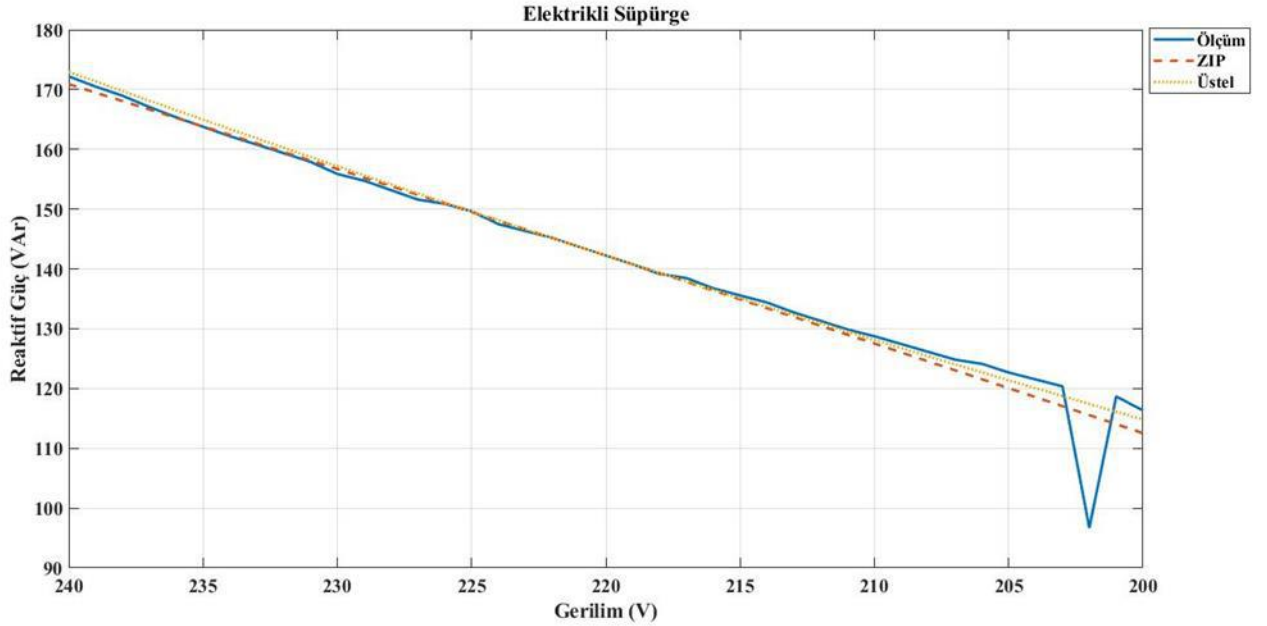
573.4 W aktif güç tükettiği baz alınarak model oluşturulmuştur. Elektrikli süpürge için ölçülen değerlerin ve hesaplanan modellerinin birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Elektrikli süpürge gerilim - aktif güç eğrisi

Nominal gerilim 220 V gerilim değerinde 143.70 VAR tükettiği baz alınarak oluşturulan model Şekil 15’te yer almaktadır. 240

– 200 V gerilim değerleri arasında ölçülen sonuçların ve hesaplanan modelin yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 15. Elektrikli süpürge gerilim - reaktif güç eğrisi

Bu çalışmada akkor lamba, LED lamba, LCD monitör ve elektrikli süpürge için gerilimleri 240 V’tan 200 V’a kademeli olarak azaltılarak ölçümler yapılmış ve elde edilen sonuçlar bilgisayara aktarılmıştır. Her bir cihazın aktif ve reaktif güç için eşitlik (9) ve (19)’a göre ZIP yük modeli katsayıları ve üstel yük modeli katsayıları Tablo 1’de, Matlab programına ait fmincon

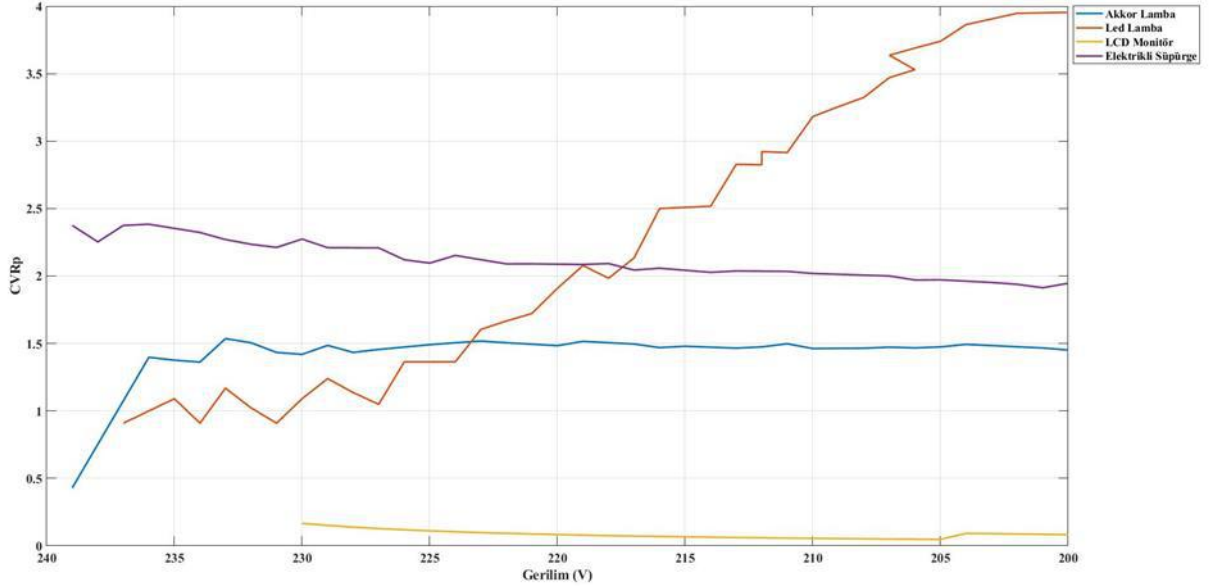
algoritmasına göre ise Tablo 2’de yer almaktadır. Sonuçlara göre her cihazın belirli oranlarda Z, I, P katsayılarını içerdiği görülmektedir.

Tablo 1. Elektriksel cihazlara ait ZIP katsayıları eşitlik (9) ve (19)'a göre parametre sonuçları

Cihaz	Z_p	I_p	P_p	Z_q	I_q	P_q	n_p	n_q
Akkor Lamba	0.4787	0.5906	-0.0696	0.4787	0.5906	-0.0696	1.5480	1.5480
LED Lamba	-27.5792	59.6921	-31.1198	-23.1145	50.9677	-26.8749	4.5337	4.7387
LCD Monitör	0.0742	-0.0838	1.0102	-0.8198	2.2613	-0.4569	0.0646	0.6218
Elektrikli Süpürge	1.9481	-1.7636	0.8140	-0.4477	3.1425	-1.6937	2.1326	2.2470

Tablo 2. Elektriksel cihazlara ait ZIP katsayıları matlab fmincon algoritmasına göre parametre sonuçları

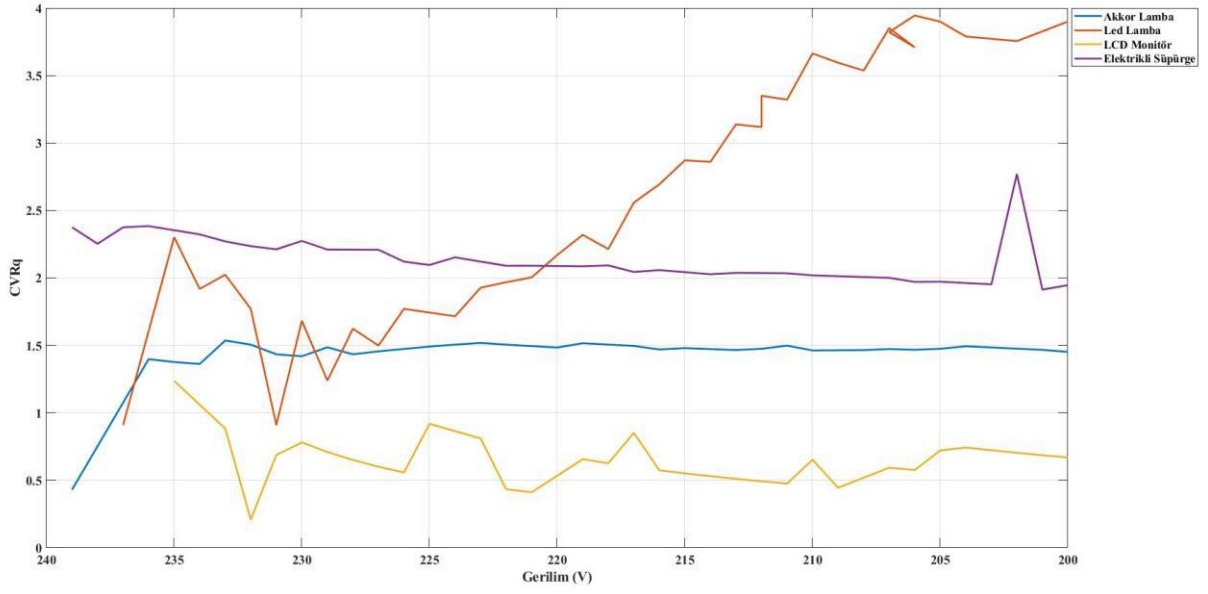
Cihaz	Z_p	I_p	P_p	Z_q	I_q	P_q	n_p	n_q
Akkor Lamba	0.4787	0.5906	-0.0696	0.4787	0.5906	-0.0696	1.5480	1.5480
LED Lamba	-27.5792	59.6921	-31.1198	-23.1145	50.9677	-26.8749	4.5337	4.7387
LCD Monitör	0.0742	-0.0838	1.0102	-0.8198	2.2613	-0.4569	0.0646	0.6218
Elektrikli Süpürge	1.9481	-1.7636	0.8140	-0.4477	3.1425	-1.6937	2.1326	2.2470



Şekil 16. Tüm cihazlara ait gerilim - CVRp eğrisi

Çalışmada kullanılan tüm cihazlar için aktif güç için CVR_p eğrisi Şekil 16'da, reaktif güç için CVR_q eğrisi Şekil 17'de yer almaktadır. Akkor lamba ve elektrikli süpürge genel olarak sabit bir CVR_p değerine sahiptir.

LCD monitör ise bu iki cihazdan daha düşük CVR_q değeri üretmiştir. LED lamba ise 240-200 V azalan gerilime göre sürekli artış göstermiştir.



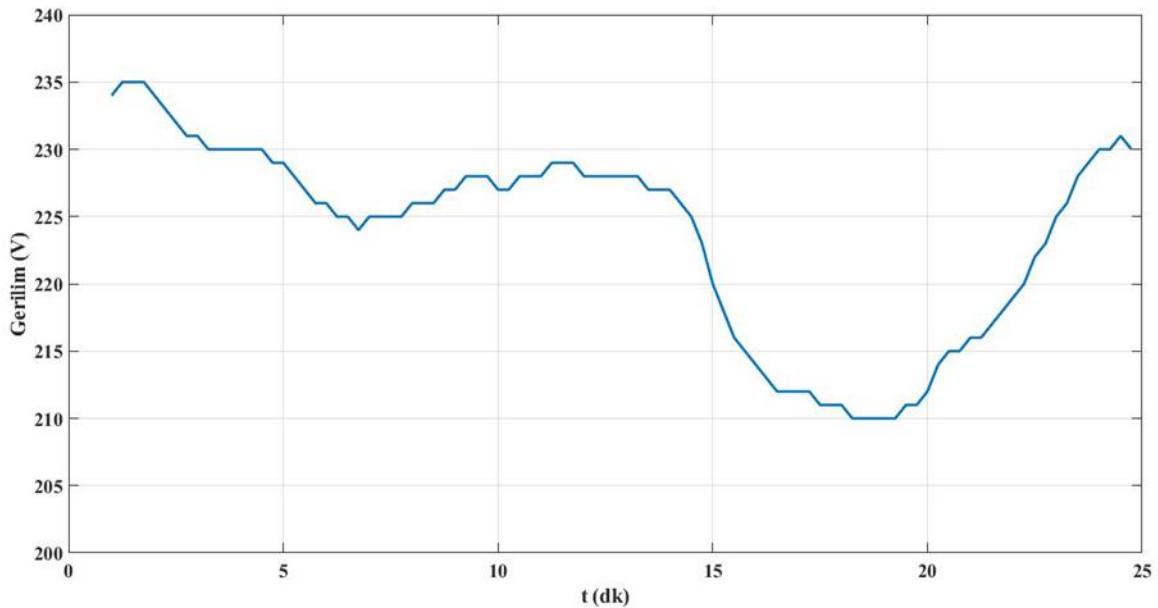
Şekil 17. Tüm cihazlara ait gerilim - CVRq eğrisi

Akkor lamba ve elektrikli süpürge genel olarak sabit bir CVR_q değerine sahiptir. LCD monitör ise bu iki cihazdan daha düşük ve CVR_p 'den yüksek değer üretmiştir. Led lamba ise 235-220 V gerilime göre CVR_p 'den yüksek sonuçlar üretmiştir.

5.5. Tahmini Güç Tüketimi

CVR yöntemi cihazlara uygulanmış ve Z, I, P katsayılarına bağlı CVR faktörü belirlenmiştir. CVR faktörü, güçteki değişimin gerilim değişimlerine oranı olduğundan, CVR'den kaynaklanan güç azalmasının da tahmin edilmesi gerekir. Şekil 18'de konutsal cihazlara uygulanan gerilimin grafiği, Tablo 3'te ise tahmini güç tüketimi ve gerçek sonuçları yer almaktadır. Buna göre akkor

lambada 48.9 W nominal güçte ve 220V nominal gerilimde, denklem (25)'e göre CVR faktörü değeri 1.5480 bulunur. 220 V ve 210 V arasında, ΔV_n 0.045 oranında gerilim değişiminde tahmini aktif güç 45.460 W'tır. Bu değer gerçekte 45.6 W'tır ve gerçek güç ile tahmini güç arasında %0.31 oranında fark vardır. Buna göre akkor lamba ve LCD monitörde tahmin edilen güç, gerçek gücün altında; LED lamba ve elektrikli süpürge ise tahmin edilen güç, gerçek gücün üzerinde bir değerde bulunmuştur. Tablo 4'te ise tahmini reaktif güç tüketimi sonuçları yer almaktadır.



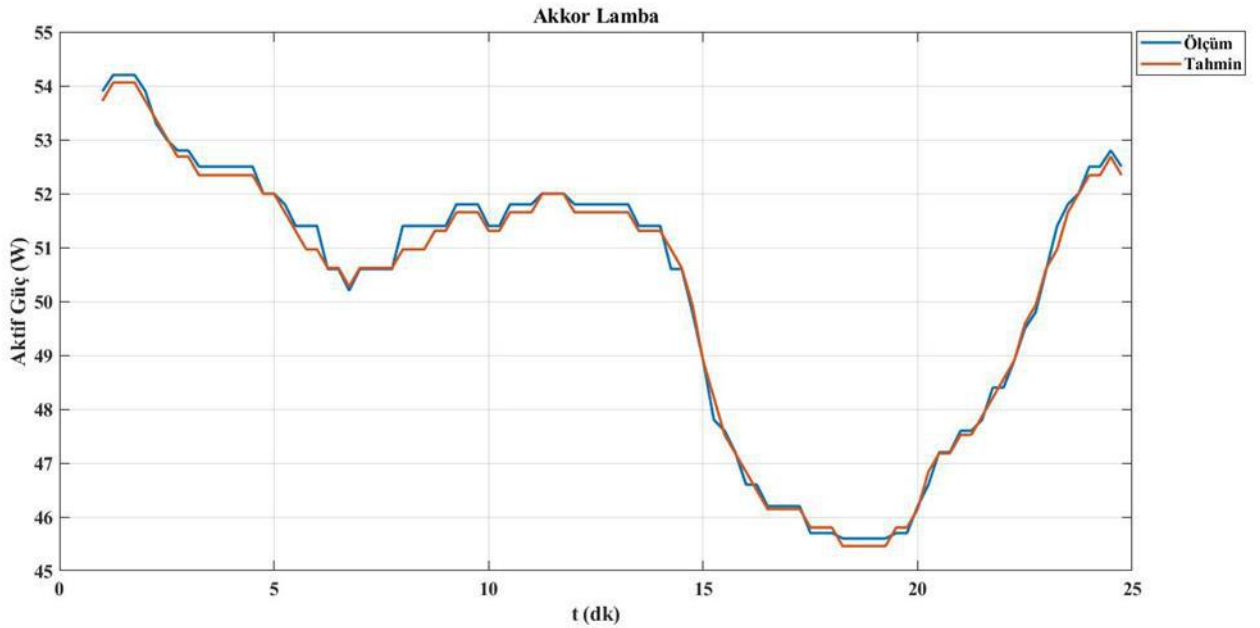
Şekil 18. Cihazlara uygulanan gerilim eğrisi

Tablo 3. Elektriksel cihazlara ait tahmini aktif güç tüketimi sonuçları

Cihaz	P_o	CVR_p	ΔV_n	P_r	P_{tahmin}	$P_{gerçek}$	Değişim
Akkor Lamba	48.9	1.5480	0.045	3.440	45.460	45.600	0.31%
LED Lamba	7.4	4.5337	0.045	1.525	5.875	5.300	-10.85%
LCD Monitör	14.3	0.0646	0.045	0.042	14.258	14.300	0.29%
Elektrikli Süpürge	573.4	2.1326	0.045	55.578	517.822	513.700	-0.80%

Tablo 4. Elektriksel cihazlara ait tahmini reaktif güç tüketimi sonuçları

Cihaz	Q_o	CVR_q	ΔV_n	Q_r	Q_{tahmin}	$Q_{gerçek}$	Değişim
Akkor Lamba	6.97	1.5480	0.045	0.490	6.480	6.500	0.31%
LED Lamba	9.36	4.7387	0.045	2.016	7.344	6.200	-18.45%
LCD Monitör	21.71	0.6218	0.045	0.614	21.096	20.610	-2.36%
Elektrikli Süpürge	143.7	2.2470	0.045	14.676	129.024	128.700	-0.25%



Şekil 19. Akkor lambaya ait ölçüm ve tahmini aktif güç eğrisi

- & Lutz, J. F. (1982). *Electric energy systems theory: an introduction*. <https://doi.org/10.2172/974598>
- Metalografi - A. Emel Geçkinli - Google Kitaplar.* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from https://books.google.com.tr/books/about/Metalografi.html?id=2V8kPwAACAAJ&redir_esc=y
- Arif, A., Wang, Z., Wang, J., Mather, B., Bashualdo, H., & Zhao, D. (2018). Load modeling - A review. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 9(6), 5986–5999. <https://doi.org/10.1109/TSG.2017.2700436>
- Quilumba, F. L., Lee, W. J., & Játiva-Ibarra, J. (2013). Load models for flat panel TVs. *Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*. <https://doi.org/10.1109/IAS.2013.668258>
- Hatipoglu, K., Fidan, I., & Radman, G. (2012). Investigating effect of voltage changes on static ZIP load model in a microgrid environment. *2012 North American Power Symposium, NAPS 2012*. <https://doi.org/10.1109/NAPS.2012.6336407>
- Collin, A. J., Tsagarakis, G., Kiprakis, A. E., & McLaughlin, S. (2014). Development of low-voltage load models for the residential load sector. *IEEE Transactions on Power Systems*, 29(5), 2180–2188. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2014.2301949>
- Milanović, J. V., Yamashita, K., Martínez Villanueva, S., Djokić, S. Ž., & Korunović, L. M. (2013). International industry practice on power system load modeling. *IEEE Transactions on Power Systems*, 28(3), 3038–3046. <https://doi.org/10.1109/TPWRS.2012.2231969>
- Lamberti, F., Dong, C., Calderaro, V., & Ochoa, L. F. (2013). Estimating the load response to voltage changes at UK primary substations. *2013 4th IEEE/PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, ISGT Europe 2013*. <https://doi.org/10.1109/ISGTEUROPE.2013.6695466>
- Tesfasilassie, M., Zarghami, M., Vaziri, M., & Rahimi, A. (2014). An estimative approach for CVR effectiveness using aggregated load modeling. *2014 IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Conference, ISGT 2014*. <https://doi.org/10.1109/ISGT.2014.6816382>
- Hossan, M. S., Maruf, H. M. M., & Chowdhury, B. (2018). Comparison of the ZIP load model and the exponential load model for CVR factor evaluation. *IEEE Power and Energy Society General Meeting, 2018-January*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/PESGM.2017.8274490>
- Gutierrez-Lagos, L., & Ochoa, L. F. (2020). On the Inadequacy of the CVR Factor for Active Schemes. *IEEE Transactions on Power Delivery*, 35(3), 1592–1595. <https://doi.org/10.1109/TPWRD.2019.2944750>
- Emiroğlu, S. (2017). *Dağıtık üretimli elektrik enerji sistemlerinde gerilim azaltım yöntemi ile enerji optimizasyonu*. <https://acikerisim.sakarya.edu.tr/handle/20.500.12619/76382>
- Test varyak - Regülatörler, Varyak, Transformatörler.* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://www.guvenisregulator.com.tr/p88-test-varyak>
- Kumar, T. A., & Ajitha, A. (2018). Development of IOT based solution for monitoring and controlling of distribution transformers. *2017 International Conference on Intelligent Computing, Instrumentation and Control Technologies, ICICICT 2017, 2018-January*, 1457–1461. <https://doi.org/10.1109/ICICICT1.2017.8342784>
- pr_01_2173.jpg (817×570).* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from https://st2.myideasoft.com/shop/dr/21/myassets/products/173/pr_01_2173.jpg?revision=1445079759
- PZEM-004T V3 Module | Arduino & NodeMCU Code, Circuit, Pinout And Library.* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://innovatorsguru.com/pzem-004t-v3/>
- PZEM-004T-3-0-TTL-Modbus-Electric-Kwh-Energy-Meter-Wattmeter-Voltmeter-Ammeter-Volt-Amp-Power.png (800×800).* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://ae01.alicdn.com/kf/Hdf071eab2aa5439e9c31fa0ef40acdb4W/PZEM-004T-3-0-TTL-Modbus-Electric-Kwh-Energy-Meter-Wattmeter-Voltmeter-Ammeter-Volt-Amp-Power.png>
- Regresyon, A., Kullanilan, E. N., Küçük, K., Ve, E. N., Küçük, M., Kareler, Y., Karşılaştırılması, Ö., Gürünlü, A., Vupa Dokuz, Ö., Üniversitesi, E., Fakültesi, F.-E., & Bölümü, İ. (2008). *SDÜ FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ FEN DERGİSİ (E-DERGİ)*. 3(2), 219–229.
- Sadeghi, M., & Abdollahi Sarvi, G. (2009). Determination of ZIP parameters with least squares optimization method. *2009 IEEE Electrical Power and Energy Conference, EPEC 2009*. <https://doi.org/10.1109/EPEC.2009.5420883>
- Carneiro, A. S., Araujo, L. F., Pereira, J. L. R., Garcia, P. A. N., Melo, I. D., & Amaral, M. B. (2017). Static load modeling based on field measurements. *2017 IEEE Manchester PowerTech, Powertech 2017*. <https://doi.org/10.1109/PTC.2017.7981230>
- Find minimum of constrained nonlinear multivariable function - MATLAB fmincon.* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://www.mathworks.com/help/optim/ug/fmincon.html#d124e94060>
- An, K., Liu, H. J., Zhu, H., Dong, Z. Y., & Hur, K. (2016). Evaluation of Conservation Voltage Reduction with Analytic Hierarchy Process: A Decision Support Framework in Grid Operations Planning. *Energies 2016, Vol. 9, Page 1074*, 9(12), 1074. <https://doi.org/10.3390/EN9121074>
- Alkrch, M. (2020). LED ZIP Model Development. *Dissertations and Student Research: Architectural Engineering*. <https://digitalcommons.unl.edu/archengdiss/64>
- What is Data Streamer?* (n.d.). Retrieved October 14, 2022, from <https://support.microsoft.com/en-us/office/what-is-data-streamer-1d52ffce-261c-4d7b-8017-89e8ee2b806f>



Sındırğı-Balıkesir Kaolenlerinin Termal Karakterizasyonu

Onur Eser Kök^{1,2*}, Hüseyin Vapur², Yasin Erdoğan³

^{1*} İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Petrol ve Doğalgaz Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye
(ORCID: 0000-0002-7061-2921), oeser.kok@iste.edu.tr

² Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye
(ORCID: 0000-0003-4438-3982), hvapur@cu.edu.tr

³ T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara, Türkiye
(ORCID: 0000-0002-2314-5216), ysnerd@gmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1189007)

ATIF/REFERENCE: Kök, O.E., Vapur, H. & Erdoğan, Y. (2022). Sındırğı-Balıkesir Kaolenlerinin Termal Karakterizasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 40-45.

Öz

Yapılan bu çalışmada, Sındırğı-Balıkesir bölgesinden temin edilen kaolen numuneleri mikronize boyuta (<150 µm) indirgenerek 650 °C, 750 °C ve 1000 °C sıcaklıklarında kalsinasyon işlemi uygulanmış ve karakterizasyonları XRD ve TGA analizleri ile belirlenmiştir. Analiz sonuçlarına incelendiğinde ham ve metakaolen numunelerinin d₁₀, d₅₀ ve d₉₀ tane boyut dağılımlarında kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak artış meydana geldiği belirlenmiştir. XRD sonuçlarına göre ise yüksek sıcaklıkta hazırlanan metakaolenlerde yüksek kristal yapıya sahip kristobalit gözlemlenmiştir. Ayrıca 1000 °C sonrasında mullit fazının oluştuğu belirlenmiştir. Termogravimetrik özelliklere kalsinasyon etkisi değerlendirildiğinde ise sıcaklığının artışı ile birlikte toplam kütle kaybının azaldığı görülmektedir. Maksimum olarak kütle azalmasının ham kaolen numunesinde, minimum olarak ise MK-1000 numunesinde meydana geldiği belirlenmiştir. Sonuçlar doğrultusunda Sındırğı-Balıkesir bölgesi kaolenlerinin seramik sektöründe kullanılabileceği ve metakaolen elde edilmesi ile refrakter malzeme olarak çeşitli endüstrilerde kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaolen, Metakaolen, Kalsinasyon, Termogravimetri, Sındırğı-Balıkesir

Thermal Characterization of Kaolins from Sındırğı-Balıkesir

Abstract

In this study, kaolin samples obtained from Sındırğı-Balıkesir region were reduced to micronized size (<150 µm) and calcined at 650 °C, 750 °C and 1000 °C temperatures and their characterizations were determined by XRD and TGA analysis. When the analysis results were examined, it was determined that the d₁₀, d₅₀ and d₉₀ particle size distributions of the raw and metakaolin samples increased depending on the calcination temperature. According to XRD results, cristobalite with high crystal structure was observed in metakaolins prepared at high temperature. In addition, it was determined that the mullite phase was formed after 1000 °C. According to the calcination effect on thermogravimetric properties is evaluated, it is seen that the total mass loss decreases with the increase in temperature. It was determined that the maximum mass reduction occurred in the raw kaolin sample, and the minimum in the MK-1000. With the results, it has been determined that the kaolins of the Sındırğı-Balıkesir region can be used in the ceramic industry and can be used in various industries as a refractory material by obtaining metakaolin.

Keywords: Kaolin, Metakaolin, Calcination, Thermogravimetry, Sındırğı-Balıkesir

* Sorumlu Yazar: oeser.kok@iste.edu.tr

1. Giriş

Genel olarak kil mineralleri, kristal yapılı, toprağımsı, ince taneli ve su ilavesi ile çoğunlukla plastik özellik gösteren doğal bir malzemedir. Başka bir ifade ile kil mineralleri hidratlaşmış alüminyum silikat ya da sulu silikat olarak tanımlanmaktadır. Bazı türlerinde ise alüminyum (Al) yerine farklı oranlarda magnezyum (Mg) ya da demir (Fe) bulunmaktadır. Bu mineraller sedimanlara, kayalara ve topraklara koloidal özellik sağlayan ince boyutlu malzemelerdir. Kil mineralleri doğada saf olarak bulunmayıp heterojen karışımlar olarak oluşmaktadır. Genellikle feldspat, kuvars, kalsit, pirit gibi safsızlık sağlayan kil dışı ince taneli mineraller ile birlikte bulunmaktadır. Ancak bu heterojen karışımlarda baskın olarak kil mineralleri yer almaktadır [1-4].

Kil mineralleri, yapı ve bileşimlerine göre kaolin grubu, smektit grubu, illit grubu ve klorit grubu olmak üzere başlıca dört grupta sınıflandırılmaktadır. Endüstriyel kullanım alanlarına bağlı olarak farklı kil grupları ön plana çıkmaktadır. Seramik, çimento ve döküm sektörü değerlendirildiğinde ise kaolin ve smektit grubu kil mineralleri öne çıkmaktadır [5,6].

Bir oktahedral ve bir tetrahedral katmandan (1:1) meydana gelen kaolin grubu kil mineralleri, $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$ ya da $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ molekül formülleri ile ifade edilmekte ve kaolen kayaçlarını oluşturmaktadır. Bu katmanlarda oktahedronların hidroksil düzlemi ile tetrahedronların oksijen düzlemi arasında oluşan kuvvetli hidrojen bağları ile süreklilik sağlamaktadır [7,8]. Bu süreklilik, birbirini takip eden $[Al_2(OH)_4]^{2+}$ ve $[Si_2O_5]^{2-}$ tabakalarının istiflenmesi ile sağlanmaktadır. Oluşan bu hidrojen bağlarının kuvvetli olmasından dolayı meydana gelen elektriksel çekim gücü, su molekülleri tarafından bozulmadığı için su tutup şişme özelliği göstermezler [9,10].

Kaolin grubu kil minerallerinin ısı özellikleri farklı sıcaklık derecelerine ve safsızlıklara bağlı olarak değişim göstermektedir. 105-120 °C aralığında bünyesinde bulunan serbest su moleküllerinden ayrılmaktadır. Bileşimine bağlı olarak 450-700 °C aralığında bünyesinde bulundurduğu molekül suyu uzaklaşarak $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ formülü ile ifade edilen metakaolin meydana gelmektedir. 950-1050 °C aralığında ekzotermik tepkime meydana gelerek yeni bir yapı oluşur. Bu yapı iki oktahedral ve bir tetrahedralden meydana gelen, $Si_8(Al_{10,67}X_{5,33})O_{32}$ veya $Si_8(Al_{13,33}X_{2,67})O_{32}$ formülüne sahip kübik yapı (spinel faz) olarak tanımlanır. Bu formüllerde yer alan X, katyon boşluğunu ifade etmektedir. Isıl işlemler neticesinde ise amorf silika elde edilmektedir. Bu amorf silikalar ise 800-1200 °C aralığında sıcaklığın artışı ile orantılı olarak yarı kristal silika oluşturmaktadır. Kristobalit olarak adlandırılan tam kristal silika yapısının ise tamamen oluşturulması mümkün olmamaktadır [11,12]. Bu ısı özellikleri ise lokasyon, oluşum mekanizması, içerdiği safsızlıklar gibi parametrelere bağlı olarak değişim göstermektedir.

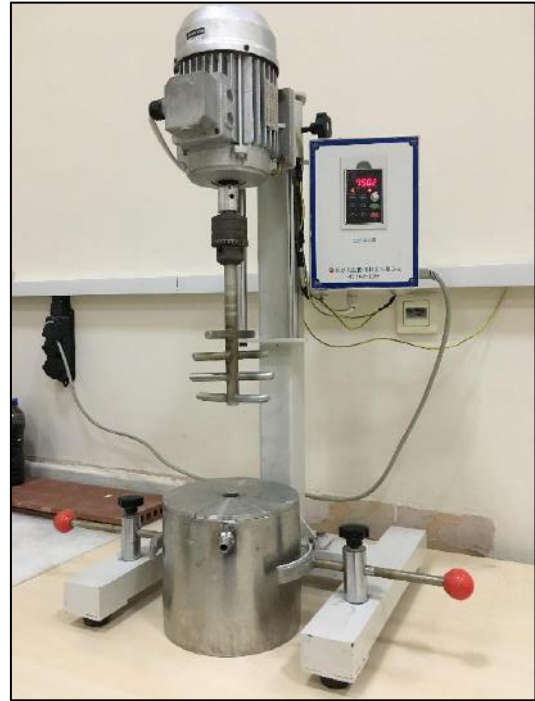
Kaolen, kaolinit içerikli kayaçları ifade etmekte olup kil mineralleri arasında önemli bir yere sahiptir. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı önemli bir endüstriyel hammadde olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde ağırlıklı olarak seramik ve döküm sektöründe kullanılmaktadır. Bu sektörlerde kullanılırken yüksek sıcaklıklara maruz kaldığı için, termal özelliklerinin belirlenmesi ve sıcaklığa bağlı karakterizasyonları ile ilgili bilimsel ve endüstriyel çalışmalar giderek artmaktadır [13].

Yapılan bu çalışmada, Sındırgı-Balıkesir bölgesinden temin edilen ve 150 µm tane boyutu altında olacak şekilde hazırlanan kaolen numunelerine üç farklı kalsinasyon sıcaklığı (650-750-
e-ISSN: 2148-2683

1000 °C) uygulanarak meydana gelen termal değişimler XRD ve TGA analizleri ile incelenmiştir. Böylece kalsinasyon sıcaklığının etkileri detaylı olarak belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

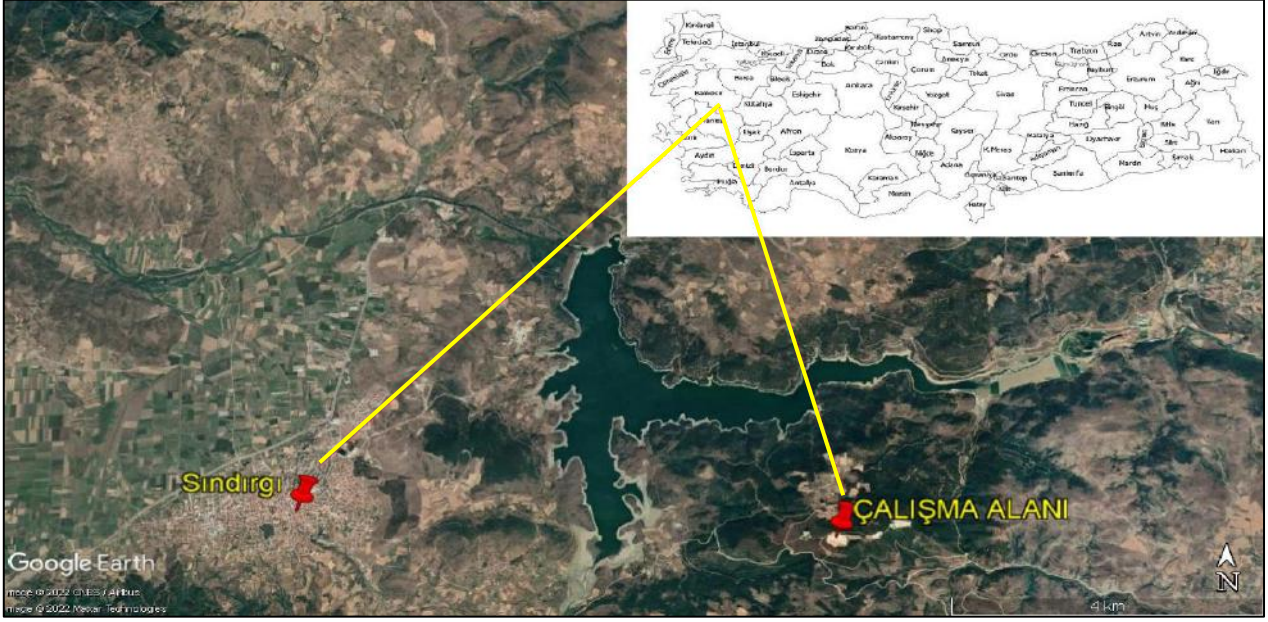
Kaolen numuneleri Sındırgı-Balıkesir bölgesinde yer alan bir açık ocak işletmesinden ham olarak temin edilmiş olup yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir. Temin edilen numunelere Şekil 2'de verilen dikey karıştırıcı bilyalı değirmen ve zirkon alümina öğütme bilyaları ile Çizelge 1'de verilen parametreler doğrultusunda öğütme işlemi uygulanmış ve 150 µm gözenek çaplı elekten geçirilerek kalsinasyon işlemine hazır hale getirilmiştir.



Şekil 2. Öğütme İşleminde Kullanılan Dikey Karıştırıcı Bilyalı Değirmen

Çizelge 1. Öğütme İşlemi Parametreleri

Hedef Tane Boyutu	150 µm	
Kurutma İşlemi	75 °C / 90 dk	
Öğütme Hızı (devir/dk)	750	
Öğütme Süresi (dk)	240	
Bilya Çapı (mm) ve Miktarı (g)	0,2	400
	0,3	450
	0,5	550
	1,0	600
Basınç / Soğutma	Atmosfer basıncı Su soğutmalı	



Şekil 1. Çalışma Alanı Yer Bulduru Haritası

Kalsinasyon işlemi Şekil 3'te verilen MagmaTherm marka MT1120 model kül fırını ile 650 °C, 750 °C ve 1000 °C sıcaklıklarında gerçekleştirilmiştir. Isıtma işlemi 10 °C/dk hızında gerçekleşmiş olup soğutma işlemi ise atmosfer ortamında yapılmıştır. Kalsinasyon işleminden sonra elde edilecek metakaolen numunelerinin tane boyutları Malvern Panalytical marka Mastersizer 3000 model cihaz ile belirlenmiştir.

Hazırlanan metakaolen numunelerinin karakterizasyonları X-ışını difraksiyon spektroskopisi (XRD) ve termogravimetrik analiz (TGA) ile belirlenmiştir. XRD analizi PANalytical marka Empyrean model cihaz ile gerçekleştirilmiştir. Analizlerde Cu tüpler kullanılmış olup 2θ tarama hızı ve 5-85 derece aralığında ölçüm yapılmıştır. TGA ölçümlerinde Mettler Toledo marka TGA3+ model cihaz kullanılmış olup; 25-1175 °C aralığında 20 K/dk hızında gerçekleştirilmiştir.

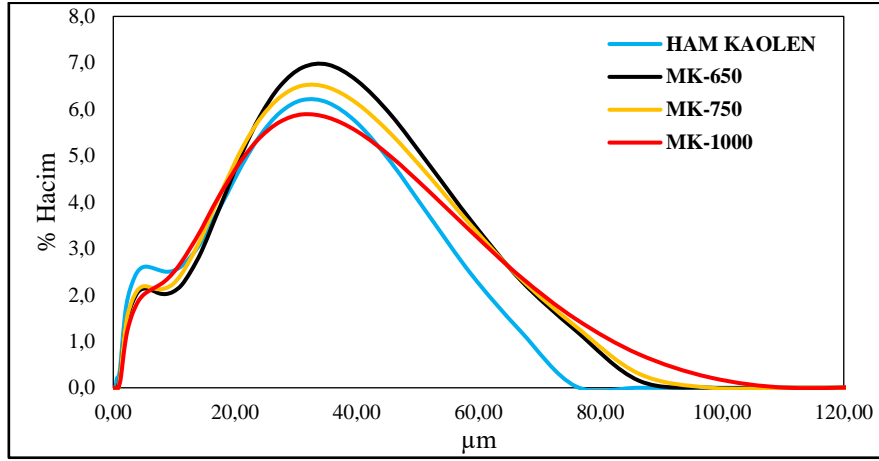
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Ham ve metakaolen numunelerine ait tane boyutu dağılım sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde d_{10} değeri Ham, MK-650, MK-750 ve MK-1000 kodlu numuneler için sırasıyla 2,78 μm , 3,62 μm , 3,65 μm ve 4,16 μm olarak belirlenmiştir. d_{50} ise 19,5 μm , 24,2 μm , 24,5 μm ve 25,5 μm olarak belirlenmiştir. Numunelerin yaklaşık olarak tamamını temsil eden d_{90} değeri ise sırasıyla 48,8 μm , 55,4 μm , 55,9 μm ve 63,4 μm olarak ölçülmüştür.

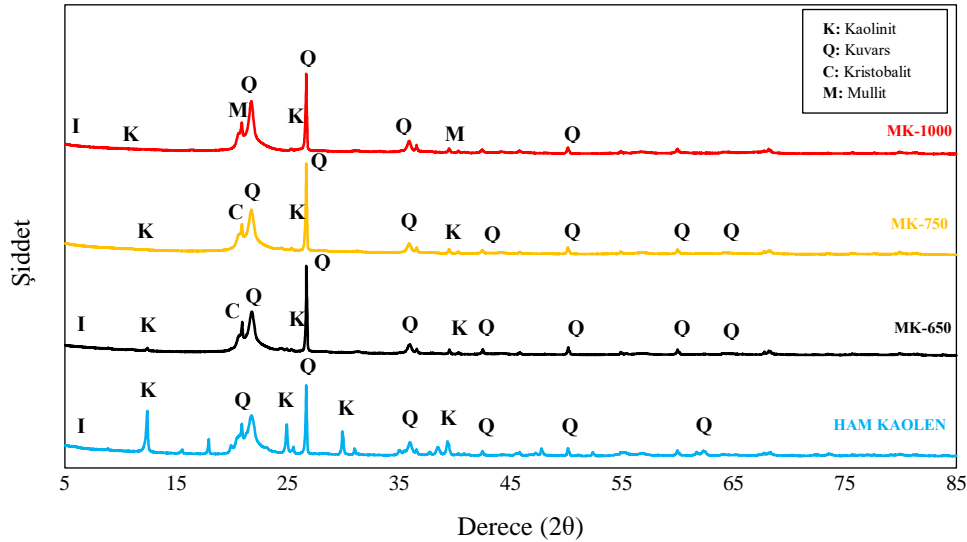
Numunelere ait XRD spektrumları (Şekil 5) incelendiğinde kalsinasyon sıcaklığının artışı ile yoğun kristal yapılu fazların oluştuğu görülmektedir. Amorf yapıdaki silikaların kalsinasyon ile birlikte daha kristal bir form olan kristobalit oluşturduğu görülmektedir. Ayrıca 1000 °C kalsinasyon sıcaklığı ile kristal fazların belirginleştiği; seramik ve refrakter endüstrisinde kullanıma uygun mullit oluştuğu görülmektedir.



Şekil 3. Kalsinasyon İşleminde Kullanılan MagmaTherm MT1120 Marka Kül Fırını



Şekil 4. Numunelere Ait Tane Boyut Dağılım Grafiği



Şekil 5. Numunelere Ait XRD Spektrumları

Deneysel çalışmalarda kullanılan numunelere ait termogravimetrik analiz sonuçları Şekil 6'da verilmiştir. Ham kaolen için 12,477 mg numune kullanılmış olup 40 °C ile ~350 °C aralığında %1,373 (0,172 mg) oranında bir kütle kaybı meydana gelerek kalan numune 12,315 mg olarak ölçülmüştür. 650 °C'ye kadar olan kısımda ise %5,946 (0,742 mg) oranında bir kütle kaybı belirlenerek kalan numune 11,574 mg olarak ölçülmüştür. Üçüncü aşama ise 650 °C -800 °C aralığında gerçekleşmiş olup %2,421 (0,302 mg) düşüş ile kalan numune 11,27 mg olarak ölçülmüştür. Son aşama ise 800 °C sonrası gerçekleşmiş olup %1,948 (0,243 mg) düşüş ile kalan numune 11,026 mg olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda toplam 1,451 mg (~%11,63) kütle kaybı meydana geldiği belirlenmiştir.

MK-650 için 14,112 mg numune kullanılmış olup 40 °C ile ~450 °C aralığında %1,396 (0,197 mg) oranında bir kütle kaybı meydana gelerek kalan numune 13,926 mg olarak ölçülmüştür.

800 °C'ye kadar olan kısımda ise %3,029 (0,474 mg) oranında bir kütle kaybı belirlenerek kalan numune 13,499 mg olarak ölçülmüştür. Üçüncü aşama 800 °C ile ~900 °C aralığında gerçekleşmiş olup %1,003 (0,192 mg) düşüş ile kalan numune 13,357 mg olarak ölçülmüştür. Son aşama ise 900 °C sonrası gerçekleşmiş olup %0,697 düşüş ile kalan numune 13,258 mg olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda toplam 0,854 mg (~%6,05) kütle kaybı meydana geldiği belirlenmiştir.

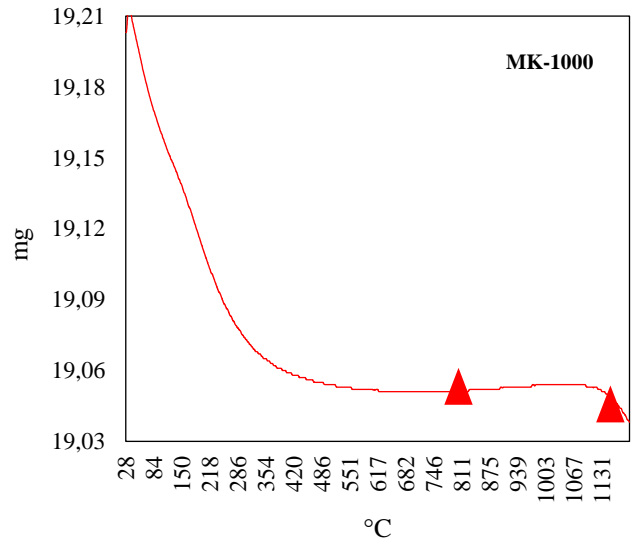
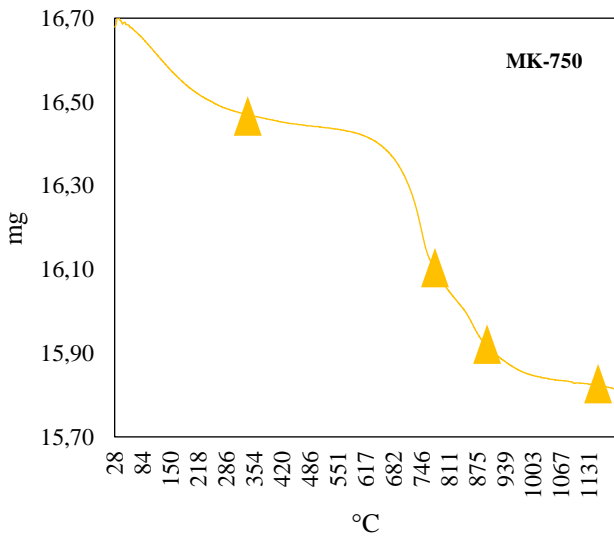
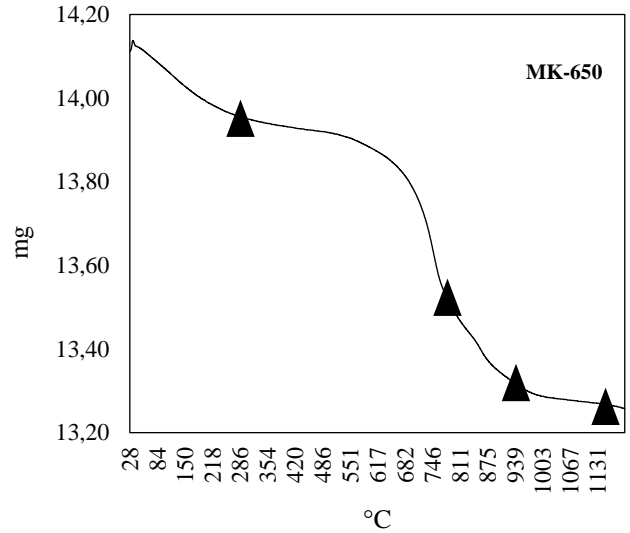
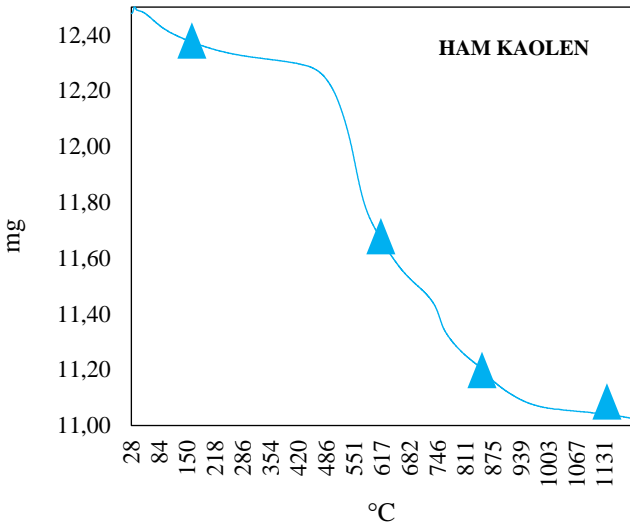
MK-750 için 16,679 mg numune kullanılmış olup ~425 °C değerine kadar %1,449 (0,242 mg) oranında bir kütle kaybı meydana gelerek kalan numune 16,451 mg olarak ölçülmüştür. 800 °C'ye kadar olan kısımda ise %2,312 (0,387 mg) oranında bir kütle kaybı belirlenerek kalan numune 16,064 mg olarak ölçülmüştür. Üçüncü aşama 800 °C ile ~925 °C aralığında gerçekleşmiş olup %1,022 (0,17 mg) düşüş ile kalan numune 15,893 mg olarak ölçülmüştür. Son aşama ise 925 °C sonrası gerçekleşmiş olup %0,476 düşüş ile kalan numune 15,814 mg

olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda toplam 0,865 mg (~%5,18) kütle kaybı meydana geldiği belirlenmiştir.

MK-1000 için 19,203 mg numune kullanılmış olup ~825 °C değerine kadar %0,799 (0,154 mg) oranında bir kütle kaybı meydana gelerek kalan numune 19,049 mg olarak ölçülmüştür. İkinci aşama ise 825 °C sonrası gerçekleşmiş olup %0,058 düşüş ile kalan numune 19,038 mg olarak ölçülmüştür. Analiz sonucunda toplam 0,165 mg (~%0,859) kütle kaybı meydana geldiği belirlenmiştir.

Termogravimetrik sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde metakaolen numunelerinde meydana gelen kütle kayıplarının ham numunelere kıyasla daha az olduğu görülmektedir. Ayrıca metakaolenlerde kalsinasyon sıcaklığının artmasına bağlı olarak toplam kütlede meydana gelen azalmanın daha düşük olduğu belirlenmiştir. MK-1000 haricinde diğer numunelerin tamamının analizi dört aşamada gerçekleşmiştir. İlk aşamada genel olarak yapıda bulunan serbest su molekülleri, nem ve kil tabakaları arasında yer alan katyonlara bağlı absorplanmış su molekülleri

uzaklaşmıştır. İkinci aşamada yapıda yer alan kil dışı mineraller ve organik bileşenler uzaklaşmıştır. Üçüncü aşama ise dehidroksilasyon sonucu meydana gelmiştir. Son aşamada ise yapıda yer alan CO₂ gazı uzaklaştırılmıştır. Buna bağlı olarak kütle kayıpları oluşmuştur. MK-1000 numunesi ise kalsinasyon işlemi esnasında kütle kayıplarının çoğunu gerçekleştirdiği için iki aşamada tamamlanmıştır. Kalsinasyon etkisinin metakaolen numunelerinin termogravimetrik özelliklerine etkisi incelendiğinde ise sıcaklığının artışı ile birlikte toplam kütle kaybının azaldığı görülmektedir. En yüksek % azalma ham kaolen numunesinde, en az MK-1000 numunesinde meydana geldiği belirlenmiştir. Bu sonuç, önceden kalsinasyon işlemi uygulanan numunelerde serbest su molekülleri ve kil dışı safsızlıklar ile organik bileşenlerin bir kısmının yapıdan uzaklaştığını ve termogravimetrik analizlerde etkilerinin düşük olduğunu göstermektedir.



Şekil 6. Numunelere Ait TGA Grafikleri

4. Sonuç

Yapılan çalışmada Sındırgı-Balıkesir bölgesine ait kaolen killerinden farklı kalsinasyon sıcaklıkları ile metakaolen elde edilmesi ve termak özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışmalar sonucunda ham ve kalsine numunelerin d_{10} , d_{50} ve d_{90} tane boyut dağılımlarında kalsinasyon sıcaklığına bağlı olarak artış meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum, oluşan yeni fazların güçlü bağ yapıları oluşturduğunu göstermektedir.

XRD sonuçları değerlendirildiğinde ise kalsinasyon ile birlikte kristobalit gibi yoğun kristal yapıli fazların oluştuğu belirlenmiştir. Ayrıca 1000 °C sonrasında mullit fazı oluştuğu ve refrakter malzeme halini aldığı belirlenmiştir.

Termogravimetrik analiz sonuçları değerlendirildiğinde ise ham, MK-650 ve MK-750 numunelerinde dört aşamalı kütle kaybı meydana gelmesine rağmen MK-1000 numunesinde iki aşamada sonuçlanmıştır. Bu durum kalsinasyon sonucu oluşan yapının termal stabilitesinin diğerlerine kıyasla daha yüksek olduğunu göstermiştir.

Yapılan çalışma sonucunda Sındırgı-Balıkesir bölgesi kaolenlerinin ham, 650 °C ve 750 °C kalsinasyonları sonucunda yapısında önemli değişimler meydana geldiğini; 1000 °C kalsinasyonda ise oluşturduğu yüksek kristal yapı ile refrakter malzeme olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Kaynakça

- [1] Erdem, B., 2004. Na-Bentonit Ve Organo-Bentonit Üzerine Boya Adsorpsiyonunun İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- [2] Kayıkçı, N., 1989. Eskişehir Yöresi Bentonitlerinin Yağ Ağartma Kapasitelerinin Belirlenmesi Ve Boyarmadde Adsorpsiyonlarının İncelenmesi. Anadolu Üniversitesi. Doktora Tezi, Eskişehir.
- [3] Erdoğan, Y., Kök, O. E. Production and Characterization of Nanobentonite from Sodium Bentonite with Mechanical Grinding, Fresenius Environmental Bulletin, 11, 28, 2019, pp. 8141-8150.
- [4] Hunter, R. J., 1982. The Flow Behavior of Coagulated Colloidal Dispersions. Advances In Colloid and Interface Science, 17(1):197.
- [5] Kök, O.E. Production and Characterization of NanoBentonite, MsC thesis, Iskenderun Technical University, 2017.
- [6] Anderson, R. L., Ratcliffe, I., Greenwell, H. C., Williams, P. A., Cliffe, S., and Coveney, P. V., 2010. Clay Swelling—A Challenge in the Oilfield. Earth-Science Reviews, 98(3-4): 201-216.
- [7] Tüysüz E., 2016. Çankırı-Eldivan Yöresi Bentonitinin Döküm Kalıp Kumu Özelliklerine Etkisinin İncelenmesi. İTÜ. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 69 s.
- [8] Belviso, C., Cavalcante, F., Niceforo, G., and Lettino, A., 2017. Sodalite, Faujasite and A-Type Zeolite From 2: 1dioctahedral and 2: 1: 1 Trioctahedral Clay Minerals. A Singular Review of Synthesis Methods Through Laboratory Trials at a Low Incubation Temperature. Powder technology, 320: 483-497.
- [9] Hancıoğlu Ç., 2015. Kaolin Ve Bentonit Türü Killerde Bulunan Silikaların Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 74 s.

- [10] Bezerril, L. M., de Vasconcelos, C. L., Dantas, T. N. C., Pereira, M. R., and Fonseca, J. L. C., 2006. Rheology of Chitosan-Kaolin Dispersions. Colloids and Surfaces A: Physicochemical Engineering Aspects, 287(1-3), 24-28.
- [11] Boch, P., and Niepce, J.C., 2007. Ceramic Materials – Processes, Properties and Applications. Antony Rowe Ltd., 592 s.
- [12] Bergaya, F., Theng, B.G. and Lagaly, G., 2006. Handbook of Clay Science. Elsevier Publications, Amsterdam, The Netherlands.
- [13] Çakır, A., 2004. Danaçayır (Sındırgı, Balıkesir) Bölgesindeki Kaolen Yatağının Jeolojisi ve Mineralojik İncelenmesi. Balıkesir Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir.



Design of Biomedical Wireless Inclinometer Device and Comparison of Measurements with Image Processing Method

Ahmet Çelik^{1*}, Eren Gül², Deniz Kaptan³, Ahmet Uslu⁴, Okan Üzer⁵, Bahadır Çokçetin⁶

¹Computer Technologies, Tavşanlı Vocational School, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6288-3182), ahmet.celik@dpu.edu.tr

²Electronics and Automation Technologies, Tavşanlı Vocational School, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye, (ORCID:0000-0002-7574-8406), eren.gul@dpu.edu.tr

³Electronics and Automation Technologies, Tavşanlı Vocational School, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye, (ORCID:0000-0002-6055-5038), deniz.kaptan@dpu.edu.tr

⁴Architecture and City Planning Technologies, Tavşanlı Vocational School, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye, (ORCID:0000-0001-8745-423X), ahmet.uslu1@dpu.edu.tr

⁵Therapy and Rehabilitation Technologies, Tavşanlı Vocational School of Health Services, Kütahya Health Sciences University, Kütahya, Türkiye, (ORCID 0000-0003-2375-9207), okan.uzer@ksbu.edu.tr

⁶Informatic Technologies, Rectorate, Kütahya Dumlupınar University, Kütahya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9652-9050), bahadir.cokcetin@dpu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188908)

REFERENCE: Çelik, A., Gül, E., Kaptan, D., Uslu, A., Üzer, O., Çokçetin, B. (2022). Design of Biomedical Wireless Inclinometer Device and Comparison of Measurements with Image Processing Method. *European Journal of Science and Technology*, (42), 46-51.

Abstract

The slope difference between the two surfaces is a physical magnitude that needs to be measured in areas such as physical therapy diagnoses, construction, machinery, geology, geophysics, sports sciences, orthopedics. One of the devices used to measure the inclination difference is the wireless inclinometer. The wireless inclinometer allows you to find the slope of a surface relative to the ground. Inclinometers are widely used as a biomedical device, especially in the field of physical therapy. The wireless inclinometer devices used in this area are imported products and their prices are very high compared to their costs. In this study, an electronic device prototype was produced that can wirelessly measure the inclination difference of an object according to its gravity reference, show the measurement on the screen as an angle value, and record it. To verify the data obtained through the device, the calibration of the inclinometer is carried out with the inclinometer device with an accuracy of 0.001 degrees used in the Geomatics Engineering. In this study; by making measurements on the designed wooden human model, the measurements found by the image processing method were compared with the measurements of the wireless inclinometer device. The smallest angle difference between the angle measured by the device and the angle measured by the image processing method was found to be 0.013 degrees. In this study, it is aimed to develop a cost-effective domestic design and production device with superior features of the designed inclinometers.

Keywords: Range of motion of the joint, Physiotherapy, Biomedical device, Inclinometer, Calibration, Image processing

Biyomedikal Kablosuz Eğim Ölçer Cihaz Tasarımı ve Ölçümlerinin Görüntü İşleme Yöntemi ile Karşılaştırılması

Öz

İki yüzey arasındaki eğim farkı, fizik tedavi tanılarında, inşaat, makine, jeoloji, jeofizik, spor bilimleri, ortopedi gibi alanlarda ölçmeye ihtiyaç duyulan fiziksel bir büyüklüktür. Eğim farkını ölçmede kullanılan cihazlardan birisi ikili dijital eğim ölçerdir. İkili dijital eğim ölçer, iki yüzeyin yere göre yaptığı açılar arasındaki farkı tek seferde bulmayı sağlamaktadır. Eğim ölçer cihazları biyomedikal bir cihaz olarak özellikle fizik tedavi alanında yaygın kullanılmaktadır. Bu alanda kullanılan kablosuz eğim ölçer cihazları ithal ürünler olup fiyatlarının maliyetlerine oranla çok yüksek olduğu görülmektedir. Bu çalışmada, bir nesnenin yer çekimi referansına göre eğim farkını kablosuz olarak ölçen, ölçümü açı değeri olarak ekranda gösteren, kaydedebilen bir elektronik cihaz

prototipi üretilmiştir. Cihaz üzerinden elde edilen verileri doğrulamak için eğim ölçer cihazının kalibrasyonu, harita mühendisliğinde kullanılan 0.001 derece hassasiyete sahip eğim ölçer cihaz ile yapılmıştır. Bu çalışma içerisinde; tasarlanan ahşap insan modeli üzerinde ölçümler yapılarak, kablosuz eğim ölçer cihaz ölçümleri ile görüntü işleme yöntemiyle bulunan ölçümler kıyaslanmıştır. Cihazın ölçtüğü açı ve görüntü işleme yöntemiyle ölçülen açı arasındaki en küçük açı farkı 0.013 derece bulunmuştur. Bu çalışmada, tasarlanan eğim ölçer cihazı daha üstün özelliklerde uygun maliyetli yerli tasarım ve üretim cihaz geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Eklem hareket açıklığı, Fizik tedavi, Biyomedikal Cihaz, Eğim ölçer, Kalibrasyon, Görüntü işleme

1. Introduction

Today, in the field of physical therapy, the joint range of motion of the patients is measured manually with the device called goniometer. This situation both creates a loss of time and increases the possibility of incorrect measurement.

Keskinoglu and Aydın (2021), in their study; they have designed a low-cost, wireless and wearable electronic goniometer for highly accurate and accurate measurements. The stability of the measurements obtained using the Quaternion-based Kalman filter was determined and the measurements of the developed system were compared with the traditional goniometer. In addition, the Graphical User Interface (GUI) is designed to give visual feedback to the physiotherapist during physical therapy in real time by performing 3D visualization of movements and to analyze the measurement values respectively.

Meng et al. (2016) in their study, reported a 60% reduction in root-mean-quadratic error from 2.20 degrees to 0.87 degrees in human-joint angle measurement data obtained using a personal wireless sensor network. The operation of the device designed in the study is based on the monitoring of data received from the worn wireless inclination sensors.

Yang et al. (2013) in their study, they proposed a robust inclination meter system using three single-axis micro-electromechanical system accelerometers and three single-axis flow gate sensors. In the study; three precision axis sensor models are formulated and calibrated using a simple and effective linear model of tilt and azimuth. To improve the accuracy of the proposed model, two different optimal solutions are presented to minimize systematic error. To solve the problems, the internal reflective Newtonian method and the sequential quadratic programming method were used, respectively. In experimental results; in our applied measurement range (0–120), the maximum tilt angle error was 0.09 and in the measurement range (0–360) the maximum azimuth angle error was 0.4 degrees.

Daponte et al. (2018) in their study; they have proposed a new calibration method based on stereo vision for position alignment of Inertial Measurement Unit (IMU) sensors used in human motion tracking systems. In the study, the person to be monitored was fitted with IMU sensors. In addition, visual markings were placed on both IMU sensors and some turning points in the body joints, obtaining data from a static stereo image. The obtained measurement is verified by applying the calibration method on the values, comparing them with an inclinometer and a laser rangefinder.

Won and Golnaraghi (2010) in their study; introduced a new three-axis accelerometer calibration method. The basic principle

of the proposed calibration method is that the sum of the three-axis accelerometer outputs is equal to the gravity vector when the accelerometer is stationary. The goal of the proposed method is to place the three-axis accelerometer at six different tilt angles to predict six calibration parameters. The proposed calibration method was also experimentally tested with two different three-axis accelerometers, and the results were verified using a mechanical inclinometer. According to the results they obtained; the proposed method is able to accurately predict the factors of earnings and biases, even when the initial estimates are not close to the real values.

In their study, Jovanovic and Enright (2020), investigated different inclination gauge models to predict the angle of rotation, and now different calibration models to solve the error. The methods developed in the study tested the successes of different models and the developed method is confirmed. In the study, two inclination meters using two different technologies, micro electromechanical system (MEMS) and electrolytic system are used to obtain measurements.

In their study, Wang et al. (2019) calculated the angular slope of human limb muscle sequences by examining ultrasound images. The data obtained from these calculations were used in clinical diagnosis and treatments.

In their study, Liu et al. (2019) calculated the angle between limb and rod using image processing methods using a stabilization bar. The results obtained can be applied in orthopedic treatment methods with low cost and high success rate.

When the world height averages are considered, it is seen that men and women have different measurements. Average height lengths can vary between continents and even between countries. According to 2019 data, the average length of men and women in Turkey is 170.65 cm (NCD Risc, 2017).

In this study, after the design, production and calibration of wireless inclination meter; measurements are carried out on the wooden model, which is designed in average human dimensions to compare the results. The results obtained are compared with the slope measurements calculated using image processing techniques and the results are evaluated.

2. Material and Method

The method applied in this study is shown on Figure 1. On the human model, the joint range of motion was calculated both with the data obtained from the designed wireless measuring device and with the image processing algorithm. In the last step, these values were compared.

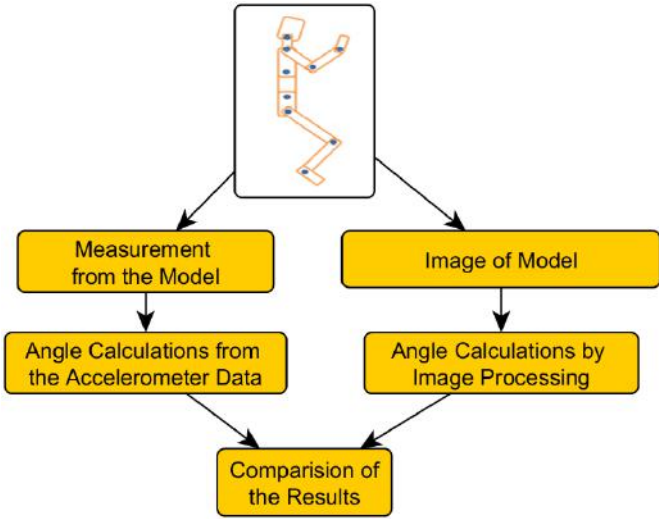


Figure 1. Flow chart of the study

Angle values are found with a similar calculation in both methods. The accelerations of 3-axis accelerometer are evaluated as follows; the acceleration measured by the axis parallel to the gravity is taken as y, the acceleration measured by the axis perpendicular to the gravity and the movement axis of the device is taken as x. In the image processing algorithm, the vertical distance between the reference points on the wooden human model is taken as y and the horizontal distance as x. Equation (1) is used to find the angle value. This equation is detailed in the image processing method section.

$$Angle = \tan^{-1}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (1)$$

2.1. Structure of the Wireless Inclinometer Device

The wireless inclinometer device designed in this study consists of two structures, hardware and software. The electronic circuit of the inclinometer device is shown in Figure 2. The inclinometer circuit includes accelerometer, microcontroller, wireless communication module and battery. The display circuit includes microcontroller, wireless communication module and computer interface.

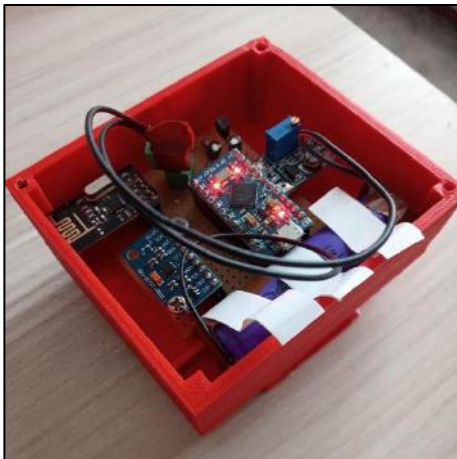


Figure 2. Inclinometer circuit (project archive 121E424)

The slope values measured -with the help of sensors- by the inclinometer device are sent to the receiver circuit wirelessly. e-ISSN: 2148-2683

The measured values are recorded with the help of the signal receiver circuit integrated into the computer system. The wireless receiver circuit integrated into the computer system with the help of the USB bus is shown in Figure 3.

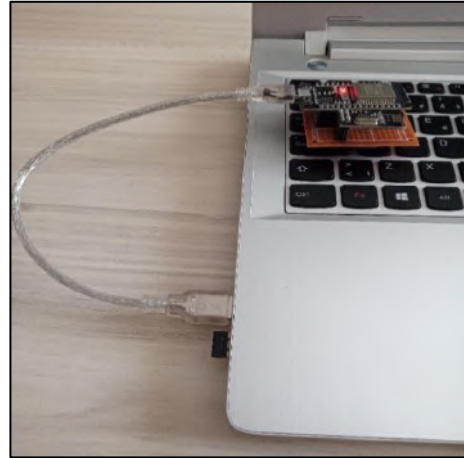


Figure 3. Signal receiver circuit integrated into the computer system (project archive no. 121E424)

The measurements taken are shown in an interface program written in C# programming language. This interface program is shown in Figure 4.

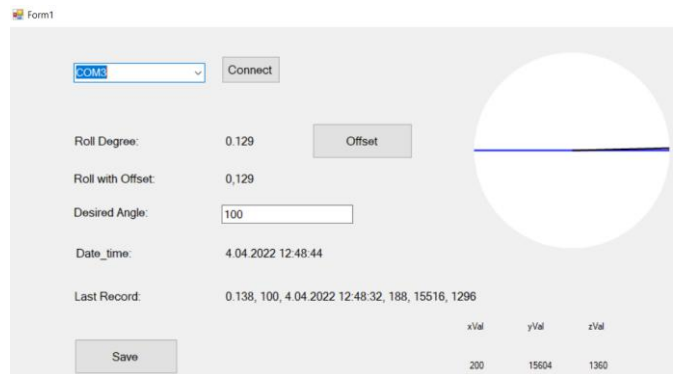


Figure 4. Computer interface program (project archive 121E424)

In the interface program, the "Roll Degree" value is the measurement in degrees from the slope measuring circuit. An "offset" value is obtained by pressing the Offset button. This value is subtracted from the Roll Degree value and displayed on the screen, and the value in grad measured from the inclination measuring device is written in the "desired angle value (Grad)" section. In the last stage, the date and time information of the measurement and the last recorded data.

The "xVal", "yVal", "zVal" values are the acceleration values of the axes coming from the inclinometer circuit. In the user interface, the circular display shows the horizontal direction of the slope measuring circuit. When the Save button is pressed, all values are saved in a file with a ".txt" extension.

The inclinometer circuit is mounted on the inclinometer used in Geomatics Engineering for calibration. In this way, the measurements measured by the two devices were compared and calibrated using the curve fitting method.

2.2. Calculation of Tilt Angle with Image Processing Method

In the method used in the study, first the reference points (red, green and blue) were determined for image processing and then the lines passing through the center of these reference points were found. The horizontal and vertical line lengths to the center point to be used in the angle calculation are calculated using the horizontal and vertical distances passing over the reference points. The colors for the reference points in the study were chosen randomly and the same colors were used on the real model.

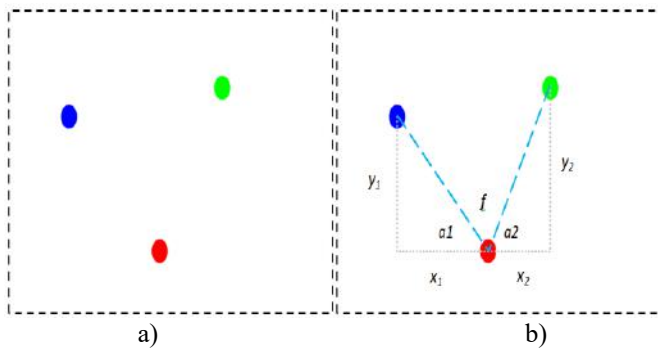


Figure 5. Displaying the angle between the reference points a) Reference points b) Distances of the reference points used for the angle calculation to the center point

Figure 5.a shows the reference points on the image. Red, green and blue colored objects were used to represent these points. In Figure 5.b, the horizontal vertical distances to the red center point and the angles between the lines passing through the red intersection point are shown. The angle calculations in Figure 5.b are shown on Equations 2, 3 and 4.

$$a1 = \tan^{-1} \left(\frac{y_1}{x_1} \right) \quad (2)$$

$$a2 = \tan^{-1} \left(\frac{y_2}{x_2} \right) \quad (3)$$

$$f = 180 - (a1 + a2) \quad (4)$$

y_1 and y_2 values show the vertical distances to the red reference point, x_1 and x_2 values show the horizontal distances to the red reference point. Angle a_1 shows the angle between the line drawn between the blue and the red points and the horizontal line passing through the red point, the angle a_2 shows the angle between the line drawn between the green and the red points and the horizontal line passing through the red point. Angle f represents the angle between the two lines.

2.3. Two-dimensional Human Model Designed for Measurement

The aim of this study is to follow the treatment processes in the field of physiotherapy. In the first stage, the 2-dimensional drawing of the model created by using the average dimensions of the real human model for the application of the designed device and the wooden model design are shown on Figure 6.

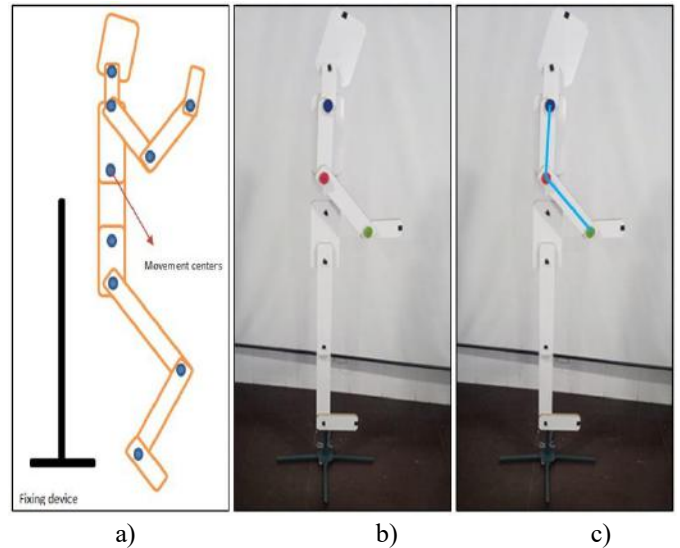


Figure 6. Designed 2D model and reference points a) Drawing of the designed model b) Wooden form of the designed model c) Determination of reference points on the designed wooden model by image processing method and display of lines for slope (project archive no 121E424)

3. Results

The measurement values obtained after the calibration of the wireless inclinometer device were quite close to the real values. The difference between the actual value and the value measured by the wireless inclinometer device was found to be between -0.5 and +0.5 degrees. The highest difference measured was 0.356 degrees, and the lowest difference value was -0.02 degrees.

The success of the inclinometer device, which is calibrated and has a relatively small sensitivity value, on the designed wooden human model has been tested with the software designed using image processing techniques. The table of 4 different angle measurement values obtained using the image processing interface is given in Table 1.

The measured values are the smallest precision measurement values obtained from the head-neck and elbow regions of the designed wooden model. Calculations were made by converting image resolutions to 600x600 pixels. Measurements were made with the software developed by marking the red, green and blue points on the neck and elbow regions of the wooden model, which was viewed with the help of the camera.

Table 1. Slope measurement results obtained by image processing method

Apart of Body	Size of Image	Image	Angle Measured by Image Processing	Real Angle Measured by Device	Difference
Neck	600x600	1.jpg	50.689	50	0.689
Neck	600x600	2.jpg	49.262	50	-0.737
Neck	600x600	3.jpg	49.861	50	-0.138
Neck	600x600	4.jpg	50.140	50	0.140
Neck	600x600	5.jpg	50.129	50	0.129

Neck	600x600	6.jpg	80.483	80	0.483
Neck	600x600	7.jpg	80.695	80	0.695
Neck	600x600	8.jpg	79.215	80	-0.784
Neck	600x600	9.jpg	80.013	80	0.013
Neck	600x600	10.jpg	79.261	80	-0.738
Elbow	600x600	11.jpg	40.411	40	0.411
Elbow	600x600	12.jpg	39.768	40	-0.231
Elbow	600x600	13.jpg	39.948	40	-0.051
Elbow	600x600	14.jpg	39.296	40	-0.703
Elbow	600x600	15.jpg	39.800	40	-0.199
Elbow	600x600	16.jpg	59.743	60	-0.256
Elbow	600x600	17.jpg	60.115	60	0.115
Elbow	600x600	18.jpg	60.091	60	0.091
Elbow	600x600	19.jpg	59.893	60	-0.106
Elbow	600x600	20.jpg	60.221	60	0.221

The measurement graph of 4 different angles obtained using the image processing interface, the angles calculated by image processing (Measured Angle: M_A) and the angles measured by the developed wireless inclinometer device (Real Angle: R_A) values are shown in Figure 7. According to the measurement results made with this technique, negative or positive deviations were observed. In the tests performed, many measurements were made and the data of the images -in which the 4 angles were calculated closest to the real angle value- were evaluated. In the study, the real angle and the tilt angle differences obtained by the image processing method were compared. As a result, the smallest angle difference was determined as 0.013 degrees in the neck region, where the true angle value is 80 degrees. The largest angle difference was obtained as 0.784 degrees in the neck region, with the true angle value of 80 degrees.

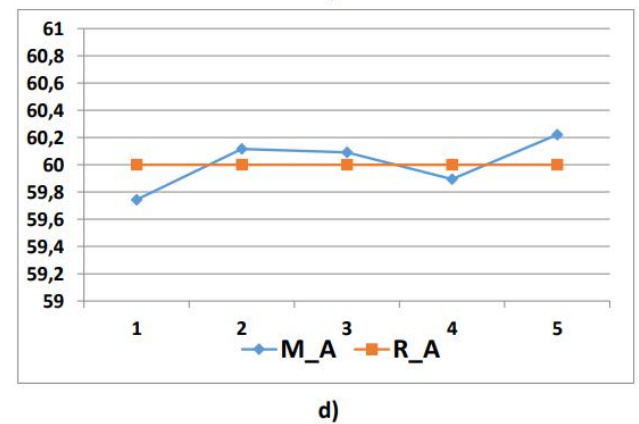
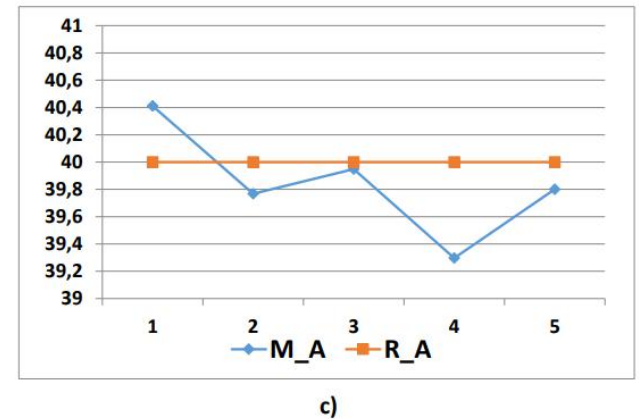
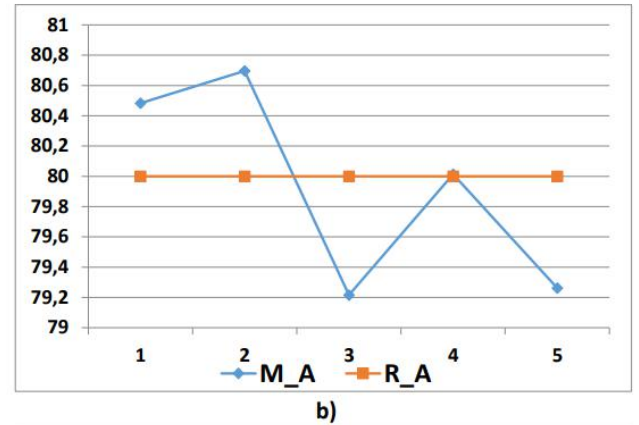
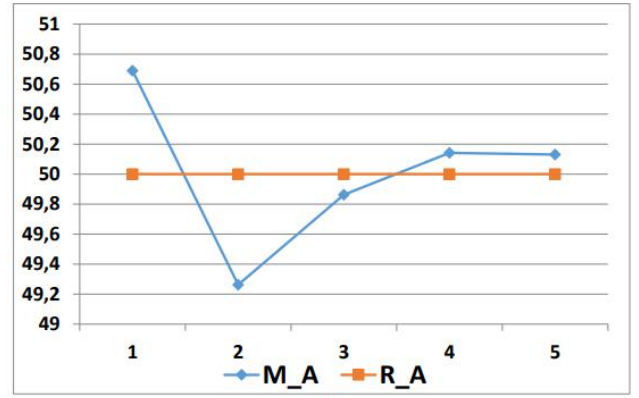


Figure 7. Measurement results obtained according to image processing techniques a) Neck region 50 degrees b) Neck region 80 degrees c) Elbow region 40 degrees d) Elbow region 60 degrees

4. Discussion

In this study, a wireless inclinometer circuit that can be used in physical therapy and diagnostic procedures is designed and an angle value can be measured relative to the horizontal axis using this circuit.

Wireless inclinometer circuit is calibrated using an inclinometer used in Geomatics Engineering. As a result of the calibration, measurements were made with less than 0.5 degree of error.

The results obtained were tested on the wooden model and the results were recorded. The measurements taken on the wooden model were confirmed by the measurements made using image processing techniques. It is seen that the error rates are small relative to conventional inclinometers used for this purpose.

In this study, the designed device consists of hardware and software interface. The software interface differs from its counterparts thanks to its user-friendly measurement recording feature and web interface. The use of image processing technique in slope calculations and the comparison of the measurement results with the designed device made this study unique. The light intensity of the working environment is of great importance in measurements made with image processing techniques.

5. Conclusion

As a result, the designed device has become usable on real cases and the measurement results have been verified. In future studies, the device will be introduced in cooperation with health institutions and feedback from employees is expected about its use.

Acknowledgment

This study was carried out with the support of project number 121E424 supported by TUBITAK (Scientific and Technological Research Council of Turkey).

References

- Daponte, P., De L., Vito, Lamonaca, F., Mazzilli, G., Picariello F. and Tudosa, I. (2018). A Stereo Vision Method for IMU-based Motion Tracking Systems Calibration, *In IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA), 2018*, pp. 1-6, doi: 10.1109/MeMeA.2018.8438815.
- Jovanovic I. and Enright, J. (2020), Modeling and Calibration of Wide Range of Motion Biaxial Inclinometers for Celestial Navigation. *In IEEE 7th International Workshop on Metrology for AeroSpace (MetroAeroSpace)*, 136-141.
- Keskinoğlu, C., & Aydın, A. (2021). Wearable wireless low-cost electrogoniometer design with Kalman filter for joint range of motion measurement and 3D modeling of joint movements. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers. Part H, Journal of engineering in medicine*, 235(2), 222–231, <https://doi.org/10.1177/0954411920971398>
- Liu, K., Nagamune K. and Oe, K. (2019). Angle Measurement of Two Rods in External Fixation Bracket Based on Image Processing. *1st International Conference on Electrical,*

- Control and Instrumentation Engineering (ICECIE)* (pp. 1-6), 2019 doi:10.1109/ICECIE47765.2019.8974750.
- Meng, D., Shoepe T., and Vejarano, G. (2016). Accuracy Improvement on the Measurement of Human-Joint Angles, in *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 20(2), 498-507, doi: 10.1109/JBHI.2015.2394467.
- NCD Risk Factor Collaboration, Distribution - Height > Height > Data Visualisations > NCD-RisC (ncdrisc.org) [Online]:<https://www.ncdrisc.org/height-mean-distribution.html> [Access Date:12.09.2022]
- Wang, X., Zhao, XF., Liu, C., Guo F. and J. Guo, (2019), Automatic Detection and Pennation Angle Measurement of Muscle Fascicles in Ultrasound Images Using Belt Linear Summation Transform. in *IEEE Access*, 7, 174391-174399, doi:10.1109/ACCESS.2019.2957123.
- Won, SP. and Golnaraghi, F. (2010). A Triaxial Accelerometer Calibration Method Using a Mathematical Model, *In IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 59(8), 2144-2153, doi: 10.1109/TIM.2009.2031849.
- Yang, W., Fang, B., Tang, YY., Qian, J., Qin X., and Yao, W. (2013). A Robust Inclinometer System With Accurate Calibration of Tilt and Azimuth Angles," in *IEEE Sensors Journal*, 13(6), 2313-2321, doi: 10.1109/JSEN.2013.2252891.



Covid-19 Virüsü Bulaş Riskini Etkileyen Parametrelerin Bulanık Mantık ile Değerlendirilmesi

Gül Fatma Türker^{1*}, Kubilay Tanyeri²

^{1*} ² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Isparta, Türkiye, (ORCID: [0000-0001-5714-5102](https://orcid.org/0000-0001-5714-5102)), gulturker@sdu.edu.tr

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Isparta, Türkiye, (ORCID: [0000-0003-4860-2265](https://orcid.org/0000-0003-4860-2265)), kubilaytanyeri@gmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188814)

ATIF/REFERENCE: Türker, G.F., Tanyeri K., (2022). Covid-19 Virüsü Bulaş Riskini Etkileyen Parametrelerin Bulanık Mantık ile Değerlendirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, (42), 52-60.

Öz

2019 Aralık ayında Çin'de çıktığı düşünülen ve pek çok kişinin ölümüne sebep olan Covid-19 virüsü etkileri sonucunda 2020 Mart ayından itibaren Dünya Sağlık Örgütü (WHO-World Health Organization) tarafından 2020 yılı tüm dünyada küresel pandemi yılı ilan edilmiştir. Covid-19 salgınının dağılımı ve sonuçları iklimlere, bölgelere, demografik yapıya, nüfusa, hijyen şartlarına ve bulaş durumunda farklılıklar göstermektedir. Hastalığın damlacık ve temas yoluyla insandan insana bulaştığı bilimsel araştırmalarla kanıtlanmıştır. Covid-19 salgınına engelleyecek aşı çalışmaları sürdürülmektedir. Uzun bir müddet normal yaşam düzenine dönülmesinin mümkün olmadığı, insanların aşılansalar bile bütün önlemlere aynı titizlikle uymaları gerektiği görülmektedir. İş yerlerinde sosyal mesafe olmadan çalışmak zorunda kalanların, toplu alanlarda bir arada bulunmak zorunda kalanların Covid-19 virüsüne yakalanma riskleri daha yüksektir. Bu nedenle, virüsün toplum içerisinde yayılmasını engelleyecek en önemli tedbirler hijyen, sosyal mesafeyi koruma, karantinada kalma ve maske takma olarak otoriteler tarafından belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu çalışmada maske kullanımının, kapalı ortamda kalma süresinin ve ortamın havalandırılmasının Covid-19 salgını bulaş riski üzerinde etkileri araştırılmış ve bu parametrelerin birbiriyle olan ilişkileri bulanık mantık (Fuzzy logic) yöntemiyle değerlendirilmiştir. Covid-19 virüs bulaş riskini minimum seviyeye indirebilecek ve maksimum seviyeye çıkarabilecek durumlar tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Covid-19, bulanık mantık, bulaş riski, maske kullanımı, sosyal mesafe

Evaluation of the Parameters Affecting the Risk of Contamination of the Covid-19 Virus with Fuzzy Logic

Abstract

As a result of the effects of the Covid-19 virus, which is thought to have emerged in China in December 2019 and caused the death of many people, 2020 has been declared a global pandemic year by the World Health Organization (WHO) as of March 2020. The distribution and consequences of the Covid-19 epidemic vary according to climates, regions, demographic structure, population, hygiene conditions and contamination. It has been proven by scientific research that the disease is transmitted from person to person through droplets and contact. Vaccine studies are continuing to prevent the Covid-19 epidemic. It is seen that it is not possible to return to normal life for a long time, and that people should follow all precautions with the same meticulousness even if they are vaccinated. Those who have to work without social distance in their workplaces and those who have to be together in public areas are at higher risk of contracting the Covid-19 virus. For this reason, the most important measures to prevent the spread of the virus in the community have been determined by the authorities as hygiene, maintaining social distance, staying in quarantine and wearing a mask. Accordingly, in this study, the effects of mask use, duration of stay in the closed environment and ventilation of the environment on the risk of transmission of the Covid-19 epidemic were investigated, and the relationships between these parameters were evaluated with the fuzzy logic method. Situations that can minimize the risk of Covid-19 virus transmission and maximize it have been identified.

Keywords: Covid-19, fuzzy logic, use of mask, social distance, risk of transmission

* Corresponding Author: gulturker@sdu.edu.tr

1. Giriş

COVID-19 (koronavirüs hastalığı 2019) olarak adlandırılan salgın hastalık, Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) tarafından 12 Mart 2020'de küresel pandemi olarak ilan edilmiştir (WHO-2020). Salgın hastalığın temel kaynağı net olarak tesbit edilememiştir. Fakat, hayvanlar üzerinde yapılan genetik incelemeler sonucu, önceden yarasalarda bulunan bu virüsün, değişime uğrayıp pangolin isimli karıncayiyen türü gibi hayvanlara konak olarak yerleştiği tesbit edilmiştir. Covid-19 salgın hastalığın temel kaynağı olarak öne sürülen Çin ve Güneydoğu Asya'daki hayvan pazarlarında satılan hayvanlar üzerinde mutasyona uğrayan bu virüsün insanlara bulaşma özelliği kazandığı düşünülmektedir (Zhang vd., 2020). Buna ek olarak, SARS-CoV-2 ve buna bağlı virüslerin genetik dizilimleri üzerinde yapılan incelemelerde, salgın hastalıklara sebep olan virüslerin laboratuvar ortamında tasarlanıp üretildiğine veya başka bir şekilde yapay ortamlarda hayat bulduğuna dair hiçbir kanıt rastlanılmamıştır (Lv vd. 2020). Salgının yayılımı ve etki sonuçları, sıcaklık, nem, hane halkı sayısı, hijyen durumu, bağışıklık durumu, virülans faktörleri demografik nüfusun özellikleri, virüsün enfeksiyon bulaşma yeteneği, beslenme durumu, sigara kullanımı, patojenite, mevsim şartları, bulaşma yolu, eşlik eden hastalıkların prevalansı, sağlık birimlerine erişim ve izolasyon sınırı, bulaşabilirlik özellikleri, vb. gibi çeşitli etmenlere göre değişim göstermektedir (Akın ve Gozel, 2020).

Covid-19 virüsü temelde yaklaşık iki metreden yakın uzaklıkta ve damlacık yoluyla insandan insana bulaşmaktadır. Bununla birlikte Covid-19 virüsü taşıyan insanların, hapşırma ve öksürme sebebiyle ortama yaydıkları damlacıklara Covid-19 virüsü taşımayan negatif insanların ellerini bu damlacıklara temas ettirmesi sonrasında ellerini ağız, burun veya gözlerine götürmesi sonucunda veya bu damlacıklara başka yollarla maruz kalması ile bulaşmaktadır. Asemptomatik kişilerin solunum yolu salgılarında da Covid-19 virüsü tesbit edildiğinden bulaştırıcı olabilmektedir (Anonim 1, 2020 - Anonim 2, 2020).

Henüz COVID-19 virüsüne karşın tam anlamıyla etkili olan bir tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Fakat aşılama yöntemiyle virüsün etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır. Bununla birlikte tedavi ve aşılamanın daha etkili olabilmesi ile ilgili çalışmalar devam etmektedir. Virüsün toplum arasında yayılmasını önleyecek en önemli etmenler, sosyal mesafe, el hijyeni ve karantinedir. Daha fazla yayılmayı engellemek için erken tanı, izolasyon ve erken tedavi kritik önem taşımaktadır (Guan vd., 2020 – Sun vd., 2020) Önleyici strateji yöntemleri, hastaların karantinası ve pozitif bir hastaya erken teşhis ve klinik bakım tedariği aşamasında alınması gereken uygun tedbirler dahil olmak üzere dikkatli enfeksiyon kontrolüne odaklanır (Guner vd., 2020).

Covid-19 virüs bulaş riskini etkileyen parametrelerin birbirleriyle olan ilişkisinin incelendiği bu makalede bulanık mantık yöntemi, günlük hayatta kullanmış olduğumuz birçok terimi içerisinde barındırmaktadır. Bir olayı açıklarken, bir tanımlama yaparken veya bir komut verirken kullandığımız sözel veya sayısal ifadeler bulanıklık içerebilmektedir. Bunlara örnek olarak yaşlı, genç, uzun, kısa, soğuk, sıcak, ılık, bulutlu, parçalı bulutlu, güneşli, hızlı, yavaş, çok, az, biraz, fazla, çok az, çok fazla gibi daha bek çok sözel terim gösterilebilir. Kişilerin yaşlarını belirlerken onlara genç, orta yaşlı, ihtiyar vb. gibi terimler kullanılır. Yolun kayganlık ve rampa durumuna göre arabanın gaz veya fren pedalına biraz daha yavaş veya biraz daha hızlı basılır.

Çalışılan odanın ışığı yetersiz ise onu biraz artırır, yeterinden fazla ise biraz azaltılır. Bütün bunlar insan beyninin belirsiz ve kesinlik içermeyen durumlarda nasıl davrandığına ve olayları nasıl değerlendirip, tanımlayıp, komut verdiğine dair birer örnektir (Altaş, 1999).

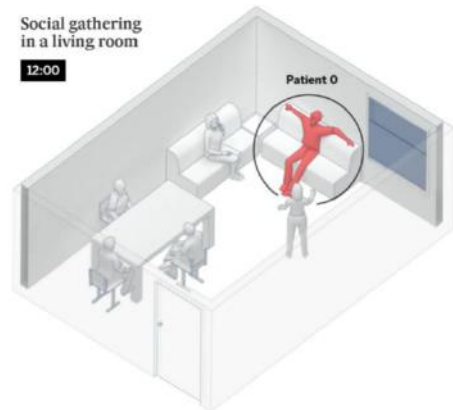
Covid-19 virüs bulaş riskini artıran parametrelerden olan maske takma oranı, kapalı ortamda kalma süresi ve kapalı ortam havalandırma süresi oranı bulanık mantık yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu parametrelerden, maske takma oranı ve kapalı ortam havalandırma süresi yüzde olarak, kapalı ortamda kalma süresi ise [0-4] saat aralığında ifade edilmiş ve az, yüksek, orta olarak tanımlanmıştır. Bu değerlerin kesin net değerler içermediğinden, kesin değerlerinin sayısal olarak net belirtilemeyeceğinden bu parametrelerin birbirleriyle ilişkisinde bulanık mantık kavramından yardım alınmıştır.

2. Meteryal and Metod

2.1. Covid-19 Bulaş Riski Parametreleri

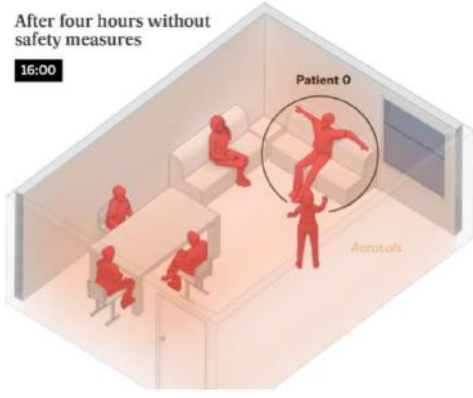
Covid-19 sürecinin başlamasından bu yana geçen süre içerisinde toplumu oluşturan bireyler virüsten nasıl korunması gerektiğini zaman içerisinde öğrenmişlerdir. Ancak yapılan araştırmalarda Covid-19 virüsüne karşı alınması gereken tedbirler konusunda bireylerin gereken önemi göstermediği ortaya çıkmaktadır. Özellikle kış aylarında daha fazla kapalı alanlarda geçirilecek zamanlar daha fazla önem taşımaktadır. Maske takma, kapalı ortamın havalandırması, kapalı ortamda geçirilen süre arasındaki korelasyon nasıl olmaktadır bu incelenecektir.

İspanya'da yapılan bir araştırmadan yola çıkarak 4 kişilik bir aile ele alınmıştır (Anonim 3, 2020). Bu aileye 2 kişilik bir misafir grubu gelmekte ve bu misafirlerden birisi Covid-19 virüsünü taşımaktadır. Ancak enfekte olan kişi bunun farkında değildir. Bu yaklaşımda 4 saatlik bir misafirlik süresinin sonunda ne olduğu incelenmiştir.



Şekil 1. Misafirlikte bir araya gelen aile (1 kişi enfektedir)
(Anonim 3, 2020)

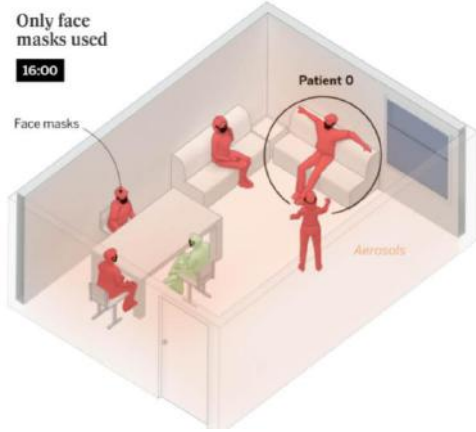
Yapılan araştırmalar aile ve arkadaşlar arasındaki ev toplantılarının virüs yayılımında %50 etkili olduğunu gösteriyor. Şekil 1'de 6 kişiden birisinin Covid-19 virüsünü taşıdığı görülmektedir.



Şekil 2. Maskesiz bulunulan ortam (Anonim 3, 2020)

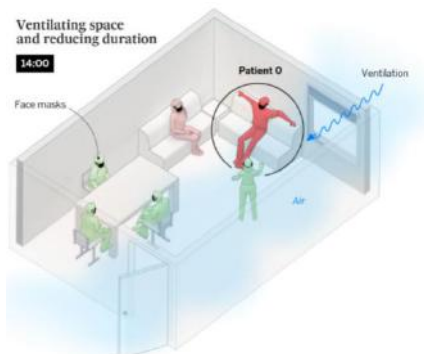
Güvenli mesafelerin korunup korunmadığına bakılmaksızın, altı kişi, havalandırması olmayan kapalı bir odada yüz maskesi takmadan birlikte dört saat yüksek sesle konuşarak geçirirse, metodolojide açıklanan bilimsel modele göre beş kişi enfekte olacaktır.

Sadece maskeler takıldığında enfeksiyon riski büyük ölçüde devam etmektedir. Araştırmalara göre dört saat gibi uzun bir sürede maskelerin bir etkisi olmadığı bilinmektedir. Virüs yüzde 80 oranında diğerlerine de bulaşmaktadır. Şekil 3'te Covid-19 virüsünün 1 kişiye bulaşmadığı görülmektedir.



Şekil 3. Maske takılıyor ancak ortam havasız, süre 4 saat (Anonim 3, 2020)

Şekil 4'te herkes maske taksın, ziyaret iki saat sürse ve oda sürekli havalandırılırsa bile virüsün bir kişiye de olsa bulaştığı görülmektedir.

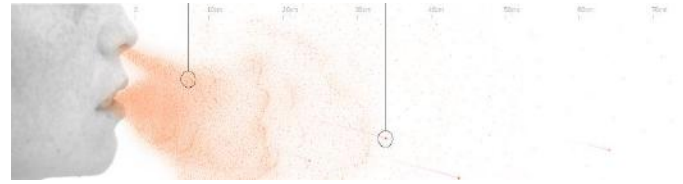


Şekil 4. Maske var, oda havalı ve misafirlik 2 saat (Anonim 3, 2020)

Covid-19 virüsü hava yoluyla, özellikle kapalı alanlarda yayılmaktadır. Kızamık kadar bulaşıcı olmasa da, bilim adamları artık aerosollerin (enfekte bir kişi tarafından solunan ve kapalı bir ortamın havasında asılı kalan küçük bulaşıcı parçacıklar) iletilmesinin oynadığı rolü açıkça kabul etmişlerdir (Anonim 3, 2020). Damlacıkların iletimi ve durdurulması üzerine çalışmalar sürdürülmektedir. Şekil 5'te aerosoller ve damlacıkların boyutları ve durumları belirtilmiştir.

Bunlar 300 mikrometreden daha büyük olan ve hava akımları nedeniyle saniyeler içinde yere düşen parçacıklardır.

Bunlar, çapı 100 mikrometreden küçük olan ve havada saatlerce asılı kalabilen solunum damlacıklarıdır.



Şekil 5. Aerosoller ve damlacıklar (Anonim 3, 2020)

Şu anda sağlık yetkilileri, Covid-19 virüs bulaşmasının üç yolunun olduğunu belirtmektedirler: Konuşma veya öksürükten kaynaklanan küçük aerosollerin ve damlacıkların yakınlarda duran insanların gözlerine, ağızına veya burunlarına ulaşması sonucu Covid-19 bulaş gerçekleşmektedir. Enfekte bir kişi tarafından solunan görünmez bulaşıcı parçacıkların solunması, bir kez ağızdan çıktıktan sonra sigara içmeye benzer şekilde davranır. Havalandırma olmadan, aerosoller havada asılı kalır ve zaman geçtikçe giderek daha yoğun hale gelir. Havasız ortamda, aerosoller havada asılı kalır ve zaman geçtikçe giderek daha konsantre hale gelir (Anonim 3, 2020).

2.1.1. Covid-19 Bulaş Riskini Etkileyen Etmenlerin Matlab Programında Giriş,Çıkış Parametrelerinin Değerlendirilmesi

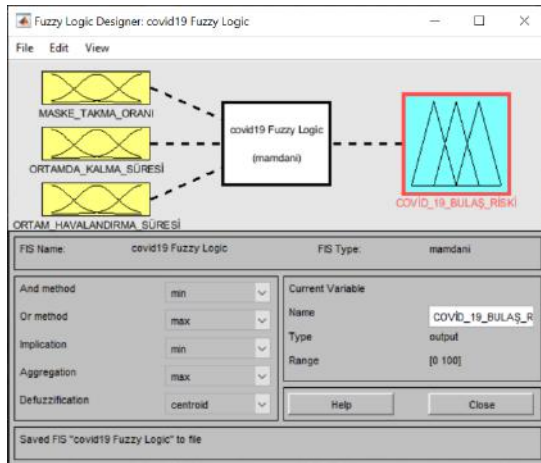
Covid-19 virüsü bulaş parametresi olan II. bölümde verilen durumlardaki verilerden yola çıkarak Matlab programına bulanık mantık yöntemini uygularken giriş ve çıkış değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Maske takma oranı "az, orta, yüksek" olarak, 1.sütunda, kapalı ortamda kalma süresi "az, çok" olarak 2.stünda, ortamı havalandırma "az, orta, çok" olarak 3.sütunda, Covid-19 yakalanma riski "çok az, az, yüksek ve çok yüksek riskli" olarak 4. Sütunda verilmiştir.

Şekil 6. Maske var, oda havalı ve misafirlik 2 saat (Anonim 3, 2020)

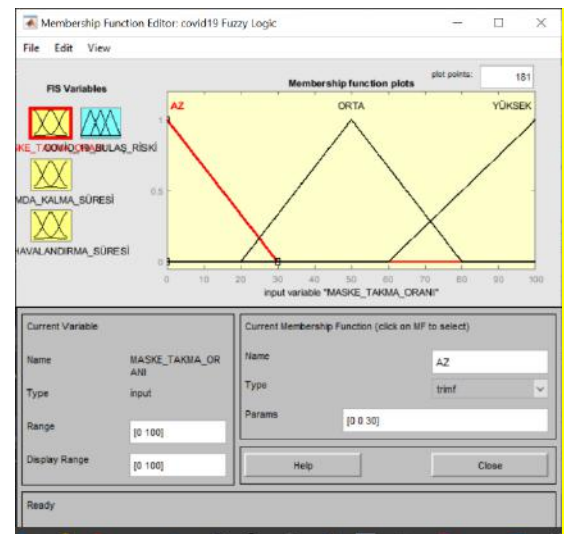
Tablo 1. Matlab Giriş ve Çıkış Değerleri

	1.	2.	3.	4.
	MASKE TAKMA ORANI	KAPALI ORTAMDA KALMA SÜRESİ	ORTAMI HAVALANDIRMA	COVID 19 YAKALANMA RİSKİ
1	YÜKSEK	AZ	AZ	YÜKSEK RİSKLİ
2	YÜKSEK	AZ	ORTA	AZ RİSK
3	YÜKSEK	AZ	ÇOK	ÇOK AZ RİSKLİ
4	YÜKSEK	ÇOK	AZ	ÇOK YÜKSEK RİSK
5	YÜKSEK	ÇOK	ORTA	YÜKSEK RİSK
6	YÜKSEK	ÇOK	ÇOK	AZ RİSK
7	ORTA	AZ	AZ	YÜKSEK RİSK
8	ORTA	AZ	ORTA	YÜKSEK RİSK
9	ORTA	AZ	ÇOK	AZ RİSKLİ
10	ORTA	ÇOK	AZ	ÇOK YÜKSEK RİSK
11	ORTA	ÇOK	ORTA	YÜKSEK RİSK
12	ORTA	ÇOK	ÇOK	AZ RİSKLİ
13	AZ	AZ	AZ	ÇOK YÜKSEK RİSK
14	AZ	AZ	ORTA	YÜKSEK RİSK
15	AZ	AZ	ÇOK	AZ RİSKLİ
16	AZ	ÇOK	AZ	ÇOK YÜKSEK RİSK
17	AZ	ÇOK	ORTA	YÜKSEK RİSK
18	AZ	ÇOK	ÇOK	AZ RİSKLİ

Giriş ve çıkış kümeleri ise Matlab Programı vasıtasıyla Şekil 6'daki gibi tanımlanmaktadır.



Şekil 6. Giriş ve çıkış kümelerinin matlab ile tanımlanması



Şekil 7. Maske takma oranı

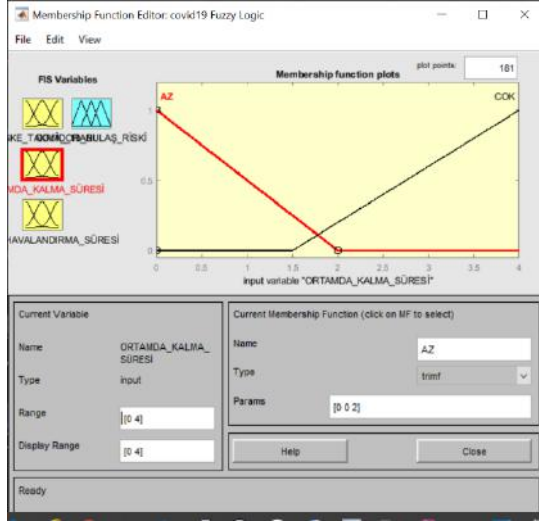
Maske takma oranı aralık değerleri 100 üzerinden değerlendirilerek % olarak Şekil 7'deki gibi tanımlanmıştır. Bulanık mantık değerlendirmesinde 30 ve altı az, 20 ve 80 arası orta, 60 üzeri ise yüksek olarak değerlendirilmiştir.

3 Çok Havalı=[60,100,100]

1 Az = [0,0,30]

2 ORTA = [20,50,80]

3 YÜKSEK = [60,100,100]

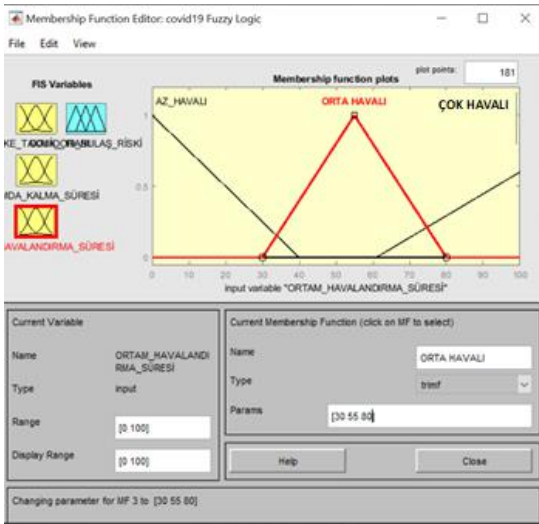


Şekil 8. Kapalı ortamda kalma süresi

Kapalı ortamda kalma süresi ise Şekil 8'deki gibi tanımlanmaktadır. Aralık [0-4] olarak tanımlanıp, süreç 4 saat üzerinden değerlendirilmektedir.

1 Az = [0,0,2]

2 Çok =[1.5,4,4]

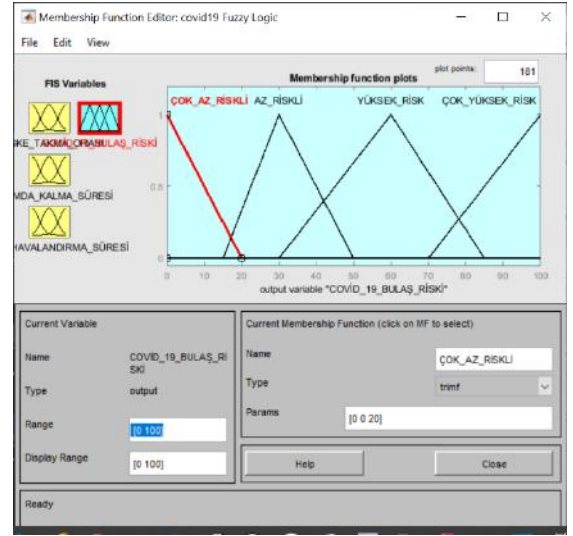


Şekil 9. Ortamı havalandırma süresi

Kapalı ortamı havalandırma süresi ise aralık değeri 100 verilerek % değeri üzerinden Şekil 9'daki gibi hesaplanmıştır. Tanım aralıkları Az Havalı, Orta Havalı ve Çok Havalı olarak tanımlanmıştır.

1 Az Havalı =[0,0,40]

2 Orta Havalı = [30,55,80]



Şekil 10. Girdi değerlerine göre covid-19 bulaş riski aralıkları

Maske takma oranı, kapalı ortamda kalma süresi ve bu ortamın havalandırılmasının birbirleriyle ilişkisi sonucunda programa girilen girdi değerlerine göre covid-19 bulaş riski sonuç değer aralıkları değerleri Şekil 10'da gösterilmiştir.

Matlab programında ise input ve output değerleri kurallar kesiminden Şekil 11'deki gibi tanımlanmıştır.

1. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)
2. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLI) (1)
3. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is COK_AZ_RİSKLI) (1)
4. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is COK_YÜKSEK_RİSK) (1)
5. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

6. If (MASKE_TAKMA_ORANI is YÜKSEK) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLİ) (1)

7. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

8. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

9. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLİ) (1)

10. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is ÇOK_YÜKSEK_RİSK) (1)

11. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

12. If (MASKE_TAKMA_ORANI is ORTA) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLİ) (1)

13. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is ÇOK_YÜKSEK_RİSK) (1)

14. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

15. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is AZ) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLİ) (1)

16. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and

(ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is AZ_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is ÇOK_YÜKSEK_RİSK) (1)

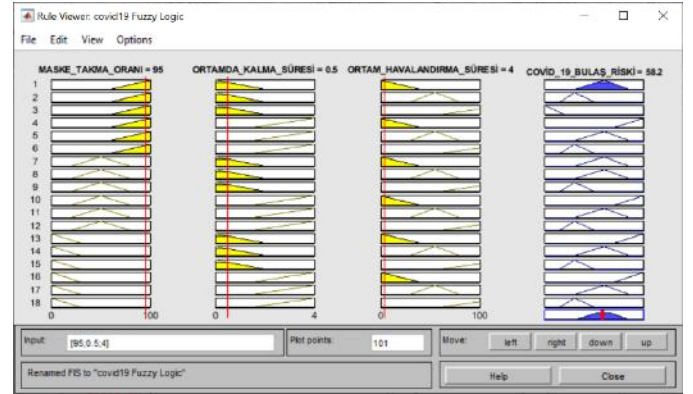
17. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is ORTA_HAVALI) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is YÜKSEK_RİSK) (1)

18. If (MASKE_TAKMA_ORANI is AZ) and (ORTAMDA_KALMA_SÜRESİ is COK) and (ORTAM_HAVALANDIRMA_SÜRESİ is İYİ_HAVALANDIRILMIŞ) then (COVID_19_BULAŞ_RİSKİ is AZ_RİSKLİ) (1)

Şekil 11. Covid-19 bulaş riski parametrelerinin input ve output değerleri

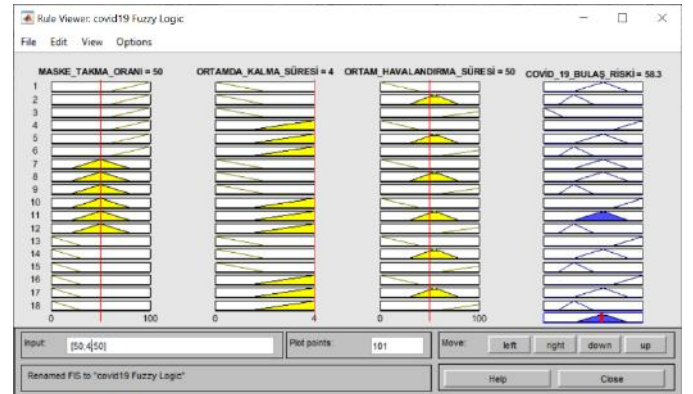
Matlab programına girilen çeşitli girdilere göre programın hangi sonuçları üreteceği incelenecektir.

Şekil 12’de örnekte maske takma oranı %95, ortalama kalma süresi ise 0.5 saat ve ortam havalandırması % 4 olduğunda Covid-19 bulaş riski %58.2 olmaktadır.



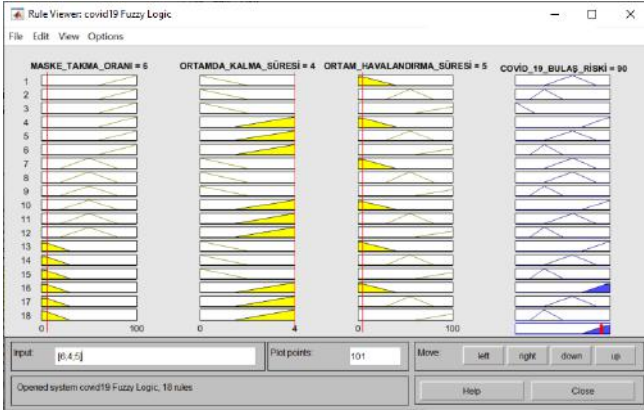
Şekil 12. Örnek matlab örnek girdi ve çıktıları

Şekil 13’te örnekte ise maske takma oranı %50, ortamda kalma süresi 4 saat ve ortam havalandırma %50 olduğunda Covid-19 bulaş oranı %58.3 olmaktadır.



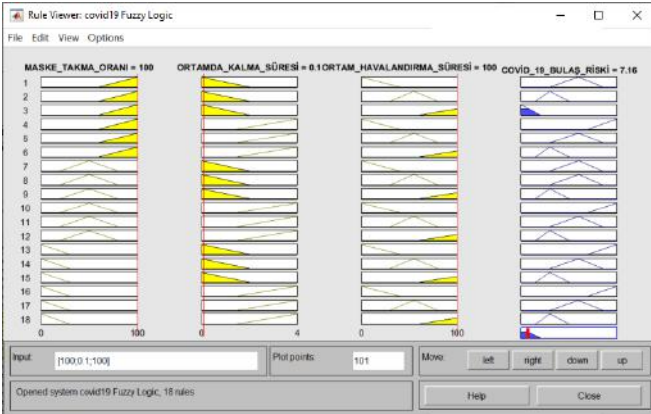
Şekil 13. Örnek matlab örnek girdi ve çıktıları

Şekil 14'te maske takma oranı %6, kapalı ortamda kalma süresi 4 saat ve ortam havalandırma süresi %5 olduğunda virüs bulaşma oranı %90 olmaktadır.



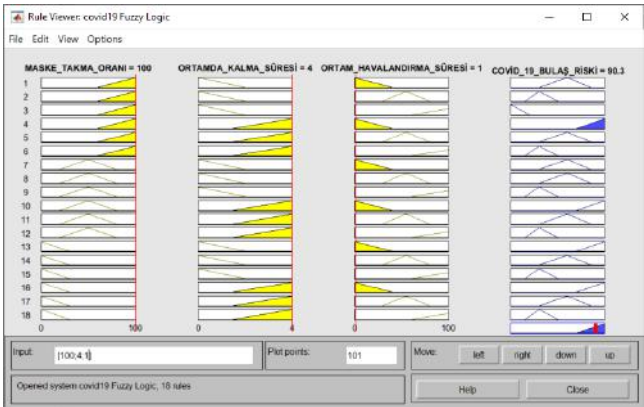
Şekil 14. Örnek matlab örnek girdi ve çıktıları

Şekil 15'de maske takma oranı %100, kapalı ortamda kalma süresi 0.1 saat ve ortam havalandırma süresi %100 olduğunda virüs bulaşma oranı %7.16 olduğu görülmektedir.



Şekil 15. Örnek matlab örnek girdi ve çıktıları

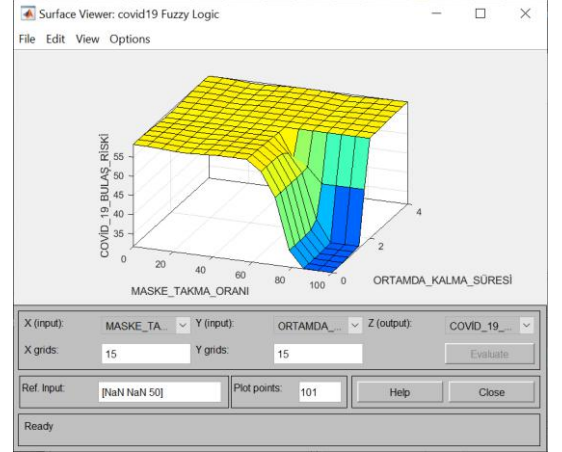
Şekil 16'da ise giriş değerleri olan maske takma oranı %100, kapalı ortamda kalma süresi 4 saat ve ortam havalandırma süresi %1 olduğunda virüs bulaşma oranı %90.3 olmaktadır.



Şekil 16. Örnek matlab örnek girdi ve çıktıları

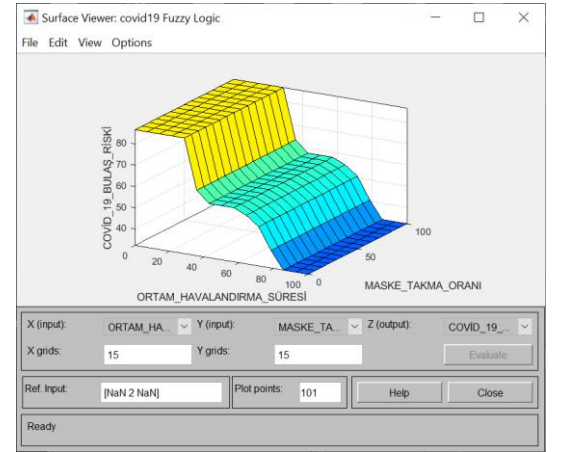
Bu değerleri 3 boyutlu grafiksel ekrandan da görülebilmektedir.

Ortamda kalma süresi azaldığında ve maske takma oranı arttığında Covid-19 bulaş oranının sıfıra yaklaştığını Şekil 17'de görülmektedir.



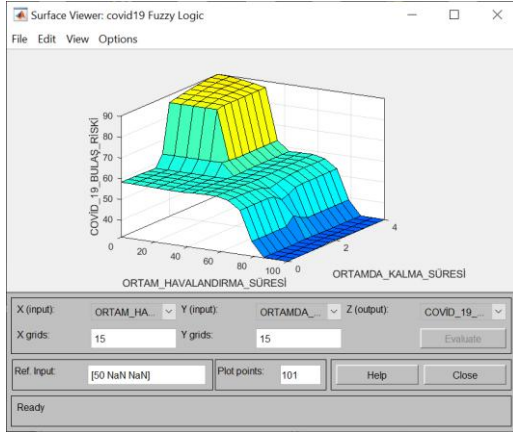
Şekil 17. Ortamda kalma süresi ve maske takma oranı 3D grafiği

Şekil 18'deki 3 Boyutlu grafik maske takma oranı ve ortam havalandırma süresinin arasındaki korelasyonu göstermektedir. Ortam havalandırma süresi düştüğünde maske takma oranı artsa bile Covid-19 bulaş oranı artmaktadır.



Şekil 18. Maske takma oranı ve ortam havalandırma oranı 3D grafiği

3 boyutlu verilen Şekil 19'da ortam havalandırma süresi ve ortamda kalma süresi arasındaki ilişki görülmektedir. Ortamda kalma süresi arttıkça ve ortam havalandırma süresi azaldıkça Covid-19 virüs bulaş oranı artmaktadır.



Şekil 19. Ortamda kalma süresi ve ortam havalandırma oranı 3D grafiği

Tablo 2. Covid-10 virüs bulaş riskini etkileyen parametrelerin matlab programında örnek çıktıları

MASKE TAKMA ORANI (%)	KAPALI ORTAMDA KALMA SÜRESİ [0-4 SAAT]	KAPALI ORTAM HAVALANDIRMA SÜRESİ %	COVID-19 VİRÜSÜ BULAŞ RİSKİ %
95%	0.5 SAAT	4%	58.20%
50%	4 SAAT	50%	58.30%
6%	4 SAAT	5%	90.00%
100%	0.1SAAT	100%	7.16%
100%	4 SAAT	1%	90.30%

Tablo 2’de matlab programına girilen örnek veriler ve elde edilen sonuçlar gösterilmiştir. Kapalı ortam havalandırma süresinin artması ve maske takma oranının artması ile Covid-19 virüsü bulaş riskinin en düşük değerde yani 7.16% olduğu gözlenmiştir. Maske takma oranının düşük ve kapalı ortam havalandırma oranının düşük olması durumunda ise virüs bulaş riski 90% değerlerine çıkmaktadır. Sadece maske takılması durumunda kapalı ortam havalandırması ihmal edilirse yine virüs bulaş riski 90.30% olarak oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Önemli hem maske hem de ortam havalandırması olarak alınması virüs bulaş riskini düşürdüğü açıktır.

4. Sonuç ve Öneriler

Dünyayı etkisi altına alan Covid-19 virüsünün yayılması devam etmekte ve bu ölümcül virüse karşı herhangi bir kalıcı tedavi yöntemi bulunmamaktadır. Ancak alınacak tedbirlerle Covid-19 virüsünün yayılması ciddi oranda engellenebilir. Bu tedbirlerden ve en önemlilerinden birisi hijyen, bir diğeri kapalı ortamda kalma süresinin mümkün mertebe az olması, kapalı ortamın iyi derecede havalandırılmış olması ve bir diğeri ise maske takmadır. Maske takmanın virüs ve hastalık yayılmasını engellediği bir gerçektir, ancak yapılan çalışmalar göstermektedir ki, bulunulan ortamın kapalı olması durumunda kapalı ortamda kalma süresi arttığında ve havalandırma oranı düştüğünde, maske artık koruyuculuğunu yitirmektedir.

Kapalı ortam havalandırma süresi ile maske takma oranı incelendiğinde kapalı ortam havalandırmasının önemli bir etken olduğu çok açık şekilde görülmektedir. Kapalı ortam havalandırma süresi ve ortamda kalma süreleri arasındaki korelasyonda ise ortam çok iyi havalandırıldığında kapalı ortamda kalma süresi artsa bile bulaş riski azalmaktadır, ancak havalandırma oranı düştüğünde ortamda kalma süresi düşük olsa bile bulaş riski devam etmektedir. Havasız ortamda kalma süresi

uzadığında ise bulaş riski en yüksek seviyelere doğru artış göstermektedir.

Bu çalışmadan çıkarılacak en önemli sonuçlardan birisi, kapalı ortam havalandırılrsa bile kapalı ortamlarda kalma süresi arttığında bulaş riskinin devam ettiği. Maske takma Covid-19 virüsü yayılma sürecinde engelleyici bir faktör olsa da, havası ve kapalı ortamlarda geçirecek süreler maske takmanın önemini ortadan kaldırmaktadır.

Kaynakça

- World Health Organization-WHO announces COVID-19 outbreak a pandemic. 2020. Available from: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/health-emergencies/coronavirus-covid-19/news/news/2020/3/who-announcescovid-19-outbreak-a-pandemic> Accessed: 6 May 2020
- Zhang T, Wu Q, Zhang Z. Probable Pangolin Origin of SARS-CoV-2 Associated with the COVID-19 Outbreak. *Curr Biol.* 2020;30(7):1346-51.
- Lv L, Li G, Chen J, Liang X, Li Y. “Comparative genomic analysis revealed specific mutation pattern between human coronavirus” SARS-CoV-2 and Bat-SARS-CoV RaTG13. *bioRxiv.* 2020
- Akın L, Gözel MG. “Understanding dynamics of pandemics.” *Turk J Med Sci.* 2020;50:515-9.
- Anonim 1:COVID-19 (SARS-CoV-2 Enfeksiyonu) Rehberi, TC Sağlık Bakanlığı, Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü.. Ankara;14.04.2020
Available:https://covid19bilgi.saglik.gov.tr/depo/rehberler/COVID-19_Rehberi.pdf?type=file Accessed 6 May 2020
- Anonim 2:Uptodate. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Epidemiology, virolog, clinical features, diagnosis, and prevention. Available: <https://www.uptodate.com/contents/coronavirus-disease->

- 2019-covid-19-epidemiologyvirology-clinical-features-diagnosis-and-prevention Accesce: 6 May 2020.
- Li, Q., Guan, X., Wu, P., Wang, X., Zhou, L., Tong, Y., ... & Feng, Z. (2020). Early transmission dynamics in Wuhan, China, of novel coronavirus–infected pneumonia. *New England journal of medicine*.
- Sun, G. Q., Wang, S. F., Li, M. T., Li, L., Zhang, J., Zhang, W., & Feng, G. L. (2020). Transmission dynamics of COVID-19 in Wuhan, China: effects of lockdown and medical resources. *Nonlinear Dynamics*, 101(3), 1981-1993.
- Güner R, Hasanoğlu İ, Aktaş, (2020)"Prevention and control measures in community. *Turk J Med Sci*. 50:571-7.
- Altaş, İ. H. (1999). Bulanık Mantık: Bulanıklılık Kavramı. *Enerji, Elektrik, Elektromekanik-3e*, 62, 80-85.
- Ananom 3: A room, a bar and a classroom: how the coronavirus is spread through the air. 29 OCT 2020 - 10:44 CET Available: <https://english.elpais.com/society/2020-10-28/a-room-a-bar-and-a-class-how-the-coronavirus-is-spread-through-the-air.html>



Electro-membrane Bioreactor Combined Solar Powered Processes: MATLAB Modelling

Gamze Nalçacı¹, Gülizar Kurtoğlu Akkaya²

^{1*} Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0000-0000-0000),
gncalcaci@erbakan.edu.tr

² Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0000-0000-0000),
gakkaya@erbakan.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188755)

ATIF/REFERENCE: Nalçacı, G. & Kurtoğlu Akkaya, G. (2022). Electro-membrane Bioreactor Combined Solar Powered Processes: MATLAB Modelling. *European Journal of Science and Technology*, (42), 61-65.

Abstract

In this study, it is researched that could use (PV) panel for solar energy instead of DC power supply used in leachate treatment by submerged electro membrane bioreactor for Antalya in Turkey. The study was made the analysis and modeling by MATLAB Simulink of electric energy obtained solar powered or PV panels and present an engineering approach. SMEBR was operated under electrokinetic conditions at a current density of 24 mA/cm² (11,5 A), exposure time 3+3 minutes. As a result, in the light of SMEBR electrokinetic experimental results, it was found that a pair of PV panels connected in parallel provide 11.5 A for the SMEBR process for this region. In obtained modelling, it was determined the number of panels increases dependent on the amount of volume. Also, it was understood that PV system can work without battery via a control mechanism turn off the system, and it provides direct current. If a battery is added to the system, it can continue treatment without interruption. But since this system will run for about six minutes, no battery cost will be required.

Keywords: Electro Bioreactor, Electrocoagulation, Leachate, Solar Energy, PV Panel, MATLAB.

Elektro-membran Biyoreaktör Kombine Güneş Enerjili Prosesler: MATLAB Modelleme

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'de Antalya için batık elektro membran biyoreaktör ile sızıntı suyu arıtımında kullanılan DC güç kaynağı yerine güneş enerjisi için (PV) panel kullanılabileceği araştırılmıştır. Çalışma, güneş enerjili veya PV panellerden elde edilen elektrik enerjisinin MATLAB Simulink ile analizi ve modellenmesi yapılmış ve bir mühendislik yaklaşımı sunmaktadır. SMEBR, 24 mA/cm² (11,5 A) akım yoğunluğunda, 3+3 dakika maruz kalma süresinde elektrokinetik koşullar altında çalıştırıldı. Sonuç olarak, SMEBR elektrokinetik deney sonuçları ışığında paralel bağlanmış bir çift PV panelin bu bölge için SMEBR işlemi için 11.5 A sağladığı bulunmuştur. Elde edilen modellemede hacim miktarına bağlı olarak panel sayısının arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca PV sistemin aküsüz çalışabileceği bir kontrol mekanizması ile sistemi kapattığı ve doğru akım sağladığı anlaşılmıştır. Sisteme pil eklenirse çalışmaya ara vermeden devam edebilir. Ancak bu sistem yaklaşık altı dakika çalışacağı için herhangi bir pil maliyeti gerekmeyecektir.

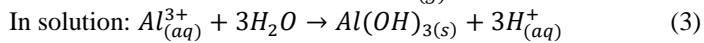
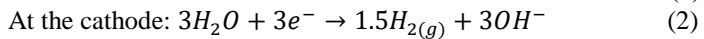
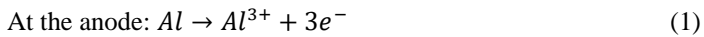
Anahtar Kelimeler: Elektro Biyoreaktör, Elektrokoagülasyon, Sızıntı Suyu, Güneş Enerjisi, PV Panel, MATLAB.

1. Introduction

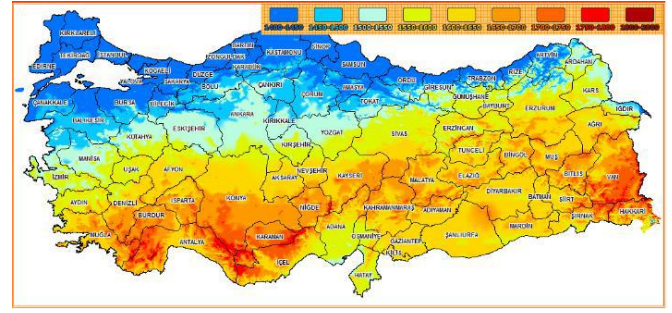
In the last decades, waste production has increased significantly due to the overpopulation and the changing consumption habits [1]. Landfilling is the most used final waste disposal method around the world. In a landfill, leachate production is an inevitable consequence of leaking through the decomposition and separation of waste. Leachate is depending on factors such as landfill age, precipitation, seasonal air exchange and waste composition, the character varies and pollution load is higher than other wastewaters [2], [3]. Therefore, its treatment is relatively difficult [4]. The inability to achieve well treatment of leachate is seriously affecting the receiving environment [5] [6]. Therefore, effective treatment of leachate is becoming increasingly important in order to protect the earth and groundwater resources [2]. Leachate needs to be treated prior to its discharge into receiving waters and the removal of organic matter and ammonium is always a pre-requisite. Given the complexity of the leachate composition, previous studies suggested that a combination of technologies is usually required.

Akkaya et al. [7] researched leachate treatment with new hybrid method called Submerge electro membrane bioreactor (SMEBR). SMEBR, a novel method for wastewater treatment has been combined with the membrane bioreactor (MBR) and the electrokinetic processes [8]. Electrokinetic processes in this method contains electrochemical phenomena such as electrocoagulation (EC), electroosmosis and electrophoresis. For EC processes in SMEBR, sacrificial metal electrodes (as anode and cathode) are used to produce coagulating agent to dose the polluted water and electrolytic gases are generated.

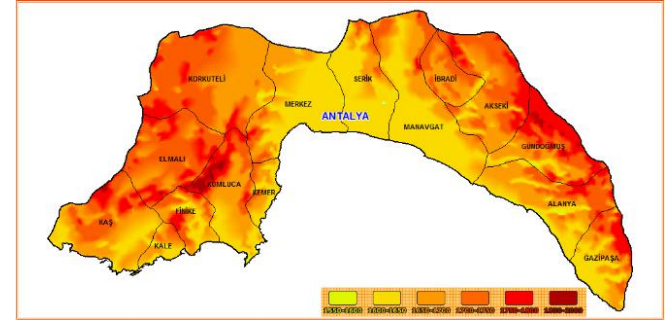
Electrodes are connected to a direct current (DC) power supply. The electrical current applied power supply causes the dissolution of metal into wastewater. When the metal ions began to appear on the anode side in wastewater solution it reacted with hydroxide ion (OH^-) produced on the cathode side producing aluminum hydroxide according to the following equations (for aluminum anode/cathode) [9]:



Electric energy is required in EC processes. Recently, several authors researched that electrical energy in EC is obtained environmentally friendly and renewable methods [10], [11], [12], [13], [14]. Solar powered EC systems were improved because direct sunlight is potentially the most powerful renewable energy source. In this system, it was used DC supply directly from photovoltaic (PV) panel instead of power supply for EC. In less than an hour, the Earth receives the same amount of energy from the sun as is used globally by mankind in a year. In contrast to most of the other energy technologies, solar energy is only limited by the cost of conversion and the intermittency in time [15]. The utilization of sunlight can be made with a wide variety of technologies that use the physical principles of energy conversion.



(a)



(b)

Figure. 1(a) and (b). The solar radiation resource possessed in Turkey and Antalya respectively

Turkey represented in Figure 1(a) is in a very fortunate position than many other countries in terms of efficient and solar energy potential with the current geographical location. One of the most solar energy potentials as shown in Figure 1(b) is Antalya in Turkey. In this study, it is researched that could use (PV) panel for solar energy instead of DC power supply used in leachate treatment by SMEBR for Antalya. The aim of this work is the analysis and modeling by MATLAB Simulink of electric energy obtained solar powered or PV panels and present an engineering approach.

2. Experimental Setup

2.1. SMEBR System

Leachate treatment by SMEBR was studied in the working volume of 5.0 L. Aluminum (Al) was the material preferred for both anode and cathode electrodes in SMEBR. In order to achieve a homogenous mixture and sustain homogenous circulation, 1 mm thick cylindrical and perforated Al anode and cathode electrodes were used with the same surface areas (238.5 cm²) and the perforation of 73.3 and 15.6%, respectively (Figure 2). The diameters of the perforated anode and cathode electrodes were 15.8 and 5 cm, respectively and the distance between the electrodes was 5.4 cm. Al electrodes were immersed inside the mixed liquor approximately 18 cm from the bottom of SMEBR. SMEBR was operated under electro-kinetic conditions at a current density of 24 mA/cm² (11,5 A) at 180 s/day for 25 days (Stage I) and 360 s/day for 25 days (Stage II) [7].

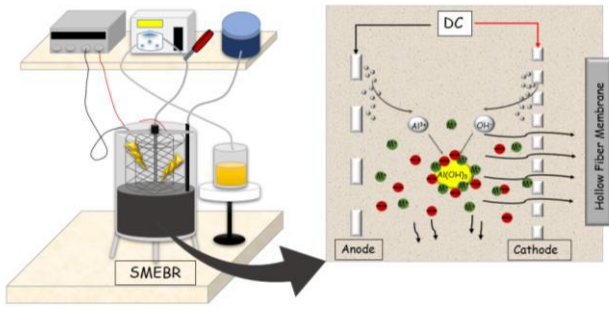


Figure 2. SMEBR experimental setup

2.2. Model

SMEBR system presented in Figure 3 is modeled on MATLAB Simulink 2020a environment. A renewable source, PV panel, is the electric supply of the system. Irradiance and temperature values are input variables for PV array, including two high power SunPower SPR-415E-WHT-D panels connected parallel for the SMEBR process needing 11.5 A. A storage capacitor is connected to the output of the panel groups. The capacitor provides a constant voltage of approximately 1.2 V source for electrodes. In Figure 3., the MATLAB Simulink model is represented. In this model, a resistor simulates electrodes as an electrical element.

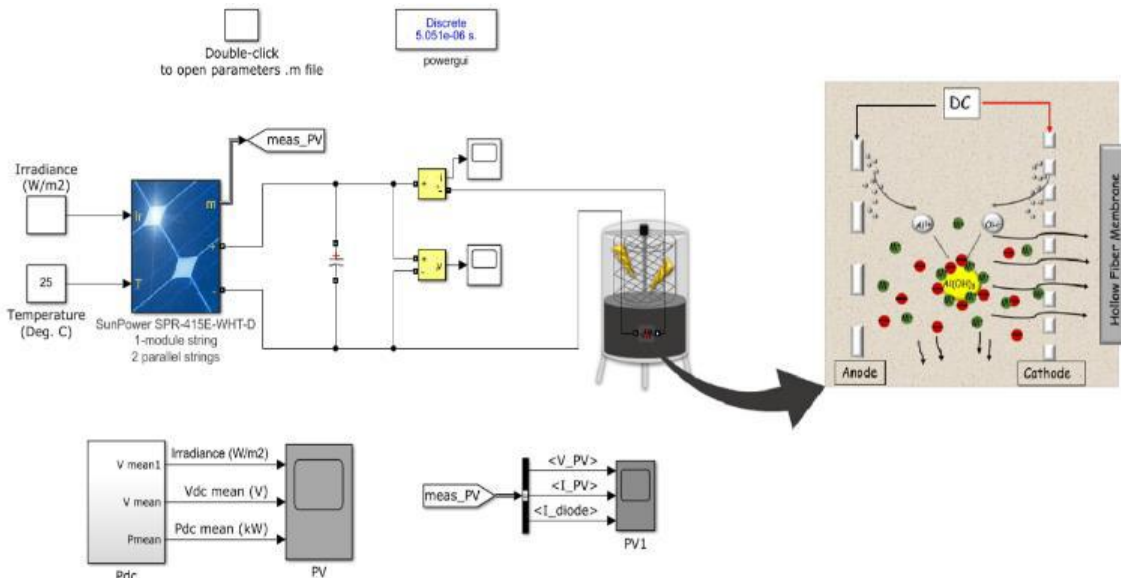


Figure 3. MATLAB Simulink model of SMEBR system powered by PV source

The number of panels increases dependent on the amount of volume. Turkey has 4-11 hours of insolation durations changing by months, as reported by Turkish Energy Map, GEPA. The best time for irradiance for our system is at noon. On the other hand, this system does not work at night because of no battery. PV system can work without battery via a control mechanism turn of the system, and it provides direct current if the sun. If a battery is added to the system, it can continue treatment without interruption. But since this system will run for about six minutes, no battery cost will be required.

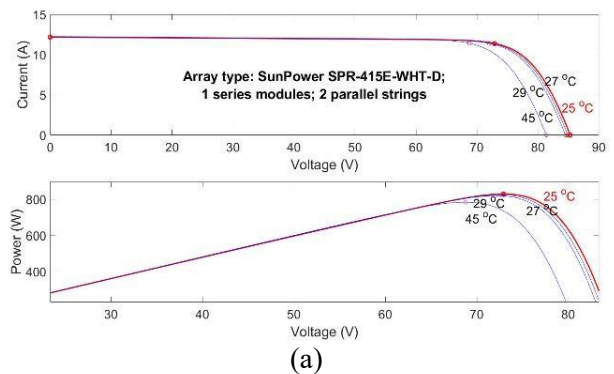
The PV panel characteristics used in Figure 3 has been investigated and extracted in Figure 4(a) and 4(b). In Figure 4(a) case, SunPower PV panel connected to 1 series modules and 2 parallel strings is tested 25 °C, 27 °C, 29 °C and 45 °C, and obtained current and power graphs as shown. When temperature rises, the panel voltage will decrease. In Figure 4(b) case, the

3. Results and Discussion

The efficiency of SMEBR in the treatment of young leachate was investigated by Akkaya et al. [7]. An electrical field of 360 s/day was applied for another 25 days in the same current density with 12-hour intervals during 5 days of HRT (Stage II). At end of this study, results demonstrated that the formation of electrokinetic conditions within a SMEBR with the addition of the electrical field provided important contributions in terms of the effluent quality. While the chemical oxygen demand (COD) which is water pollution parameter, removal efficiency improved by 3-6% in Stage I, it almost doubled in Stage II and was 6-15%. Also, in SMEBR the temperature value was 25±4 °C depending on the ambient conditions.

SMEBR system integrated with a PV panel system presented in Figure 3 operates at 25°C and 950 W/m2 irradiance. The panel supplies depend on the solar irradiation and the temperature of the PV module which in turn is affected either in a continuous way or suddenly depending on the weather conditions [12]. According to the Antalya irradiance map (Figure 1.), the operating point is an approximate and optimum value for the year. In the light of experimental results [7], a pair of PV panels connected in parallel provide 11.5 A for the SMEBR process for this region.

irradiation is changed for 0.9 kW/m2, 0.95 kW/m2, 1 kW/m2 and 1.2 kW/m2 tests. If irradiation increases, current and power are also increase.



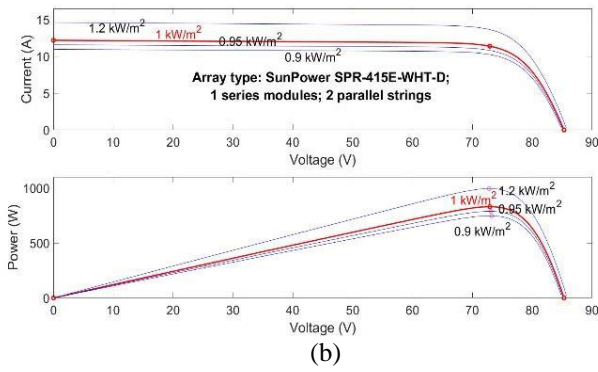


Figure 4. PV panel properties of the system under (a) varying temperatures and (b) irradiation conditions

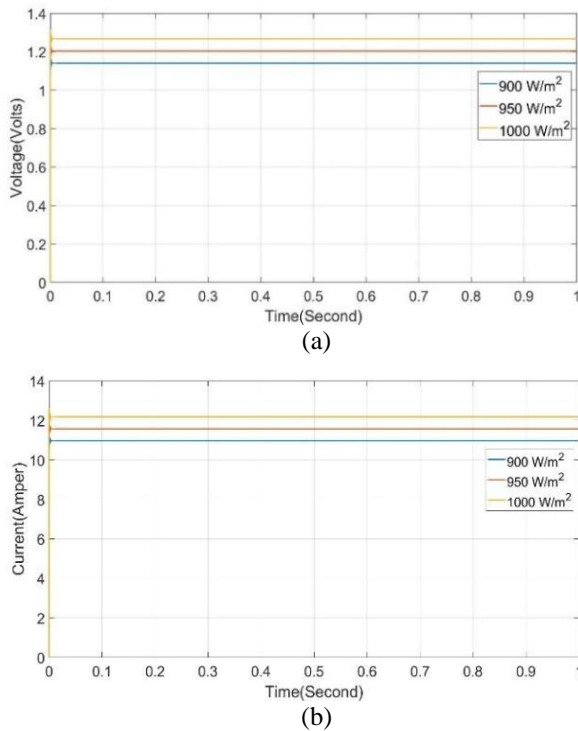


Figure 5. Simulation results of PV system for varying irradiances at 27°C temperature (a) voltage graph and (b) current graph

Output voltage and current waveforms are presented in Figure 5(a) and 5(b) respectively. According to the graphics, high level of irradiation causes higher current and voltage. This situation can be an advantage for using SMEBR system.

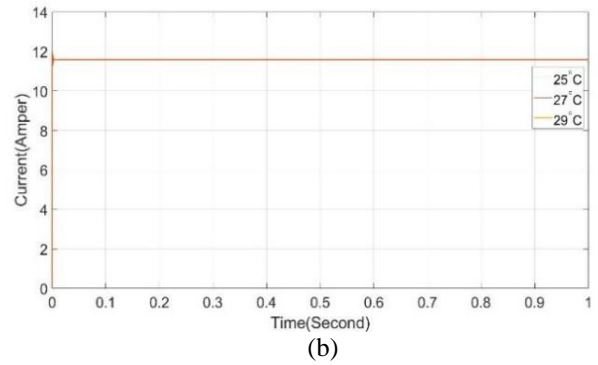
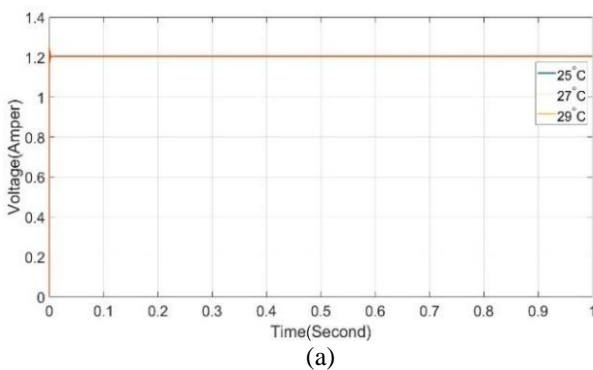


Figure 6. Simulation results of PV system for varying temperatures at 950 W/m² irradiation value (a) voltage graph and (b) current graph

Figures 6(a) and 6(b) show the output voltage and current waveforms, respectively. The graphics show that a high level of temperature results in the nearly same current and voltage.

It is widely recognized that any treatment method powered by renewable energy such as PV panel has significance all over the world where the solar energy is abundant throughout the year.

4. Conclusion

In this study, the use of solar energy, which is a renewable energy source, and a hybrid treatment method, SMEBR, were investigated. Instead of the electrical energy used in SMEBR, it is aimed to use solar energy thanks to PV panels. Here, Turkey's most solar region, Antalya, was selected and the electrical energy obtained from PV panels was analysed and modelled with MATLAB Simulink model and an engineering approach was presented. It was concluded that a pair of PV panels connected in parallel would be sufficient for the 11.5 A and 3+3 mins reaction time required to treat the wastewater. Moreover, it was determined that the number of panels increased depending on the amount of volume in the modelling created. In addition, it has been stated that if the system is operated in continuous mode day and night, battery may be needed, but since it has a short reaction time, no battery cost will be required.

ACKNOWLEDGMENT

This paper is made with project results obtained Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) 1002 Short Term R&D Funding Program Project no: 115Y038.

REFERENCES

- [1] D. Hoornweg, P. Bhada-Tata, C. Kennedy, "Environment: Waste production must peak this century. Nature News", 2013, 502(7473), 615.
- [2] S. Renou, J. G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, P. Moulin, "Landfill leachate treatment: Review and opportunity", Journal of hazardous materials, 2008, 150(3), 468-493.
- [3] K. Yapsakli, C. Aliyazicioglu, B. Mertoglu, "Identification and quantitative evaluation of nitrogen-converting organisms in a full-scale leachate treatment plant," J. Environ. Manage., 2011, vol. 92, no. 3, pp. 714-723.

- [4] F. N. Ahmed, C. Q. Lan, "Treatment of landfill leachate using membrane bioreactors: A review", *Desalination*, 2012, vol. 287, pp. 41–54.
- [5] A. Z. Gotvajn, T. Tišler, J. Zagorc-Končan, "Comparison of different treatment strategies for industrial landfill leachate", *J. Hazard. Mater.*, 2009, vol. 162, no. 2–3, pp. 1446–1456.
- [6] H. Alvarez-Vazquez, B. Jefferson, S. J. Judd, "Membrane bioreactors vs conventional biological treatment of landfill leachate: a brief review", *J. Chem. Technol. Biotechnol. Int. Res. Process. Environ. Clean Technol.*, 2004, vol. 79, no. 10, pp. 1043–1049.
- [7] G. K. Akkaya, M. S. Bilgili, "Evaluating the Performance of an Electro-Membrane Bioreactor in Treatment of Young Leachate", *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, 104017.
- [8] K. Bani-Melhem, M. Elektorowicz "Development of a novel submerged membrane electro-bioreactor (SMEBR): Performance for fouling reduction", *Environ. Sci. Technol.*, 2010, vol. 44, no. 9, pp. 3298–3304.
- [9] M. Kobya, H. Hiz, E. Senturk, C. Aydiner, E. Demirbas, "Treatment of potato chips manufacturing wastewater by electrocoagulation", *Desalination*, 2006, vol. 190, no. 1–3, pp. 201–211.
- [10] C. J. Nawarkar, V. D. Salkar, "Solar powered electrocoagulation system for municipal wastewater treatment", *Fuel*, 2019, 237, 222-226.
- [11] I. Salmerón, I. Oller, S. Malato, "Electro-oxidation process assisted by solar energy for the treatment of wastewater with high salinity", *Science of The Total Environment*, 2020, 705, 135831.
- [12] G. Sharma, J. Choi, H. K. Shon, S. Phuntsho, "Solar-powered electrocoagulation system for water and wastewater treatment", *Desalination and water treatment*, 2011, 32(1-3), 381-388.
- [13] A. García-García, V. Martínez-Miranda, I. G. Martínez-Cienfuegos, P. T. Almazán-Sánchez, M. Castañeda-Juárez M, I. Linares-Hernández, "Industrial wastewater treatment by electrocoagulation–electrooxidation processes powered by solar cells", *Fuel*, 2015, 149, 46-54.
- [14] M. Millán, M. A. Rodrigo, C. M. Fernández-Marchante, P. Cañizares, J. Lobato, "Powering with solar energy the anodic oxidation of wastewater polluted with pesticides", *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 2019, 7(9), 8303-8309.
- [15] E. Pihl, "Statements on Solar Energy by the Energy Committee at the Royal", 2008.
- [16] S. Renou, J. G. Givaudan, S. Poulain, F. Dirassouyan, and P. Moulin, "Landfill leachate treatment: Review and opportunity", *J. Hazard. Mater.*, 2008, vol. 150, no. 3, pp. 468–493.



Makine Öğrenmesi ile Kompozit Malzemelerin Yük Altındaki Yer Değiştirme ve Gerilme Değerlerinin Tahmini

Kajs Feratı^{1*}, Nurettin Gökhan Adar^{2*}

¹Mekatronik Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5223-1976), kaysferati@gmail.com
²Mekatronik Mühendisliği / Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bursa Teknik Üniversitesi, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6888-5755), gokhan.adar@btu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188744)

ATIF/REFERENCE: Feratı, K. & Adar, N. G. (2022). Makine Öğrenmesi ile Kompozit Malzemelerin Yük Altındaki Yer Değiştirme ve Gerilme Değerlerinin Tahmini. *European Journal of Science and Technology*, (42), 66-70.

Öz

Bu çalışmada, makine öğrenmesi modelleri kullanılarak cam elyaf ve epoksi reçine takviyeli lamine kompozit malzemelerin yer değiştirme ve gerilme değerlerinin tahmin edilebilmesi hedeflenmiştir. Çalışma kapsamında, kesiti belirlenen numune farklı laminasyonlar için malzeme özellikleri değiştirilerek modellenmiş ve Ansys yazılımı ile uygulanan çekme kuvveti altında toplam yer değiştirme ve Von Misses gerilmeleri ile veri seti oluşturulmuştur. Oluşturulan veri seti ile makine öğrenmesi modelleri olan Sağlam regresyon ve Gauss işlemci regresyonu modelleri kullanılarak toplam yer değiştirme ve Von Misses gerilmelerinin tahmin edilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak, Ansys yazılımı ile elde edilen ve eğitim ve test amacıyla kullanılan veri seti değerleri ile her iki modelden elde edilen aynı değerlerin kıyaslaması yapılmıştır. Ayrıca, iki modele ait modellerin çalışma parametreleri göz önünde bulundurularak doğruluk oranı açısından değerlendirmesi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlara göre, Gauss işlemci regresyon modelinin ilgili çalışma açısında daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kompozit Malzeme, Makine Öğrenmesi, Mekanik Özellik.

Prediction of Displacement and Stress Values of Composite Materials Under Load with Machine Learning Models

Abstract

In this study, the determination of displacement and stress values under certain load of glass fiber and epoxy resin laminated reinforced composite materials by using machine learning models is targeted. In the scope of study, the modelling is done by changing the material properties of varied laminations of composite samples via Ansys software and a tensile force is implemented in order to receive the total deformation and Von Misses stresses under the implemented tensile force and creation of the dataset is completed. The robust linear regression and Gaussian process regression models from machine learning algorithms are used to predict and determine the total deformation and Von Misses stresses by training and testing the models with the dataset created. As result, the predicted values obtained from trained and tested regression models and the real values obtained by modelling in Ansys are compared. Additionally, in consideration of model parameters for both regression models, the evaluation of true responses and correct prediction/determination is done. According to the results, Gaussian process regression model is determined as a better model for related study.

Keywords: Composite Material, Machine Learning, Mechanical Properties

1. Giriş

Kompozit malzemeler taşıdığı karakteristik özellikleri sebebiyle diğer malzemelere göre pek çok avantajı bulunmaktadır. Takviye ve matris malzemelerin özelliklerinin birleşimi bu malzemeleri mekanik özellikler bakımından kullanımını çok avantajlı hale getirmektedir. Ancak mekanik özellikleri net olarak bilinmemektedir. Malzeme seçiminde değişik şartlar altında (yük, darbe vs.) nasıl davranışlar göstereceğini bilmek çok büyük bir öneme sahiptir. Bu sebeple, kompozit malzemeler üretildikten sonra istenilen mekanik özellikleri taşıdığını doğrulamak amacıyla farklı yöntemler kullanılarak özelliklerin belirlenmesi gerekmektedir.

Tespit edilmesi istenen özelliğe bağlı olarak testler veya sonlu elemanlar analizi yapılması kompozit malzemelerin özelliklerini tespit etmekte kullanılan yöntemlerdir. Ancak her iki yöntem de zaman ve maliyet bakımından her zaman avantajlı değildir.

Makine öğrenmesi, kompozit malzemelerin özelliklerini tespit etmekte son birkaç yıl içerisinde kullanılmaya başlanmış farklı bir uygulamadır. Son yıllarda literatürde mekanik özelliklerin tahmini için pek çok çalışma yapıldığı görülmektedir.

Kondo, R. Ve arkadaşları bir çalışmada (2017), seramik bazlı kompozit malzemelerin mikro yapısını ele alarak, iyonik iletkenlik özelliklerinin tespiti için bir yapay sinir ağı modeli çalışması gerçekleştirmişlerdir [1].

Fatih Buyrul ve arkadaşları (2022) bir çalışmada, aramid takviyeli malzemelerin mekanik özelliklerini deneyler sonu tespit ederek bir yapay sinir ağı geliştirmiş ve deney sonucu elde edilen değerlerin tahmini için eğitmişlerdir [2].

Nateghi A. ve M. H. Ahmad (2019) tarafından yapılan bir çalışmada da inşaat sektöründe kullanılan beton bazlı kompozit malzemelerdeki karışma oranının mekanik özellikler üzerindeki etkisine dikkat çekilmiş ve yapıların güçlendirilmesi amacıyla kullanılan beton bazlı kompozit malzemelerde 36 farklı karışım oranına göre test yapılmıştır. Bu testlerde elde edilen veriler ile farklı karışım oranlarına göre gerilme kuvvetini ve gerilme dayanımını tahmin eden bir yapay sinir ağı modeli tasarlanmıştır [3].

Pathan, M. ve arkadaşları bir çalışmada (2017), kompozit lamine tabakaların viskoelastik özellikleri ve frekans ve sıcaklığa karşı duyarlılıklarının tahmini için bir model çalışması gerçekleştirmişlerdir [4].

Z. Kaya ve arkadaşları (2020) yaptıkları bir çalışmada, cam elyaf/epoksi takviyeli kompozit malzemelerdeki kırılma davranışlarını bir makine öğrenmesi modeli analiz etmişlerdir [5].

Bu çalışmadaki amaç, üretilmesi planlanan kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini tahmin edebilen bir makine öğrenmesi modeli oluşturmak ve maliyet ile zaman bakımından dezavantajlı olan yöntemleri kullanmadan ya da ilgili yöntemlerin kullanılmasından önce çalışma yapılması planlanan kompozit malzemelerin özelliklerini öngörebilmektir. Makine öğrenmesi modelinde elyaf ve reçinenin temel özellikleri olan yoğunluk, elastisite modülü, kayma modülü, poisson oranı, kalınlık, çekme mukavemeti, basma mukavemeti ve kayma mukavemeti girdi verisi olarak, yük altında numunede oluşan toplam yer değiştirme ve Von Misses gerilmesi de çıktı olarak kullanılmıştır.

2. Materyal Ve Yöntem

Yapılan çalışma kapsamında, cam elyaf takviye malzemesi ve epoksi reçine matris malzemesinin birleşimiyle oluşturulabilen farklı laminasyon yapılarındaki kompozit malzemelerin üretilmeden önce belirli mekanik özelliklerinin makine öğrenmesi modeli ile öngörülmesi amaçlanmıştır.

Öncelikli olarak makine öğrenmesi modelinde kullanılmak üzere bir veri seti oluşturulmuştur. Veri seti için her laminasyon yapısının belli bir yük altında gösterdiği mekanik özelliklerin saptanabilmesi ve belirlenebilmesi amacıyla Ansys yazılımı kullanılarak belirlenen kesite yük uygulaması yapılmış ve bu yük altında her laminasyonun gösterdiği tepki kaydedilmiştir. Daha sonrasında belirlenen özellikler liste olarak hazırlanmış ve girdi ve çıktı olarak modelde kullanılması planlanan özellikler belirlenmiştir. Elde edilen veri seti ile 2 farklı makine öğrenmesi modeli geliştirilmiş ve modellerin verdiği sonuçlara istinaden hangi yöntemin ve modelin daha doğru tahmin yaptığı kıyaslanmıştır.

2.1. Veri Setinin Oluşturulması

Veri setinin oluşturulması kapsamında öncelikle kullanılması planlanan 5 tip cam elyaf belirlenmiş ve ilgili cam elyaf tiplerinin mekanik özellikleri Ansys yazılımında malzeme olarak tanımlanmıştır. Aynı şekilde takviye malzemesi olarak kullanılması amaçlanan epoksi reçine özellikleri de malzeme tanımı olarak gerçekleştirilmiştir.

Tablo 1’de, çalışma kapsamında kullanılan 5 tip cam elyaf ve epoksi reçine malzeme özellikleri gösterilmiştir.

Veri setinin oluşturulması amacıyla Ansys ACP modülü kullanılmıştır.

Tablo 1. Cam elyaf ve epoksi reçine malzeme özellikleri

Parametre	Cam elyaf Tip 1	Cam elyaf Tip 2	Cam elyaf Tip 3	Cam elyaf Tip 4	Cam elyaf Tip 5	Epoksi reçine
Yoğunluk (kg/m ³)	1350	450	300	300	800	1450
Elastisite modülü (Mpa)	23990	10110	9900	15660	13340	5330
Kayma modülü (Mpa)	9680	4150	3900	6230	5300	1910
Poisson oranı	0,24	0,22	0,37	0,26	0,35	0,4
Kalınlık (mm)	1,2	1	0,7	0,4	1,4	0,1
Çekme muk. (Mpa)	254,38	76,58	74,37	188,9	142,13	30,62
Basma muk. (Mpa)	211,27	141,19	320,25	431,87	296,76	139,42
Kayma muk. (Mpa)	123,7	77,73	42,96	112,49	84,76	16,44

Laminasyon tanımı yapıldıktan sonra modele yük tanımlanması yapılmıştır. Geometri bir kenardan sabit varsayılmış, x yönünden de çekme kuvveti maruz bırakılmıştır.

Belirtildiği şekilde yük uygulandıktan sonra sonlu elemanlar analizi çözdürülmüş ve çekme yüküne karşılık malzemenin bu yük altındaki toplam yer değiştirmesi ve Von Misses gerilmesi tespit edilmiştir.

Bu şekilde farklı kombinasyonlardaki kompozit malzeme laminasyonları modellenerek çekme kuvveti etkisi altında gösterdikleri toplam yer değiştirme ve Von Misses gerilmesi kaydedilerek eğitim ve test amacıyla veri seti oluşturulmuştur.

Eğitim amacıyla oluşturulan veri setinde 33 farklı laminasyon tipi mevcuttur. Test amacıyla kullanılacak olan veri setinde 11 farklı laminasyon kullanılmıştır.

2.2. Makine öğrenmesi modellerinin oluşturulması

Regresyon, bir bağımlı değişken ile diğer bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin gücünü belirlemeye çalışan, bu güce göre tahminler ortaya koyan istatistiksel bir ölçümdür ve makine öğrenmesi algoritmaları arasında önemli bir algoritmadır. Bu nedenle, bu çalışma kapsamında oluşturulan veri seti 2 farklı regresyon modeli çalıştırılarak, regresyon modelleri arasında ilgili veri setine en uygun olan modelin tespiti için kıyaslama yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada 2 farklı regresyon algoritması kullanılarak sonlu elemanlar analizi ile elde edilen toplam yer değiştirme ve Von Misses gerilmesinin tahmi edilmesi amaçlanmıştır.

Çalışmada kullanılan 2 regresyon algoritması, sağlam lineer regresyon ve Gauss işlemci regresyonu modelleridir.

Belirtilen modeller Matlab yazılımı Regression App modülü kullanılarak oluşturulmuştur. Regression App modülü ile modeller çalıştırıldıktan sonra sonuçların değerlendirilmesi ve modeller arasında kıyaslama yapılabilmesi için doğrulama RMSE, test RMSE ve doğrulama R-Square, model parametreleri ile yanıt grafiği, eğitim verisi artık değer grafiği ve test verisi artık değer grafiği elde edilmiştir.

RMSE (Kök Ortalama Kare Hata), bir makine öğrenmesi modelinin, tahminleyicinin tahmin ettiği değerler ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılan, hatanın büyüklüğünü ölçen kuadratik bir metriktir. İyi eğitilmiş bir modelde bu değer mümkün olduğunca düşük olması beklenir.

R-Square, determinasyon katsayısıdır. R-square her zaman 1'den küçüktür ve genellikle 0'dan büyüktür. Eğitilmiş modeli yanıtın sabit olduğu modelle karşılaştırır ve eğitim yanıtının ortalamasına eşittir. Model bu sabit modelden daha kötüyse, R-square negatiftir. İyi eğitilmiş bir modelde bu değer mümkün olduğunca 1'e yakın olması beklenir.

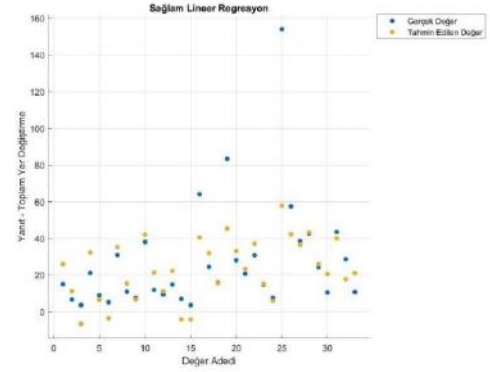
Yanıt grafiği, veri setinde yer alan gerçek çıktılar ile modelin tahmin ettiği çıktı değerlerinin gösterildiği grafiklerdir.

Artık değer grafiği, tahmin edilen ve gerçek yanıtlar arasındaki farkı göstermektedir.

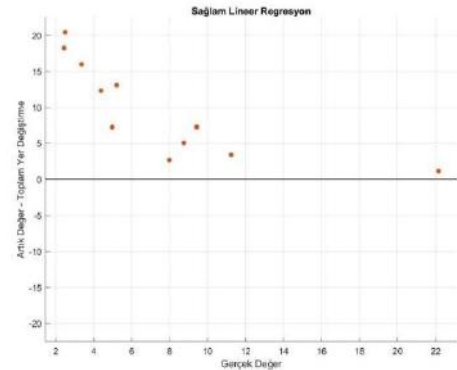
3.1. Sağlam lineer regresyon modeli

Bu modelin diğer regresyon modellerine göre farkı ve avantajı, aykırı değerlere karşı algoritmanın daha az duyarlı olması ve lineer yapısını koruma amacıyla küçük ağırlık değerlerine sahip olmasıdır.

Sağlam lineer regresyon modelinde yer değiştirme verisine karşılık doğrulama RMSE 19.542, doğrulama RMSE 11.624 ve doğrulama R-square 0,56 olarak elde edilmiştir. Bu model ile elde edilen yanıt grafiği Şekil.1 ve test verisi artık değer grafiği Şekil.2'de verilmiştir.

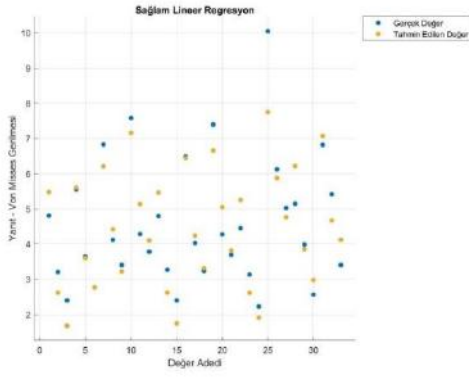


Şekil 1. Sağlam Lineer Regresyon – Eğitim Veri Seti – Toplam yer değiştirme – Yanıt Grafiği

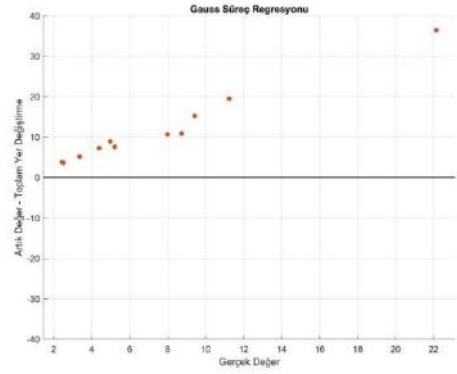


Şekil 2. Sağlam Lineer Regresyon – Test Veri Seti – Toplam yer değiştirme – Test Verisi Artık Değer Doğrulama Grafiği

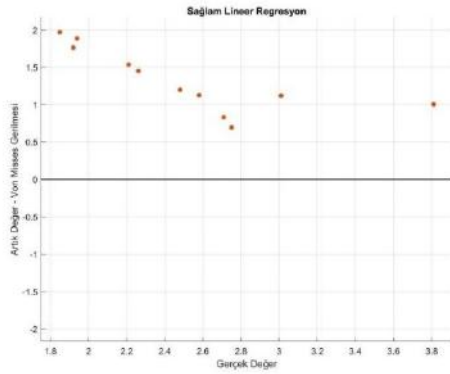
Sağlam Lineer Regresyon modelinde gerilme verisine karşılık doğrulama RMSE 0,74, doğrulama RMSE 1.38 ve doğrulama R-square 0,84 olarak elde edilmiştir. Bu model ile elde edilen yanıt grafiği Şekil.3 ve test verisi artık değer grafiği Şekil.4'te verilmiştir.



Şekil 3. Sağlam Lineer Regresyon – Eğitim Veri Seti – Von Misses Gerilmesi – Yanıt Grafiği

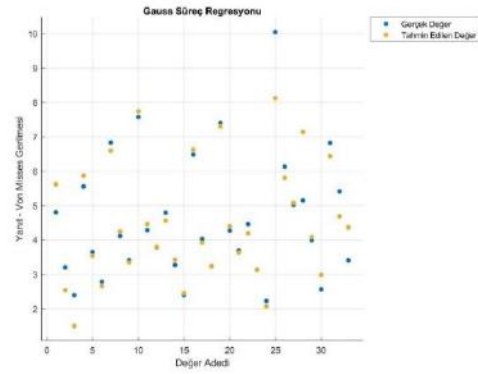


Şekil 6. Gauss İşlemci Regresyonu – Test Veri Seti – Toplam yer değiştirme – Test Verisi Artık Değer Doğrulama Grafiği



Şekil 4. Sağlam Lineer Regresyon – Test Veri Seti – Von Misses Gerilmesi – Test Verisi Artık Değer Doğrulama Grafiği

Gauss işlemci regresyon modelinde gerilme verisine karşılık doğrulama RMSE 0.362, doğrulama RMSE 1.40 ve doğrulama R-square 0,96 olarak elde edilmiştir. Bu model ile elde edilen yanıt grafiği Şekil.7 test verisi artık değer grafiği Şekil.8’de verilmiştir.

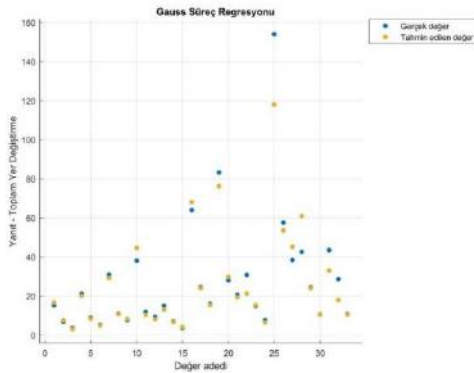


Şekil 7. Gauss İşlemci Regresyonu – Eğitim Veri Seti – Von Misses Gerilmesi – Yanıt Grafiği

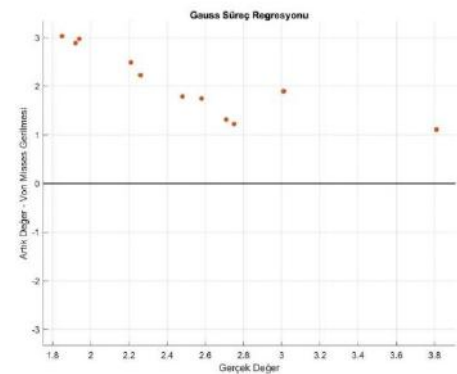
3.2. Gauss işlemci regresyon modeli

Gauss işlemci regresyon modeli yapı itibariyle bir fonksiyon uzayı üzerinde olasılık dağılımı kullanan, yorumlaması nispeten zor ancak doğruluk oranı yüksek bir modeldir. Bu modelin diğer regresyon modellerine göre farkı ve avantajı olasılık dağılımı sayesinde doğruluk oranının nispeten yüksek olmasıdır.

Gauss işlemci regresyon modelinde yer değiştirme verisine karşılık doğrulama RMSE 10.565, doğrulama RMSE: 15.821 ve doğrulama R-square 0,87 olarak elde edilmiştir. Bu model ile elde edilen yanıt grafiği Şeki.5 ve test verisi artık değer grafiği Şekil.6’da verilmiştir.



Şekil 5. Gauss İşlemci Regresyonu – Eğitim Veri Seti – Toplam yer değiştirme – Yanıt Grafiği



Şekil 8. Gauss İşlemci Regresyonu – Test Veri Seti – Von Misses – Test Verisi Artık Değer Doğrulama Grafiği

3.3. Model kıyaslaması

Sonuçlara istinaden, aşağıdaki tabloda her iki model olan sağlam lineer regresyon modeli ve Gauss işlemci regresyonu modeline ait parametrelerin yer aldığı bilgiler Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Test veri seti laminasyon ve sonuçları

Model	Sağlam lineer regresyon		Gauss işlemci regresyonu	
	Toplam yer değiştirme	Von Misses gerilmesi	Toplam yer değiştirme	Von Misses gerilmesi
Doğrulama RMSE	19.542	0.74	10.565	0.362
Test RMSE	11.624	1.38	15.821	1.4
Doğrulama R-square	0.56	0.84	0.87	0.96

Test veri setindeki laminasyon yapıları için iki modelin de tahmin değerleri Tablo 3'te yer almaktadır.

Tablo 3. Test veri seti tahmin değerleri

Sağlam lineer regresyon		Gauss işlemci regresyonu		Gerçek çıktı değeri	
Yer değ. (mm)	Gerlime (Mpa)	Yer değ. (mm)	Gerlime (Mpa)	Yer değ. (mm)	Gerlime (Mpa)
35.40	6.21	29.17	6.60	31.02	6.83
15.58	4.42	10.91	4.25	11.13	4.12
6.74	3.22	8.34	3.35	7.76	3.41
42.15	7.16	49.35	7.74	38.18	7.58
11.28	4.10	9.07	3.79	9.54	3.79
15.78	3.32	15.46	3.24	16.05	3.24
23.46	3.82	20.46	3.64	20.86	3.70
15.39	2.61	15.36	3.13	14.95	3.14
6.06	1.92	6.47	2.07	7.73	2.23
43.41	6.22	67.88	7.14	42.77	5.15
26.14	3.38	25.81	4.08	24.54	3.99

4. Sonuçlar

Çalışma kapsamında öncelikle Ansys yazılımı kullanılarak çekme kuvveti etkisi altında farklı laminasyon yapılarındaki kompozit malzemelerin yer değiştirme ve Von Misses gerilme değerleri ile 33 farklı laminasyondan oluşan eğitim veri seti ve 11 laminasyondan oluşan test veri seti oluşturulmuş ve veri setleri regresyon algoritmalarından oluşan sağlam lineer regresyon ve Gauss işlemci regresyonu modellerini eğitmek ve test etmek üzere oluşturulmuştur.

Her iki model de belirli bir doğruluk oranında yük altındaki kompozit malzemelerin yer değiştirme ve gerilme değerlerini tahmin eden sonuçları grafikleri ile beraber çıktı olarak vermiştir. Ancak Gauss işlemci regresyonu modeli ile sağlam lineer regresyon modeline nispeten daha doğru sonuçlar elde edilmiştir.

Regresyon modellerinden R-square değeri 1'e yakın olan model 0.86 ile Gauss işlemci regresyonu modelidir. Aynı zamanda Tablo 3'te belirtilen değerler de incelendiğinde sonlu elemanlar analizi ile elde edilen sonuçlara daha yakın değerler elde edildiği görülmektedir.

Aynı zamanda, her iki model de Von Misses gerilme değerlerini tahmin etme sürecinde daha doğru değerler vermiştir. Bunun sebebi, toplam yer değiştirme veri setinde Von Misses gerilme veri setine nispeten daha fazla aykırı değerler bulunmaktadır. Bu sebeple, her iki model de aykırı değerler sebebiyle daha yanlış tahmin etme eğilimindedirler.

Elde edilen sonuçlara göre, daha başarılı sonuç veren model Gauss işlemci regresyonu modelidir. Buna ek olarak, veri setinde yer alan aykırı değerler elimine edilip daha yakın değerlere sahip bir veri seti oluşturulur ise, aynı yöntem daha da doğru sonuçlar verecektir.

Yapılan çalışma ile, ilk defa üretimi planlanan kompozit malzemelerin yük altında gösterdiği yer değiştirme ve gerilme değerleri herhangi bir test ya da analiz gerçekleştirilmeden tahmin edilebilmektedir. Bu sayede, ilk defa üretilecek olan kompozit malzemelerin özellikleri üretim, test ve analiz öncesi bilinebilmektedir. Elde edilen bu tahminler ile üretim, test ve analiz işlemlerine başlandıktan sonra başarısız ya da beklentileri karşılamayacak olan bir kompozit malzeme çalışması önlenmektedir. Bu sayede, üretim, test ve analiz maliyet ve iş yükü önlenmektedir. Ayrıca, yeni kompozit malzeme keşfi için referans alınabilecek bir veri elde edilebilecek ve çalışması planlanan yeni kompozit malzeme özellikleri için ışık tutabilecektir.

Kaynaklar

- [1] Kondo, R., Yamakawa, S., Masuoka, Y., Tajima, S. & Asahi, R. (2017), Microstructure recognition using convolutional neural networks for prediction of ionic conductivity in ceramics, *Acta Materialia* 141, 29–38, <https://doi.org/10.1016/j.actamat.2017.09.004>, Nagakute
- [2] F. Buyrul, V. Ateş, A. Tunçel, A.H.M. Ariff, R. Çalın (2022), Predictions and Statistical Analysis of Mechanical Experiment Results of Aramid Fiber Reinforced Polymer Matrix Composites with Artificial Neural Networks, *Dergipark, Bursa*
- [3] Nateghi-A, F., Ahmadi, M.H. and Dehghani, A (2019)., Experimental study on improved engineered cementitious composite using local material, *Materials Sciences and Applications*, Vol. 9, No. 03, 315-329, Tehran
- [4] Ozkaya, U., Melgani, F., Bejiga, M. B., Seyfi, L., & Donelli, M. (2020). GPR B scan image analysis with deep learning methods. *Measurement*, 165, 107770.
- [5] Z. Kaya, H. Ersen Balçoğlu, H. Gün, A.Ç. Seçkin (2020), Machine learning approach to determine fracture behaviour in laminated composite, *Researchgate, Uşak*
- [6] Ö. Eyecioğlu (2021), Bazalt/PANI Kompozitlerinin Dielektrik Özelliklerinin Tahmini için Makine Öğrenmesi Modellerinin Karşılaştırılması, *Dergipark, Bursa*
- [7] <https://azure.microsoft.com/tr-tr/overview/machine-learning-algorithms/#overview>
- [8] W. Xie, W. Zhang, (2016), Experimental investigation of normal and oblique impacts on CFRPs by high velocity steel sphere, *Composites Part B* 99 483–493, Harbin



Data Hiding Based on Frequency Domain Image Steganography

Abdiwahab Mohamed Abdirashid^{1*}, Serdar Solak², Aditya Kumar Sahu³

^{1*} Department of Information Systems Engineering, Kocaeli University, 41001, Kocaeli, Turkey,(ORCID: 0000-0001-8247-7379), cabdalamoh@gmail.com

² Department of Information Systems Engineering, Kocaeli University, 41001, Kocaeli, Turkey,(ORCID: 0000-0003-1081-1598), serdars@kocaeli.edu.tr

³ Amrita School of Computing, Amaravati Campus, Amrita Vishwa Vidyapeetham, Amaravati, Guntur – 522502, Andhra Pradesh, India, (ORCID: 0000-0003-4257-0688), adityasahu.cse@gmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188597)

ATIF/REFERENCE: Abdirashid, A. M., Solak, S., & Sahu, A. K. (2022). Data Hiding Based on Frequency Domain Image Steganography. *European Journal of Science and Technology*, (42), 71-76.

Abstract

The rapid development in the field of communication and technology has led to a heavy increase in the data produced in digital environment, and the need to take various active security measures has arisen in the case of robust secured data and end-to-end transmission. In line with this need, widely used methods developed are Cryptography which scrambles the data to secure the information, and Steganography techniques aiming to conceal data in digital objects so third parties cannot detect the transmitted content. Image steganography techniques can be divided into two groups: spatial domain and transform domain. Spatial domain techniques embed messages directly in the intensity of the pixels, while the transform domains also known as frequency domain images are first transformed and then the message is embedded in the image. Many practices have been offered and developed in the literature to provide secure transmission of the data. In this paper, data-hiding techniques based on frequency domain image steganography has proposed. Among these techniques, the working principle of DFT has been explained, DCT and DWT techniques performed to embed and extract secret data. As a result of the proposed methods, it has been achieved to obtain the maximum data embedding capacity in the cover image by minimizing the distortion in the stego image. It has been observed that the size and quality of the JPEG stego images have been obtained without deterioration after the data is hidden. The experimental results show successful extraction of the accurate secret message. Some good PSNR of ≈ 50 dB and SSIM results of the proposed methods can represent successful restoration for the same image.

Keywords: Information Security, DCT, DWT, DFT, Frequency Domain, Data Hiding.

Frekans Alanı Görüntü Steganografisine Dayalı Veri Gizleme

Öz

İnternet ortamında, sağlam ve güvenli veri aktarımı söz konusu olduğunda, çeşitli aktif güvenlik önlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaç doğrultusunda yaygın olarak, şifreleme ve veri gizleme teknikleri kullanılır. Şifreleme veriyi anlaşılacak şekilde karıştırırken, veri gizleme ise verinin varlığını anlaşılacak şekilde gizlemektir. Veri gizleme işleminde görüntülere veri gizlenmesi, Görüntü Steganografisi olarak bilinir. Görüntü steganografisinde kullanılan teknikler uzamsal alan ve dönüşüm alanı iki grupta incelenir. Uzamsal alan teknikleri, gizlenecek bilgileri doğrudan piksellere yerleştirirken, frekans alan tekniklerinde dönüşüm işlemi gerçekleştirilir ve bilgi gizlemesi yapılır. Makalede, frekans dönüşüm alanına dayalı veri gizleme teknikleri kullanılmaktadır. Gizli verileri gömmek ve çıkarmak için DCT ve DWT teknikleri uygulanmıştır. Önerilen yöntemler sonucunda stego görüntüdeki bozulmayı en aza indirerek kapak görüntüsünde maksimum veri gömme kapasitesi elde edilmesi sağlanmıştır. Deneysel sonuçlar, gizli bilginin başarılı bir şekilde doğru olarak çıkarıldığını göstermektedir. Ayrıca önerilen yöntemlerin PSNR değeri ortalama 50 dB'in üzerinde olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bilgi Güvenliği, DCT, DWT, DFT, Frekans Uzayı, Veri Gizleme.

* Corresponding Author: cabdalamoh@gmail.com

1. Introduction

The field of information security research has been challenged by security issues in online data transmission and communication to develop techniques to prevent any third-party interception during communication over the internet [1]. One of the methods to ensure the security of digital data is using steganography, cryptography, and digital watermarking. Steganography is hiding information in digital cover objects and protecting embedded content by hiding the existence of valuable data [2]. Methods of digital watermarking are used to protect the ownership or copyright of original content [3]. Many steganographic techniques have been proposed to provide secure data exchange through an open communication channel. These approaches are mainly hosted under two domains: In spatial domain techniques [4] [5], and frequency domain techniques. In the spatial domain data hiding, and replacement is directly applied to the pixels of the image, LSB [6] is the commonly used method in the spatial domain [7]. Whereas in the frequency domain the cover image is transformed from spatial to frequency by applying DCT, DWT, and DFT methods [8]. The generated image after applying steganographic algorithms is called Stego-image. This paper proposes data hiding in digital images by using steganographic techniques based on frequency domains. Digital steganography [9] is classified into image, audio, and video. In this paperwork, image steganography techniques [10] are preferred to achieve a maximum level of data embedding capacity [11]. Images comprise square pixels in the type of RGB color, bilevel, and greyscale images. RGB-colored images consist of red, green, and blue which represents 8-bit pixel for each color channel in a total of 24-bit pixel. Greyscale images contain Black and White color tones in which each pixel represents 8 bits.

Pixel intensity in images is between 0 to 255 as shown in **Figure 1**.

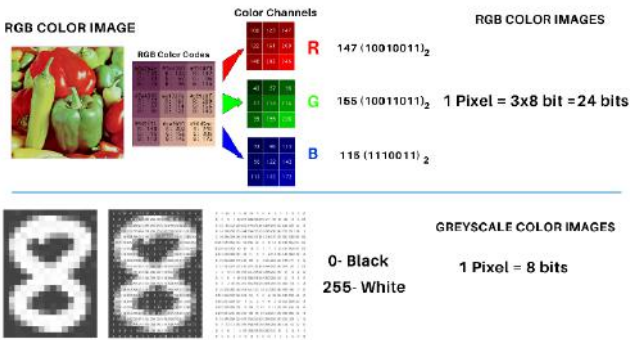


Figure 1 Color Spaces in Digital Images

The method implemented is DCT which will give us a very sharp data transition because of its high frequency. Data Embedding process is first transformed the cover image using frequency- oriented mechanism like discrete cosine transform domain (DCT), then secret data is embedded by modifying some frequency coefficients. The rest of this paper is organized as follows. Section II literature survey of the proposed method is explained, in Section 3 Proposed Method is explained, in Section 4 Experimental results are discussed, and last Section 5 provides the Conclusion of the paper.

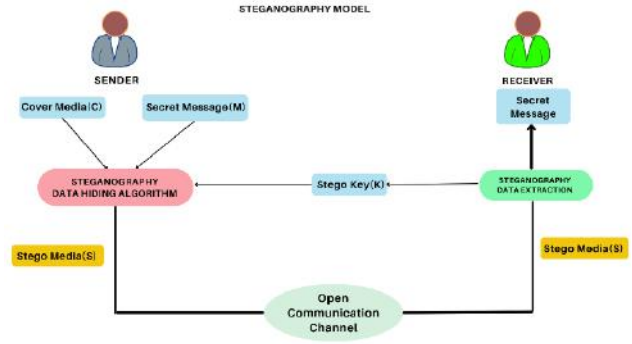


Figure 2 Steganography model

1.1. Discrete Fourier Transform Domain(DFT)

In Fourier transform, DFT the secret image to be sent is converted into its ASCII format according to the length of secret data. The cover image with the size $M \times N$ is represented as a two-dimensional function of $f(x, y)$ in the spatial domain is also subjected to two dimensional Discrete Fourier Transform. The DFT consists of both real and imaginary coefficients. Therefore, the secret image is embedded into the real coefficients of the DFT-converted cover image. Once the embedding process is done, the cover image is converted to its spatial domain by applying inverse DFT to obtain the stego image. The receiver side can extract the ASCII values of the embedded secret image from real coefficients of the cover image by applying DFT.

DFT [12] is applied in the image according to the partition of the sine and cosine frequency components. 2D Fourier transform's mathematical function $f(x, y)$ is shown Equation below.

$$F(u, v) = \frac{1}{MN} \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) \cdot e^{-j2\pi \cdot (\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (1)$$

u, v are frequency parameters in the DFT domain.

$$F(x, y) = \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} f(u, v) \cdot e^{-j2\pi \cdot (\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N})} \quad (2)$$

x, y are the spatial variables in the image.

1.2. Discrete Wavelet Transform Domain(DWT)

Wavelet transform transforms an image from spatial to transform domain. The Haar-DWT(HDWT) [13] is widely used and it is the easiest transformation. The operation of 2D-DWT consists of the construction of scanning images horizontally and vertically. The procedure of these operations is explained as follows:

Step 1: First pixels of the image is scanned from left to right in the horizontal direction. The addition and subtraction operations are applied to the neighboring pixels. Next is to store the sum on the left blocks and the difference on the right, this operation is illustrated in Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.. This process is repeated until all the scanned rows are processed. The mentioned pixel summation is denoted as a low-frequency (L) and pixel differences as a high-frequency band (H).

Horizontal Operation on First row

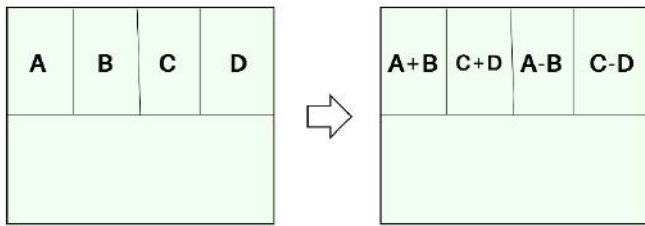


Figure 3 DWT Horizontal Scan on the first row

Step 2: Pixels are scanned from top to bottom in a vertical direction. Addition and subtraction operations are performed on adjacent pixels. Next is to store the sum on top and the difference on the bottom. This operation is repeated until all columns are processed as illustrated in **Figure 4**.

The Vertical Operation

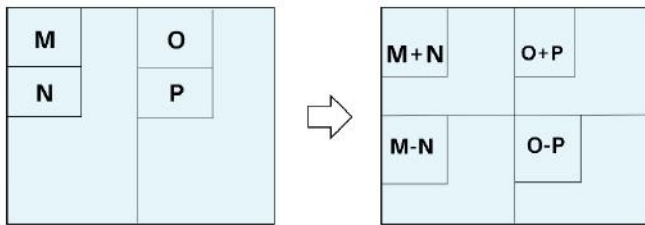


Figure 4 DWT Vertical scan operation

The sub-bands LL denotes a low-frequency block and it is very similar to the original image, any modification made to this sub-band could be captured by the intruders' attention, other sub-bands are Middle-level frequency(HL, LH), and high-frequency(HH). Modifications done to the HH sub-band can not be noticed by observers, it is imperceptible to the human visual system. Wavelet transformation provides both spatial and frequency embedding. **Figure 5** shows the Barbara image with 4-Level DWT.



Figure 5 Barbara Image 4-Level DWT

1.2.1. Data Hiding Algorithm Process with DWT in Image Steganography

1. Read cover Image (C).
2. Read secret message (S)
3. The secret message is converted to binary format.
4. The cover image is divided into 4×4 blocks.
5. Apply 2D- Haar DCT to get Low-frequency(LL),

6. Middle-level frequency(HL, LH), and high frequency(HH) sub-bands.
7. Apply LSB to each sub-band to replace secret data.
8. Calculate the inverse of 2D-HDWT for each 4×4 block.
9. Stego image(S) is finally produced.

1.2.2. Data Extraction Process with DWT in Image Steganography

1. Read the stego image (S).
2. Divide the stego image into 4×4 blocks.
3. Extract coefficients in the transform domain by using 2D- HDWT for each 4 blocks.
4. Apply LSB to extract the secret message from the pixels.
5. Extract the secret message.

2.Literature Survey

Many steganography techniques based on transform domain techniques have been found in the literature. Ramadhan J. Mstafa *et al* [14] have proposed video steganography based on DCT-DWT techniques. Their method focused on offering complete security criteria such as robustness, imperceptibility, and so on. First, they applied multiple object tracking (MOT) algorithm to allocate specific regions of interest (ROI) in the Cover video, then secret data is embedded in the chosen region by using DCT and DWT coefficients. They achieved high-security results and the algorithm is resistant to any possible attacks. Rufeng Chu *et al* [15] proposed DCT -based image steganography technique which takes advantage of the discrete cosine coefficients between the adjacent pixel blocks. They achieved good-quality images and the method is resistant to possible attacks. Abdelhafiz MM. *et al* [16] proposed a hybrid method based on the steganography domain and encrypted domain together. The method used left the most significant-bit (LMSB) areas in the image to hide the secret data in the quantized DCT coefficients. Evaluations show good results based on the quality measures and applied some steg attacks. Mohamed Hamidi *et al* [17] proposed a watermarking method a hybrid frequency domain consisting of DCT and DFT both together. They applied Arnold transform (AT) to enhance the security of their algorithm. They achieved robustness and imperceptibility compared with similar methods. Shakir, H.R. *et al* [18] proposed a crypto-stego based method that combined AES encryption, Wavelet transform in steganography, and chaotic pixel shuffling.

3. Proposed Method

The proposed method is aiming high embedding capacity without compromising the original visual quality of the reconstructed stego image and preventing any possible distortion. JPEG-format greyscale color images with the size of (512×512) are used for the experiment. JPEG images are maintained by converting the RGB color model to JPEG-YCbCr color space. The luminance channel is represented as (Y), whereas CbCr channels are representing the chrominance components of the color space. The proposed method uses a (Y) channel to embed secret data because it is an ideal space for data hiding and it provides a simple reconstruction of the original image. After choosing the luminance channel(Y) we divide it into 8×8 non-

overlapping blocks and apply DCT on each pixel blocks, next quantization is applied on the obtained DCT pixel blocks then standard JPEG quantization is utilized as shown in **Table 1**

The embedding and extraction process has shown in **Figure 6** in detail.

16	11	10	16	24	40	51	61
12	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Table 1 JPEG Standard Quantization Table

3.1. DataHiding Algorithm process with DCT in Image Steganography

1. Read the Cover Image(C)
2. Read secret message(M)
3. Convert secret messages into binary.
4. Divide the selected channel(Y) of the Cover Image(C) into 8x8 non-overlapping blocks.
5. Apply and calculate DCT for each block.
6. Quantize each DCT block using the standard JPEG quantization **Table 1**
7. Embed the secret message(M) by swapping with calculated each DCT coefficient.
8. Stego image(S) is finally produced.

Below the DCT mathematical function is shown in Eq. (3), and Eq. (4) inverse DCT which is used to reconstruct the frequency-transformed image into the spatial domain:

$$C(u, v) = f(x, y) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \alpha(u) \cdot \alpha(v) \cdot \cos\left[\frac{(2x+1) \cdot u \cdot \pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1) \cdot v \cdot \pi}{2N}\right] \quad (3)$$

For $u, v = 0, 1, 2, 3, \dots, N - 1$

IDCT(inverse DCT) function: (4)

$$f(x, y) = C(u, v) \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \alpha(u) \cdot \alpha(v) \cdot \cos\left[\frac{(2x+1) \cdot u \cdot \pi}{2N}\right] \cos\left[\frac{(2y+1) \cdot v \cdot \pi}{2N}\right]$$

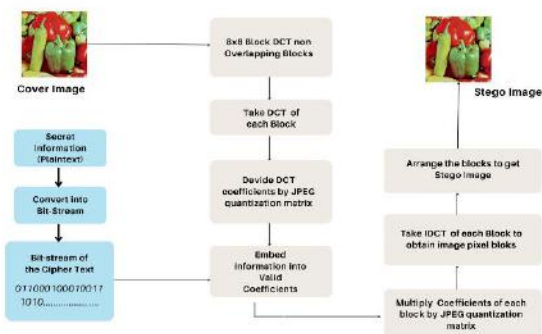


Figure 6 Embedding process of DCT in Image Steganography

3.2. Extraction Algorithm Process with DCT in Image Steganography

1. Read the Stego Image(S)
2. Separate the Stego image into 8x8 blocks of pixels.
3. Apply DCT for each Pixel block.
4. Use a quantization table **Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.** to compress each block.
5. Calculate LSB for each DC coefficient.
6. Convert each bit into character and extract the secret message.

4. Experimental Results and Evaluations

Commonly used performance evaluation metrics [19] in data hiding techniques such as PSNR, MSE, and SSIM are given in this experiment as it's calculated in **Table 2**, and the equations below are used to calculate these values:

$$MSE = \frac{1}{m \cdot n} \sum_0^{m-1} \sum_0^{n-1} (X'_{i,j} - X''_{i,j})^2 \quad (5)$$

$$PSNR = 10 * \log_{10} \left(\frac{max^2}{MSE} \right) \quad (6)$$

$$SSIM(x, y) = \frac{(2\mu_x\mu_y + c1)(2\sigma_{xy} + c2)}{(\mu_x^2 + \mu_y^2 + c1)(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 + c2)} \quad (7)$$

Images 512 x 512	PSNR(dB)		SSIM		MSE	
	DCT	DWT	DCT	DWT	DCT	DWT
Lena	49.97	36.89	0.98	0.92	0.82	0.42
Peppers	36.26	37.2	0.95	0.7	0.69	0.49
Mandrill	48.67	47.54	0.92	0.96	0.93	0.68

Table 2 Method Evaluation Metrics

4.1. Histogram and Visual Quality Difference

The histograms of the proposed method are shown in the figures **Figure 7**, **Figure 8**, **Figure 9** below. It has been observed that there is no difference between both cover image and stego image after applying high JPEG compression and maximum data embedding.

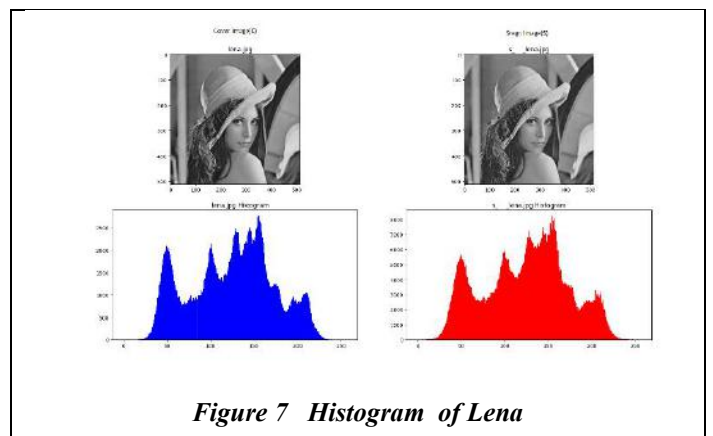


Figure 7 Histogram of Lena

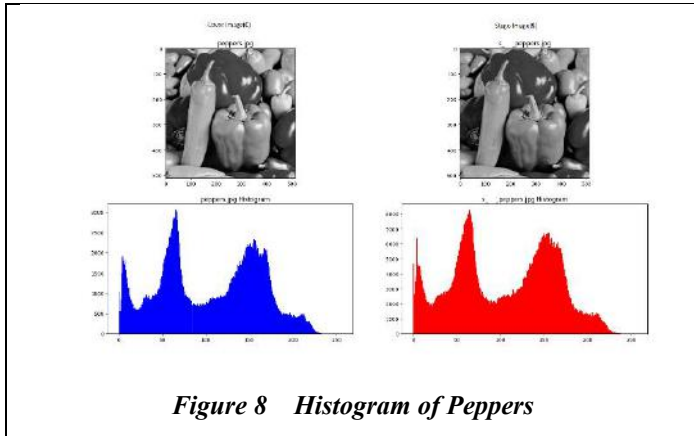


Figure 8 Histogram of Peppers

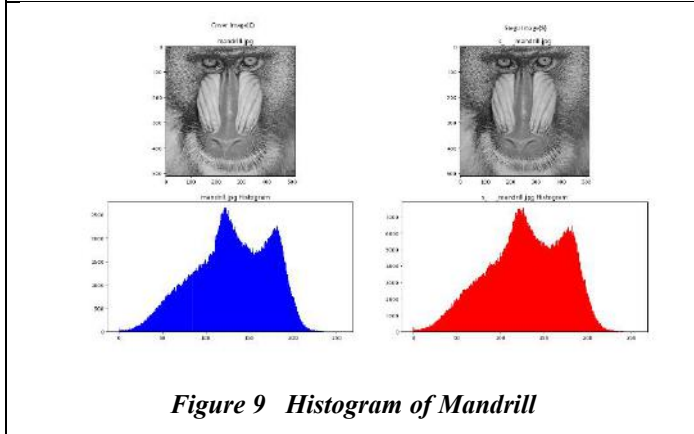


Figure 9 Histogram of Mandrill

5. Conclusions

This paper proposed secure data hiding algorithms based on frequency domain in image steganography. The methods are evaluated according to the criteria of imperceptibility, payload capacity, and robustness. Some applied objective performance measurement metrics are PSNR, MSE, and SSIM. Among the proposed frequency domain steganography algorithms, DCT is the one with the best results and strong robustness. DCT is the most widely used technique in signal processing and linear transformation in data compression, it has strong energy compaction and is capable of achieving high-quality maximum data compression ratios. Thus DCT is the recommended method to apply for better data hiding in the frequency domain. The proposed method is also evaluated under subjective measurements, it has been observed that there was no visible difference when the quality of the stego image compared with the original cover image. Most of the time, due to the JPEG high compression method applied by the DCT algorithm to the image, block artifacts or quality degradation may occur in the image, and it can be said that our algorithm prevents this issue.

References

[1] «Sahu, A. K., & Sahu, M. (2020). Digital image steganography and steganalysis: A journey of the past three decades. *Open Computer Science*, 10(1), 296-342».

[2] «Johnson, N. F., & Jajodia, S. (1998). Exploring steganography: Seeing the unseen. *Computer*, 31(2), 26-34».

[3] «Cox, I., Miller, M., Bloom, J., Fridrich, J., & Kalker, T. (2007). *Digital watermarking and steganography*. Morgan kaufmann».

[4] «Hussain, M., Wahab, A. W. A., Idris, Y. I. B., Ho, A. T., & Jung, K. H. (2018). Image steganography in spatial domain: A survey. *Signal Processing: Image Communication*, 65, 46-66».

[5] «SOLAK, S., & ALTINIŞIK, U. (2021). Image Steganography-Based GUI Design to Hide Agricultural Data. *Gazi University Journal of Science*, 34(3), 748-763».

[6] «Sahu, A. K., & Swain, G. (2019). A novel multi stego-image based data hiding method for gray scale image. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 27(2), 753-768».

[7] «Solak, S., "High Embedding Capacity Data Hiding Technique Based on EMSD and LSB Substitution Algorithms," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 166513-166524, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.3023197».

[8] «Mandal, P. C., Mukherjee, I., Paul, G., & Chatterji, B. N. (2022). *Digital Image Steganography: A Literature Survey*. *Information Sciences*».

[9] «Uzun, M., Solak, S. (2022), GÖRÜNTÜ STEGANOĞRAFİSİNDE YAYGIN KULLANILAN VERİ GİZLEME TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 816-830».

[10] «Solak, S., & Altınışik, U. (2019). Image steganography based on LSB substitution and encryption method: adaptive LSB+ 3. *Journal of Electronic Imaging*, 28(4), 043025».

[11] «Sahu, A. K., & Swain, G. (2019). A novel multi stego-image based data hiding method for gray scale image. *Pertanika Journal of Science & Technology*, 27(2), 753-768».

[12] «Liao, X., Li, K., & Yin, J. (2017). Separable data hiding in encrypted image based on compressive sensing and discrete fourier transform. *Multimedia Tools and Applications*, 76(20), 20739-20753».

[13] *Chan, Y. K., Chen, W. T., Yu, S. S., Ho, Y. A., Tsai, C. S., & Chu, Y. P. (2009). A HDWT-based reversible data hiding method. *Journal of Systems and Software*, 82(3), 411-421.*

[14] Mstafa, R. J., Elleithy, K. M., & Abdelfattah, E. (2017). A robust and secure video steganography method in DWT-DCT domains based on multiple object tracking and ECC. *IEEE access*, 5, 5354-5365.

[15] Chu, R., You, X., Kong, X., & Ba, X. (2004, May). A DCT-based image steganographic method resisting statistical attacks. In *2004 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (Vol. 5, pp. V-953)*. IEEE.

[16] Abdel-Aziz, M. M., Hosny, K. M., & Lashin, N. A. (2021). Improved data hiding method for securing color images. *Multimedia Tools and Applications*, 80(8), 12641-12670.

[17] «Hamidi, M., Haziti, M. E., Cherifi, H., & Hassouni, M. E. (2018). Hybrid blind robust image watermarking technique based on DFT-DCT and Arnold transform.

Multimedia Tools and Applications, 77(20), 27181-27214».

- [18] «Shakir, H. R. (2019). An image encryption method based on selective AES coding of wavelet transform and chaotic pixel shuffling. Multimedia Tools and Applications, 78(18), 26073-26087».
- [19] «Konyar, M. Z., & Solak, S. (2021). Efficient data hiding method for videos based on adaptive inverted LSB332 and secure frame selection with enhanced Vigenere cipher. Journal of Information Security and Applications, 63, 103037».



PCG Frame Classification by Classical Machine Learning Methods Using Spectral Features and MFCC Based Features

Ali Fatih Gündüz^{1*}, Muhamed Fatih Talu²

^{1*} Malatya Turgut Özal University, Akçadağ Vocational Highschool, Malatya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3838-6813), fatih.gunduz@ozal.edu.tr

² İnönü University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Malatya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1166-8404), fatih.talu@inonu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188483)

ATIF/REFERENCE: Gündüz, A.F. & Talu, M.F. (2022). PCG Frame Classification by Classical Machine Learning Methods Using Spectral Features and MFCC Based Features. *European Journal of Science and Technology*, (42), 77-82.

Abstract

Cardiovascular diseases are some of the most common diseases today. Congenital abnormalities, diseases caused by impaired heart rhythm, vascular occlusion, post-operation arrhythmias, heart attacks and irregularities in heart valves are some of the various cardiovascular diseases. Early recognition of them is very important for obtaining positive results in treatment. For this purpose, it is tried to diagnose and detect cardiovascular diseases by listening to the sounds coming from the heart. During the rhythmic work of the heart, the contraction and relaxation of the heart chambers and the filling and discharge of blood from the heart into the veins create the sounds that are identified with the heart. Among the characteristic sounds of the heart, there can be some sounds similar to rustling which are indicators of pathological conditions. These unexpected sounds, similar to rustling, are called heart murmurs. Phonocardiograph device is used to record these mechanical sounds via microphone. Heart sounds recordings captured by a phonocardiograph device are called phonocardiograms (PCGs). Expert physicians try to detect the heart murmurs by listening to the heart sounds and examining PCGs. Ambient noise, the squeak of the microphone, and the patient's breathing sounds are the factors that make this task more difficult and challenging. Computer-aided systems supported with machine learning, signal processing and artificial intelligence algorithms offer solutions to help physicians in this regard. In this study, detection of heart murmur from PCG frames was examined. PCG frames of equal length, obtained by fragmenting the PCG recordings into 1-second-long frames, were classified by widely used machine learning methods namely C4.5 decision tree, Naive Bayes, Support Vector Machines and k-nearest neighbor. To train those classifiers we used spectral features of PCG signals, averages of MFCC values and some refined features obtained from a deep learning model which was inputted MFCC values. At the end of this manuscript the accuracies of those machine learning methods were compared.

Keywords: Biomedical signal processing, machine learning, deep learning, heart murmur, PCG, classification.

Spektral Özellikler ve MFCC Tabanlı Özellikleri Kullanan Klasik Makine Öğrenmesi Metotlarıyla PCG Parça Sınıflandırması

Öz

Günümüzde en sık rastlanan hastalıklardan birisi kalp damar rahatsızlıklarıdır. Doğuştan gelen anormallikler, kalp ritminin bozulmasıyla çıkan hastalıklar, damar tıkanıklığı, ameliyat sonrası ortaya çıkan aritmiler, kalp krizleri ve kalp kapacıklarındaki düzensizlikler çeşitli kardiyovasküler hastalıklardan bazılarıdır. Bunların erken fark edilmesi tedavide olumlu sonuçlar almak için oldukça önemlidir. Bu amaçla kalpten gelen sesler dinlenerek kardiyovasküler rahatsızlıkların teşhis ve tanısı yapılmaya çalışılmaktadır. Kalbin ritmik çalışması esnasında kalp odacıklarının kasılıp gevşemesi, kanının kalpten damarlara dolup boşalması kalple özdeşleşen

* Corresponding Author: fatih.gunduz@ozal.edu.tr

sesleri meydana çıkarır. Kalbin karakteristik seslerinin içinde ise patolojik durumların bir göstergesi olarak hışırtıya benzer sesler duyulur. Hışırtıya benzeyen beklenmedik bu sesler kalp üfürümü olarak adlandırılır. Bu mekanik sesleri mikrofon vasıtasıyla kaydetmek için Fonokardiyograf cihazı kullanılır. Kalpten gelen seslerin alındığı kayıtlarda da fonokardiyogram denilmektedir. Değişken uzunlukta olabilen bu kayıtlardan üfürümü uzman hekimler dinleyerek tespit etmektedir. Ortam gürültüsü, mikrofonun cızırtısı, hastanın nefes alış/veriş sesleri ise bu görevi zorlaştıran etmenlerdir. Makine öğrenmesi, sinyal işleme ve yapay zeka algoritmalarıyla elde edilen bilgisayar destekli sistemler bu konuda uzman hekimlere yardımcı olacak çözümler sunmaktadır. Bu çalışmada PCG kayıtlarının 1 saniye uzunluğunda kesitlere parçalanmasıyla elde edilen eşit uzunluktaki segmentlerinin makine öğrenmesi yöntemleriyle normal veya üfürüm içeren şekilde sınıflandırılması amaçlandı. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan ve meşhur olan C4.5 karar ağacı, Naive Bayes, Destek Vektör Makinaları ve k-en yakın komşu sınıflayıcıları kullanıldı. Özellik olarak da PCG sinyallerinin spektral değerleri, MFCC değerlerinin ortalamaları ve MFCC değerlerinden derin öğrenme ile elde edilen özellikler kullanıldı. Farklı makine öğrenmesi yöntemlerinin performansları doğruluk değerlerine göre karşılaştırıldı.

Anahtar Kelimeler: Biyomedikal sinyal işleme, makine öğrenmesi, derin öğrenme, kalp üfürümü, PCG, sınıflandırma.

1. Introduction

The heart is the core organ of human body which is responsible of transporting blood to every part of the body through the veins. It acts like a pump that works continuously and regularly. Located above the diaphragm and between the two lungs, the heart is about the size of a fist. Human heart beats around 100,000 times a day, which corresponds to between 60 and 100 beats per minute [1], [2]. The process from one beat of the heart to the following beat is called as cardiac cycle. The cardiac cycle can take varying times depending on the heart rhythm. For example, in someone with a heart rate of 60, the cardiac cycle will take 1 second. With the stimulation of the heart primarily by the SA node, blood flows from the atriums to the ventricles and the heart relaxes. Then, with the contraction of the ventricles, the blood passes into the pulmonary and aortic vessels. During all this blood flow, the valves in the heart (tricuspid, pulmonary, mitral and aortic valves) open and close, and blood is transferred from one chamber to another by producing mechanical sounds.

The sounds expected to be heard in healthy people are first (S1) and second (S2) heart sounds. In addition to these, third (S3) and fourth (S4) sounds may be present in special cases (pregnant women, athletes, children). Apart from these, incomplete closure of the heart valves, backflow of blood, narrow valves, and deformations in the veins can make the blood utter a rustling sound. These abnormal sounds are called heart murmurs. Detecting and grading murmurs by listening and distinguishing them from ambient sounds and noises is a challenging job that requires expertise.

There are many tools used to examine the functioning of the cardiovascular system. Phonocardiography is one of them. It is a non-invasive, practical, inexpensive and common approach. The sounds heard during the beating of the heart are recorded electronically with a microphone held on the skin near the heart with a phonocardiograph device. These recordings are called phonocardiograms (PCGs). PCG recordings can be listened to over and over again, examined in detail, and opinions from different experts can be obtained. Although PCG examination has been the studied for a long time, it is still an important problem and attracts researchers [3], [4].

The period from one beat of the heart to the next beat is called the cardiac cycle. First (S1) and second (S2) heart sounds regularly follow each other. The consecutive S1 and S2 sounds in each cardiac cycle are heard as a loop-dup. In healthy people, there is a short silent period between these two sounds. The silent interval between S1-S2 is called systole and the silent interval between S2-S1 is called diastole. One of the most frequently used processes in PCG analysis is to segment these four phases of the heart sound signal according to the temporal start and end points. Heart murmur sounds can be heard during all four phases of the

cardiac cycle. Sounds coming from the heart are rhythmic and consist of certain frequency components. First heart sound consists of components in the frequency ranges 40-200 Hz and second heart sound consists of components in the 50-250 Hz frequency range [1]. On the other hand, the frequency range of the heart murmurs is around 200-600 Hz [5].

Researchers have studied murmurs and other abnormalities in PCG recordings for decades. For this purpose, competitions were organized and data sets with various difficulties were shared. Examples of these are the PhysioNet [6] datasets (CinC2016 and CirCor2022) and the PASCAL [7] dataset. Other than these publicly shared data sets, studies have also been carried out with private data sets that are owned by institutes and hospitals.

Potes et al. [8] won the first place in the PhysioNet 2016 competition with their ensemble classifier of AdaBoost and Convolutional Neural Network (CNN) classifiers. After resampling the CinC2016 data set into 1000 Hz, they filtered out the components outside the 25-400Hz range with a band-pass filter. During the training phase of their model, they applied cross-validation by randomly dividing data set into 80%-20% train/test sets. They achieved 86% accuracy in the competition with their model.

In another study using CinC2016 dataset [9], 88.7% accuracy was obtained by using Random Forest (RF), Extreme Gradient Boosting (XGB), k nearest neighbor (kNN) and their ensemble form. In addition, Rath et al. [9] investigated the optimal k value of the kNN method for PCG classification and determined it as 50.

Noman et al. [10] used the Cinc2016 dataset as well, and they obtained 89.2% accuracy by combining two deep learning models, one of them is 1D CNN and the other one is 2D CNN. MFCC features were used in the training of the 2D CNN model.

CinC2016 data set was also used by Das et al. [11]. They first performed segmentation and then murmur detection on the cochleagram images. Those images were extracted from the PCG recordings and then classified by deep neural network (DNN). They achieved 98.3% accuracy by their model.

Arslan [12] applied 5 level Empirical Mode Decomposition (EMD), Discrete Wavelet Transform (DWT) and Wavelet Packet Transform (WPT) and then extracted the mean, standard deviation, energy and entropy properties from the signals. Those features were used to train kNN, Support Vector Machine (SVM), RF and Extreme Learning Machine (ELM). Chowdhury et al. [13] classified the CinC2016 dataset with 97.1% accuracy using a DNN, which was trained with MFCC features extracted from PCG signals.

Using PASCAL dataset, Ismail et al. [2] produced spectrograms from PCG signals and then used them at the training of AlexNet deep learning model. Additionally, they trained SVM classifier with features obtained from those spectrograms by using a deep learning method. Finally, classifications of AlexNet and SVM

were combined to make overall classification by applying majority voting.

A necessary process in the analysis of audio signals is to divide the signal into equal-length parts. Having frames which are equal with respect to length is generally necessary for feature extraction and neural network training. Variable lengths can be experimentally chosen. For example, Langley and Murray [14] extracted features from the 5-second-long frames of PCG signals without any segmentation and classified them with a decision tree.

In traditional machine learning approaches, it is desirable to have good feature sets that represent the data as well as possible. For this purpose, many features are extracted and used. However, not all of these features are equally important in representing the data. In addition, having a large number of features can sometimes have a negative effect such as increasing the duration of classification and consuming larger resources. To avoid this, the feature space is sometimes narrowed by methods such as Principal Component Analyses (PCA). In contrast to classical machine learning models, deep learning models automatically extracts features and put away manual feature engineering. We can say that today, researchers are more interested in deep learning methods due to good performance and automatic feature extraction attribute.

In this study, we aimed to classify 1-second-long frames of PCG recordings by using traditional machine learning methods. We compared the performances of C4.5 decision tree, SVM, Naive Bayes and kNN machine learning methods at classification of abnormal (containing murmur) and normal (murmur-free) PCG recordings. As features, we used MFCC based features and spectral properties of PCG signals. Those classifiers were trained and tested by 10-fold cross validation and their accuracies were compared.

2. Material and Method

2.1. Database

We conducted our study using two datasets shared online by PhysioNet [6] in 2016 and 2022. These are respectively PhysioNet Computing in Cardiology Challenge 2016 (CinC2016) [15] and CirCor Digiscope Phonocardiogram Data Set (CirCor2022) [16]. Both datasets have PCG recordings with murmur (abnormal) and without murmur (normal). In addition to these two classes, the CirCor2022 dataset also contains a small number of samples labelled as unknown. The details of the data sets are given in the Table 1. By eliminating samples which are labelled as unknown from the CirCor2022 dataset, we obtained a database with two classes. We conducted our study using only abnormal and normal samples.

As it can be seen in Table 1, the data sets consist of records captured at different sampling frequencies. Therefore, all samples were resampled to 1000Hz to eliminate this problem in the preprocessing stage. In addition, PCG signals were normalized to the [-1, 1] range.

Table 1. Properties of the data sets used in this study. FS: Sampling frequency in Hz.

Data set	FS	Total Samples	Distribution
CinC2016	2000	3240	665 abnormal, 2575 normal
CirCor2022	4000	3118	604 abnormal, 2358 normal, 156 unknown

2.2. Method

The PCG records in our datasets are of variable size. During preprocessing, the PCG signals were resampled to 1 kHz, normalized and then split into 1-second-long frames. At the end of splitting process, the CinC2016 data set was divided into 71344 frames, of which 16687 are abnormal and 54657 are normal. On the other hand, the CirCor2022 data set was divided into 66300 parts, having 13070 abnormal and 53230 normal ones. The abnormal/normal ratios of the datasets are approximately 31% and 25%, respectively.

Unbalanced data affect negatively the training performance. Therefore, we applied sliding window with 1-second-long windows length and 50% overlap rate to augment the fewer class frames. Equal numbers of normal and abnormal PCG signal frames were obtained and used for training. The proposed method in our study is shown in Figure 1.

In the feature extraction phase, we first obtained the Mel-Frequency Cepstrum Coefficients (MFCC) which are frequently used features in speech recognition. Like human ear, MFCC tends to show more sensitivity below a certain frequency band during distinguishing sounds and in this sense, it mimics human auditory system [13], [17].

To obtain MFCC features, pre-emphasizing is the first step in which high frequencies are amplified. Then the quasi-stationary signal is divided into short frames across which the signal is assumed to be stationary. Generally consecutive frames overlap a pre-defined amount of time. Then a window (such as Hamming, Hanning or etc.) is applied on the frames to reduce edge effects and smooth the edges. Then Discrete Fourier Transform is applied on the windowed frames to compute the periodogram. Then the Fourier transformed signal is passed through Mel-filter bank (a set of bandpass filters). This phase results in non-linear frequency resolution. It is given in the Equations 1 and 2 where f is physical frequency and f_{MEL} is its Mel-frequency representation.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n) e^{-\frac{j2\pi nk}{N}}; 0 \leq k \leq N-1 \quad (1)$$

$$f_{MEL} = 2595 \log_{10} \left(1 + \frac{f}{700} \right) \quad (2)$$

Now Mel spectrum is fit into log format in which most of the signal information is represented by the first few coefficients. M is total number of Mel weighting filters and $H_m(k)$ is the weight given to k^{th} energy spectrum bin according to Equation 3.

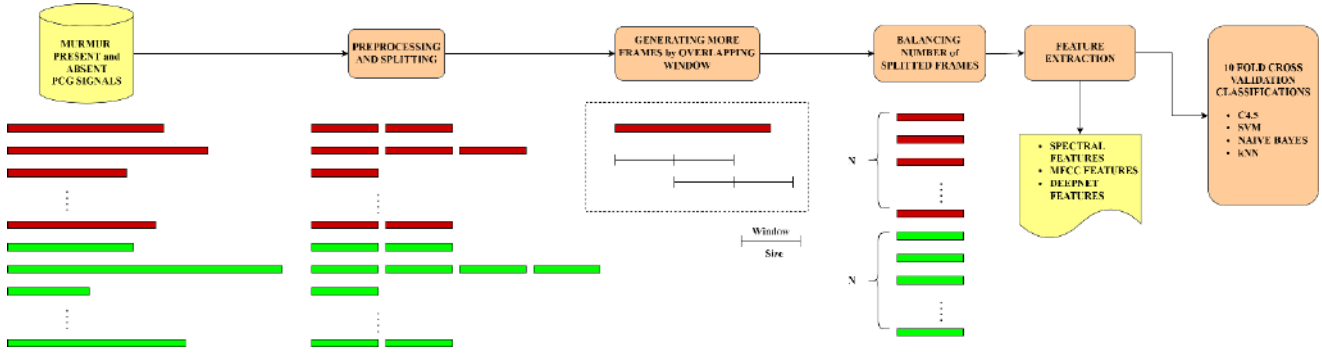


Fig. 1. Proposed method

$$P_{filt} = \sum_{k=0}^{N-1} [|X(k)|^2 H_m(k)]; 0 \leq m \leq M - 1 \quad (3)$$

Finally, MFCCs are obtained by taking a discrete cosine transform. This process converts the Mel spectrum to finite sequence of cosine functions oscillating at different frequencies. In Equation 4, MFCC(t,k) is kth cepstral feature of tth time frame and P_{filt}(t,n) is filtered power at time frame t for nth filter bank. The number of MFCCs for each frame is C and zeroth coefficient can be excluded since it represents the average log energy of the input signal.

$$MFCC(t, k) = \sum_{n=0}^{N-1} \log(P_{filt}(t, n)) \cos\left(\frac{k\pi}{N}(n - 0.5)\right); \quad k = 0, 1, 2, \dots, C - 1 \quad (4)$$

We obtained 5x99 MFCC features by choosing the window size as 20 ms, the overlap rate as 10 ms and the number of coefficients as 5 from the PCG frames with a sampling frequency of 1000 Hz and a length of 1 second. During feature engineering we firstly calculated the average of 5 coefficients of each 99 parts. Then, we processed the MFCC features of 5x99 size with our DNN model shown in Figure 2, and took the activation values of the last fully-connected layer and converted them into 2 features.

Finally, we extracted 8 spectral features (spectral centroid, spectral crest, spectral entropy, spectral flux, spectral kurtosis, spectral roll off point, spectral skewness and spectral slope) from 1-second-long PCG frames. Those three feature sets were used to train classifiers.

In our study, we used the classifiers implemented in the Waikato Environment for Knowledge Analysis (WEKA) [18] workbench. WEKA includes many classification methods, clustering algorithms and data processing tools. It is free under the GNU General Public License and it is widely used for data mining. We aimed to obtain and present more general results by using the methods found in WEKA instead of our own implementation.

We used C4.5 decision tree (J48), SVM, Naïve Bayes (NB) and kNN (IBk) classifiers. For SVM, John Platt's sequential minimal optimization algorithm implementation namely weka.classifiers.functions.SMO classifier is used. Additionally, 51 is used as the k value in the kNN classifier. We applied 10-fold cross validation.

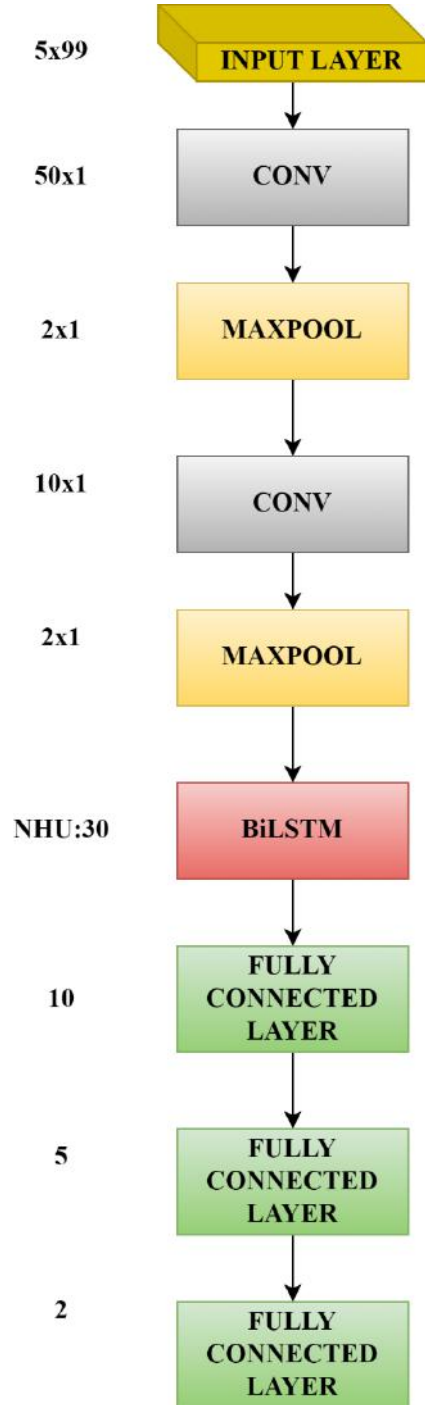


Fig.2. Layers of DNN model which is used to extract features

3. Experiment Results

Four classifiers' performances were compared according to the accuracy measure obtained at the end of 10-fold cross validation. Experimental results are given in Figures 3 and 4 for CinC2016 and CirCor2022, respectively.

In the CinC2016 dataset, the highest accuracy was obtained as 86.4% using the average MFCC features with the C4.5 decision tree classifier. In the CirCor2022 dataset, the highest accuracy was observed as 74.6% with the SVM classifier, which uses the features obtained by DNN model. Confusion matrices for the best results are given in Tables 2 and 3. According to the confusion matrix in Table 2, the weighted average of recall and precision values are 0.864 and 0.866, respectively. According to the confusion matrix in Table 3, the weighted average of recall and precision values are 0.746 and 0.752, respectively.

$$\text{Accuracy} = (\text{TP} + \text{TN}) / \text{ALL} \quad (5)$$

$$\text{Recall} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FN}) \quad (6)$$

$$\text{Precision} = \text{TP} / (\text{TP} + \text{FP}) \quad (7)$$

Table 2. Confusion matrix obtained as a result of training C4.5 decision tree classifier with MFCC averages using CinC2016 dataset. R. Abnormal: Real Abnormal, P. Abnormal: Predicted Abnormal, R. Normal: Real Normal and P. Normal: Predicted Normal

	P. Abnormal	P. Normal
R. Abnormal	49339	5318
R. Normal	9559	45098

Table 3. Confusion matrix obtained as a result of training SVM classifier with DeepNet Features using CirCor2022 dataset. R. Abnormal: Real Abnormal, P. Abnormal: Predicted Abnormal, R. Normal: Real Normal and P. Normal: Predicted Normal

	P. Abnormal	P. Normal
R. Abnormal	35631	17599
R. Normal	9478	43752

As seen in Figure 3 in the experiments where we used the CinC2016 data set, the classifier with the highest overall success is the C4.5 decision tree. It is followed by kNN, SVM and NB, respectively. Looking at the feature sets, the most successful classifications were obtained with C4.5 and kNN when the average MFCC was used as training set. However, this feature set gave low accuracy results when used with SVM and NB classifiers. The features produced using the deep learning model gave an accuracy of approximately 80% in all classifiers. On the contrary, other feature sets yielded variable performance results in different classifiers.

In the experiments where we used the CirCor2022 data set, as seen in Figure 4, all classifiers achieved an accuracy of approximately 74.5% with the features we produced using our deep learning model. The mean MFCC features were successful in representing the data in second place. The lowest performance was measured in experiments where SVM and NB classifiers were trained with spectral features.

When we compare the experiments using the CinC2016 and CirCor2022 datasets in general, it is seen that the CinC2016 dataset can be classified more successfully with the approaches used in our study. There is a 12% difference between the best results obtained in the experiments performed in the two different sets. It is common in the both classification experiments made by using deep learning features that all classifiers gave close results.

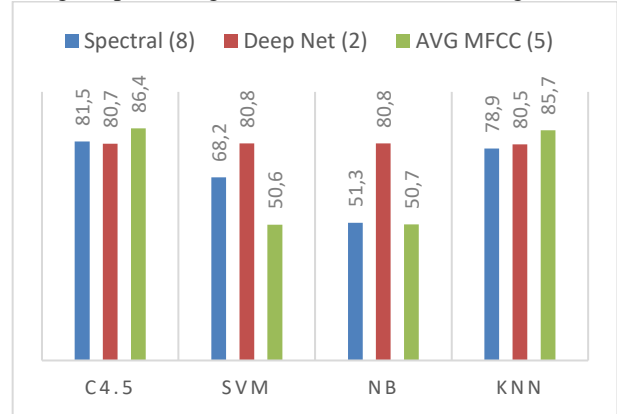


Fig. 3. CinC2016 experiment results

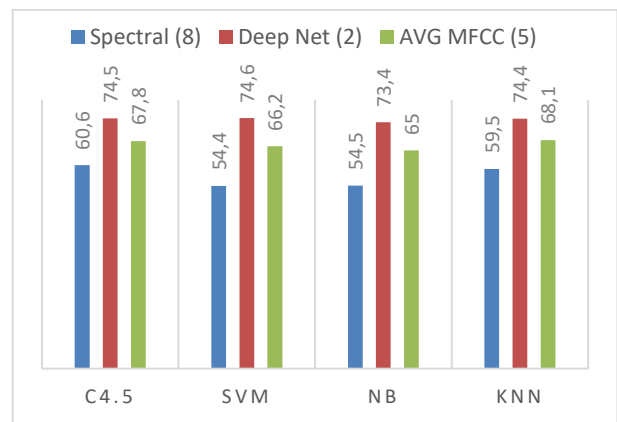


Fig. 4. CirCor2022 experiment results

4. Conclusions

In this study, we examined the classification performances of traditional machine learning methods C4.5 decision tree, SVM, NB and kNN. We used two datasets (CinC2016 and CirCor2022) shared online publicly by PhysioNet. We extracted two MFCC-based feature sets from these datasets. Firstly, we averaged the MFCC coefficients. Secondly, we produced a new feature set with our deep learning model, to which we provided the MFCC features as input. In addition to these, we extracted features based on spectral properties of the PCG signals and used them in the classification.

The worst and best results in the CinC2016 dataset are 50.6% and 86.4% respectively. The worst and best results we got in the

CirCor2022 dataset are 54.4% and 74.6% respectively. C4.5 decision tree is appeared as the best classifier when we look at the overall performance among the classifiers for solving defined problem in this study.

Sound signals derived from the heartbeat and the mechanical events of cardiovascular system triggered by the heart are recorded in PCGs. PCG carries important clues for the detection and diagnosis of various diseases. However, PCG has a non-stationary characteristic because it is a biological signal. Due to this fact, it is difficult to classify it with very high accuracy by using classical machine learning methods. As a result, deep learning-based models are needed in this area.

It is also important to note that the frame size of PCG segments affects the results. Experiments with different frame lengths can be done in the future. In addition, classifiers can be trained with all of the features which are used independently in this study. Moreover, ensembles of the classifiers can be used.

References

- 1) Khan, M. U., Samer, S., Alshehri, M. D., Baloch, N. K., Khan, H., Hussain, F., ... & Zikria, Y. B. (2022). Artificial neural network-based cardiovascular disease prediction using spectral features. *Computers and Electrical Engineering*, 101, 108094.
- 2) Ismail, S., Ismail, B., Siddiqi, I., & Akram, U. (2023). PCG classification through spectrogram using transfer learning. *Biomedical Signal Processing and Control*, 79, 104075.
- 3) Arslan, Ö., & Karhan, M. (2022). Effect of Hilbert-Huang transform on classification of PCG signals using machine learning. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*.
- 4) Chen, Y., Wei, S., & Zhang, Y. (2020). Classification of heart sounds based on the combination of the modified frequency wavelet transform and convolutional neural network. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 58(9), 2039-2047.
- 5) Varghees, V. N., & Ramachandran, K. I. (2014). A novel heart sound activity detection framework for automated heart sound analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 13, 174-188.
- 6) Goldberger, A. L., Amaral, L. A., Glass, L., Hausdorff, J. M., Ivanov, P. C., Mark, R. G., ... & Stanley, H. E. (2000). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: components of a new research resource for complex physiologic signals. *circulation*, 101(23), e215-e220.
- 7) P.C. heart sounds challenge, Peter Bentley, et al., 2011.
- 8) Potes, C., Parvaneh, S., Rahman, A., & Conroy, B. (2016, September). Ensemble of feature-based and deep learning-based classifiers for detection of abnormal heart sounds. In *2016 computing in cardiology conference (CinC)* (pp. 621-624). IEEE.
- 9) Rath, A., Mishra, D., Panda, G., & Pal, M. (2022). Development and assessment of machine learning based heart disease detection using imbalanced heart sound signal. *Biomedical Signal Processing and Control*, 76, 103730.
- 10) Noman, F., Ting, C. M., Salleh, S. H., & Ombao, H. (2019, May). Short-segment heart sound classification using an ensemble of deep convolutional neural networks. In *ICASSP 2019-2019 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)* (pp. 1318-1322). IEEE.
- 11) Das, S., Pal, S., & Mitra, M. (2022). Deep learning approach of murmur detection using Cochleagram. *Biomedical Signal Processing and Control*, 77, 103747.
- 12) Arslan, Ö. (2022). Automated detection of heart valve disorders with time-frequency and deep features on PCG signals. *Biomedical Signal Processing and Control*, 78, 103929.
- 13) Chowdhury, T. H., Poudel, K. N., & Hu, Y. (2020). Time-frequency analysis, denoising, compression, segmentation, and classification of PCG signals. *IEEE Access*, 8, 160882-160890.
- 14) Langley, P., & Murray, A. (2017). Heart sound classification from unsegmented phonocardiograms. *Physiological measurement*, 38(8), 1658.
- 15) Liu, C., Springer, D., Li, Q., Moody, B., Juan, R. A., Chorro, F. J., ... & Clifford, G. D. (2016). An open access database for the evaluation of heart sound algorithms. *Physiological measurement*, 37(12), 2181.
- 16) Oliveira, J., Renna, F., Costa, P., Nogueira, M., Oliveira, A. C., Elola, A., ... & Coimbra, M. The CirCor DigiScope Phonocardiogram Dataset.
- 17) Ismail, S., Siddiqi, I., & Akram, U. (2018). Localization and classification of heart beats in phonocardiography signals—a comprehensive review. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2018(1), 1-27.
- 18) Witten, I. H., Frank, E., Hall, M. A., Pal, C. J., & DATA, M. (2005, June). Practical machine learning tools and techniques. In *Data Mining* (Vol. 2, No. 4).



Emulsion Properties of Quince Waste

Zeynep Akşit^{1*}, Hüseyin Genççelep²

^{1*} Erzincan Binali Yıldırım University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Erzincan, Turkey, (ORCID: 0000-0002-0349-0223),

zeynep.aksit@erzincan.edu.tr

² Ondokuz Mayıs University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, Samsun, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8689-7722), hgenccelep@omu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1188486)

ATIF/REFERENCE: Akşit, Z. & Genççelep, H. (2022). Emulsion Properties of Quince Waste. *European Journal of Science and Technology*, (42), 83-87.

Abstract

Nowadays many studies have focused on food waste. With an expanding population and a wide variety of foods, the food sector is always expanding. In addition to production, there is also an increase in the development of food waste. These wastes result in economic difficulties, environmental damage, and the loss of priceless chemical components. The processing of fruits and vegetables generates the most waste. Quince is a fruit that is difficult to consume directly and is usually processed into jam or fruit juice. In this study, some emulsion properties of quince waste were investigated. Oil in water (O/W) emulsions formed with four different concentration (0.5%, %1, %2 and %3) of quince waste and no quince waste for the control grup. The emulsions' major constituents were chicken breast and corn oil. Quince waste decreased emulsion' pH from 5.96 to 5.53. Emulsions manufactured with quince waste has the higher emulsion stability for all used concentrations (between 83.2 to 85.6) with respect to the control (80.6). Quince waste emulsions were found to have pseudoplastic character and exhibit shear thinning behavior. Quince waste samples used in study contribute the chicken type O/W emulsion in terms of emulsion stability and rheological properties.

Keywords: Food waste, Quince waste, Emulsion capacity, Emulsion stability, Emulsion rheology.

Ayva Atığının Emülsiyon Özellikleri

Öz

Günümüzde birçok çalışma gıda israfına odaklanmıştır. Nüfusun ve gıda çeşitliliğinin artması ile gıda sektörü sürekli genişlemektedir. Artan gıda üretimiyle beraber açığa çıkan gıda atığı miktarı da artmaktadır. Bu atıklar ekonomik kayıplara, çevresel hasara ve değerli kimyasal bileşenlerin kaybına neden olmaktadır. Gıda atıklarının önemli bir kısmını meyve-sebze atıkları oluşturmaktadır. Ayva, doğrudan tüketilmesi zor olan ve genellikle reçel veya meyve suyuna işlenen bir meyvedir. Bu çalışmada ayva atığının bazı emülsiyon özellikleri araştırılmıştır. Ayva atığı içermeyen kontrol grubu ve ayva atığının dört farklı konsantrasyonu (%0.5, %1, %2 ve %3) kullanılarak su içinde yağ (O/W) emülsiyonları oluşturulmuştur. Emülsiyonların ana bileşenleri tavuk göğsü ve mısır yağıdır. Ayva atığı, emülsiyonun pH'ını 5,96'dan 5,53'e düşürmüştür. Ayva atığı ile üretilen emülsiyonların stabilitelelerinin (83.2 - 85,6) kontrole (80.6) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayva atık emülsiyonlarının psödoplastik karaktere sahip olduğu ve kayma incelenmesi davranışı sergilediği tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan ayva atığı örnekleri, emülsiyon stabilitesi ve reolojik özellikler açısından tavuk tipi O/W emülsiyonuna katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Gıda Atığı, Ayva Atığı, Emülsiyon Kapasitesi, Emülsiyon Stabilitesi, Emülsiyon Reolojisi.

* Corresponding Author: zeynep.aksit@erzincan.edu.tr

1. Introduction

The food sector has put more of an emphasis on waste product evaluation recently, both to prevent the loss of these essential ingredients and to reduce environmental issues brought on by these wastes [1]. The processing of food results in significant amounts of food waste. Following the production of fruits and vegetables, wastes contain the highest amount of food [2]. Lignocellulose, protein, fat, sugar, phytochemicals, and other useful components are typically abundant in plant-derived wastes [3] and they might be returned as worthwhile goods that benefit the food, cosmetics, and pharmaceutical businesses financially [4]. The analysis of these substances from food waste not only lessens environmental concerns but also improves the economic competitiveness and sustainability of the agri-food sectors; because consumers prefer natural supplements, by-products of the food sector that are high in dietary fiber and bioactive chemicals are particularly useful [3, 4]

The quins fruits' usage in the food business is constrained by their high lignin content. A barrier to the long-term storage of this fruit is its propensity to decay and turn brown [5]. Due to its low moisture level, high acidity, woody flesh, significant amount of stone cells, and astringent flavor from lignum growth, quince fruit is challenging to digest. Numerous studies have demonstrated the value of quince jam and other by-products as a good and affordable source of flavonoids, phenolic acids, and antioxidants [1, 6, 7].

In this study, quince waste (QW) was investigated for some emulsion properties. The effect of QW on emulsion formation and their potential for chicken meat emulsion were investigated.

2. Material and Method

2.1 Materials

Quince waste (QW) is obtained in food research laboratory in a similar way with fruit juice production. Quince waste was dried, grinded and screened from 750 μ sieve kept at 4°C in a dark bottle. Chicken breast and corn oil were purchased in a local market in Samsun, Turkey.

2.2 Methods

2.2.1. pH analysis

A pH meter (Hanna Instruments HI2211) probe was inserted into the emulsions to determine their pH [8].

2.2.2. Emulsion Capacity of the samples (EC)

The suspension and oil mixture was added to the emulsion system and homogenized constantly as the burette slowly added 0.9–1.0 mL of maize oil at a time. Through the use of copper conductor bars installed in the system, the instantaneous change in the ammeter was used to gauge the emulsion's completion. Electrical conductivity was observed, and the system was shut off when a

sharp decline in conductivity was noticed. The total amount of oil in the emulsion was used to calculate the emulsion capacity [9].

2.2.3. Emulsion Stability of the samples (ES)

The 10 \pm 0.9 g of prepared emulsions were weighed in a test tube and heated in a water bath at 80 \pm 2°C for 30 minutes. The samples were centrifuged at 2000 g for 10 mins after they had cooled to room temperature. The liquid phase was separated following centrifugation and quantified in millilitres (mL); the emulsion stability was determined with the following formula; [9]

$$ES(\%)=100-(\text{Volume of liquid separated from emulsion (mL)})\times 10$$

2.2.4. Rheology of the emulsions

The emulsion samples were subjected to rheological investigation in a HAAKE Mars III Rheometer (HAAKE Co., Germany) with cone and plate geometry (diameter: 35 mm, gap interval: 0.052 mm). For flow curve (steady-state) analysis, samples were subjected to shear rates ranging from 0–100 s⁻¹ for three minutes while measurements were made at 25°C.

3. Results and Discussions

3.1. pH Analysis of the Emulsions

The pH value is one of the most important factor effect many parameters of the emulsions. The pH values of the emulsions were given in Table 1. The pH values of the emulsions were determined to be between 5.53 to 5.96. According to the Duncan multiple comparison test results, the addition of 0.5% and 1% quince waste did not cause any change on the pH value of the emulsions compared to the control group. The addition of 2% and 3% quince waste caused a decrease in the emulsion pH, and statistically these two ratios caused in the same decrease in pH.

3.2. Emulsion Capacity (EC)

The highest amount of mL fat that 1 g of protein can emulsify is known as emulsion capacity (EC) [8]. The EC of quince waste emulsions were given in Table 1. The EC values of the emulsions were determined to be between 147.37–188.75 mL fat/g protein. The addition of QW to the emulsion caused a decrease in the emulsion capacity. While the EC of the control sample was 184.71 mL fat/g protein, the emulsion capacity decreased as the added quince waste concentration increased. When the pH values of the emulsions are examined, it is seen that the pH value of the control group is 5.96 and pH values of the emulsions reduced by the addition of QW. The isoelectric point and the solubility of proteins is greatly impacted by the pH, a crucial environmental component [10], so the EC value of the emulsions decreased depending on pH. According to Duncan's multiple comparison test results, the highest EC was determined in the sample 0.5% quince waste added (168.96), and the lowest EC in the sample 3% quince waste added (152.91).

Table 1. pH, EC and ES values of QW emulsions

	%0 (C)	%0.5	%1	%2	%3
pH	5.96±0.0 ^A	5.93±0.1 ^A	5.83±0.1 ^A	5.53±0.1 ^B	5.57±0.1 ^B
EC	184.7±5.9 ^A	168.9±1.7 ^{AB}	167.6±3.1 ^{BC}	160.2±1.3 ^C	152.7±1.4 ^D
ES	80.6±2.1 ^B	83.2±0.6 ^{AB}	85.6±2.4 ^A	84.8±1.13 ^{AB}	83.6±2.1 ^{AB}

*Mean ± standard deviation. A-D: There is a statistically significant difference in the same line (p <0.05)

3.3. Emulsion Stability (ES)

The capacity of an emulsion's qualities to withstand changes over time is referred to as "emulsion stability." The rate of change of an emulsion's characteristics increases with its stability. Numerous physical and chemical mechanisms can cause emulsions to become unstable [11]. The ES values of the quince waste emulsions are between 85.60-83.20% and the ES values of all concentrations are higher than the ES value of the control sample. According to Duncan multiple comparison test, the highest ES value was determined in the emulsion with 1% quince waste. The ES values of 0.5%, 2% and 3% waste-added emulsions were not statistically different from each other. Specific amino acids provide proteins their hydrophobic and hydrophilic

characteristics, which allow them to interact with both water and oil molecules and function as emulsifiers. Protein contents of both chicken meat and quince waste contributed the stability of emulsions.

3.4. Emulsion Rheology

The emulsions obtained with different concentrations of quince waste and the control emulsion were subjected to rheological analysis without any heat treatment. The ratio of the shear stress to the shear rate is what is known as viscosity (resistance to flow). Viscosity curves of emulsions prepared with quince pulp at different concentrations are given in Figure 1.

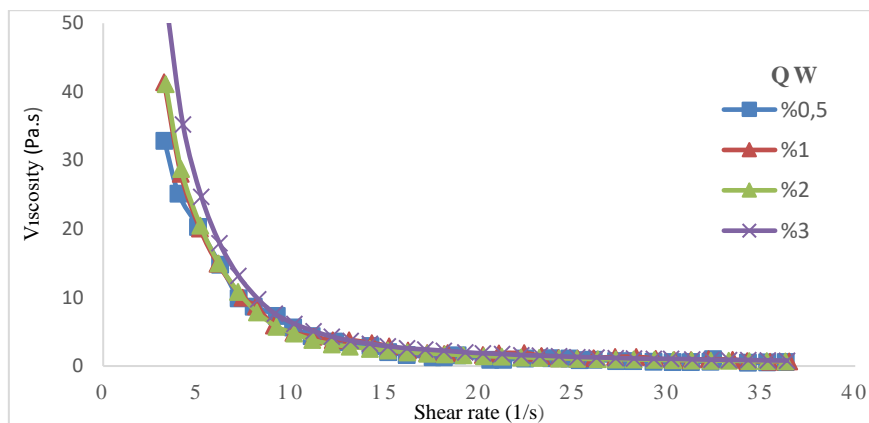


Figure 1. Viscosity curves of QW emulsions

Viscosity curves depict that viscosity decreased with increasing shear rate, that is, emulsion samples were featured shear thinning behavior. The highest viscosity was seen in 3% QW emulsion, the higher quince waste concentration has higher viscosity. At the 10 s⁻¹ shear rate, the viscosity of almost all QE emulsions approximately reached to 5 Pa.s. Figure 1 depicted Non-Newtonian behavior, which shows the viscosity decreasing as shear rate increases. During dispensing, the shear force reorganizes the random polymer chains into an aligned conformation that reduces viscosity during the process. Most polysaccharide solutions show non-Newtonian flow, and an increase in shear rate affects viscosity [12].

Comparison between viscosities were done using the apparent viscosity (η_{50}) reference values at a shear rate of 50 s⁻¹, reported to be an effective shear rate [13]. Flow behavior graph for quince waste emulsions were shown in Figure 2. The apparent viscosity of QE samples were increased greatly when the quince waste concentration was increased from 0.5% to 1%. The viscosities of emulsions using 1%, 2% and 3% quince waste were similar.

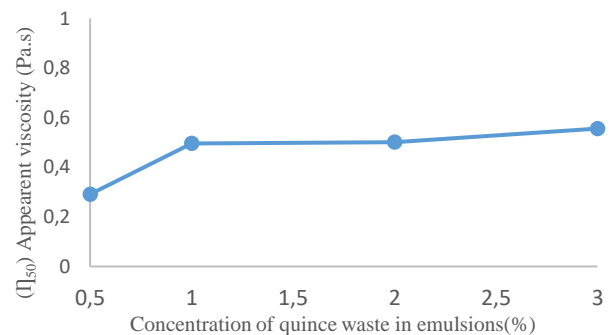


Figure 2. Flow behavior of QE samples

Figure 3 depicts the flow graph shear rate ($\dot{\gamma}$) versus shear stress (τ) of QE emulsions. The most concentrated sample (3% QE) at the same shear rate resulted in higher shear stress. In increasing concentrations, the polysaccharide aggregation probably forms a three-dimensional network structure, so it requires more energy to break the network structure [14].

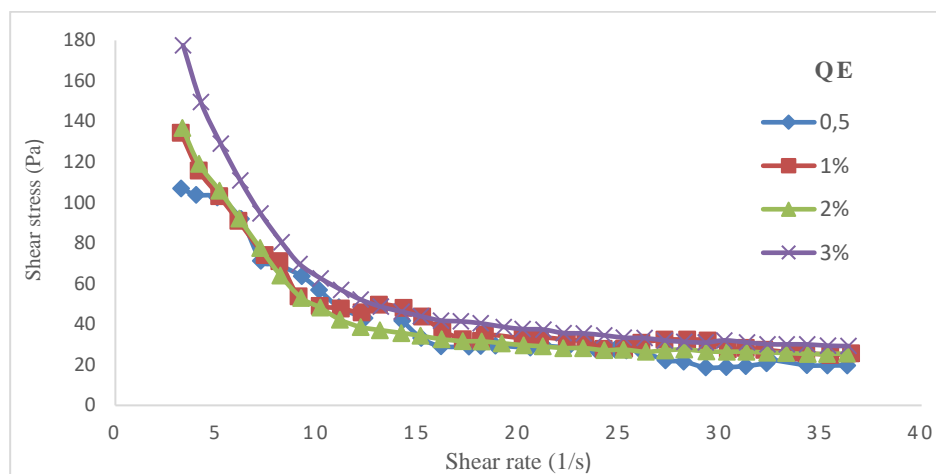


Figure 3. Flow behavior curves of QE samples

This behaviour is expected as an increasing shear-rate disrupts the native structure of emulsion and aggregates, leading to a decrease in overall resistance to flow. Hence, shearing action during measurement of rheological properties affects the weak forces, such as hydrogen bonding and van der Waals force [15].

An appropriate rheological equation could be used to fit the shear-rate/shear-stress data. Ostwald de Waele model was successfully applied to all of the emulsions formed with QW and the results are given in Table 2. K; is the consistency index and is related to the increase in viscosity of solutions, n; It is the flow behavior index, a parameter that determines the shear thinning quality of the solutions [15] [14] [16].

Table 2. Rheological analysis of QW emulsions

Quince waste concentration	Ostwald de Waele Model Parameters			Apparent viscosity (Pa.s)
	K (pa.s ⁿ)	n	r	η_{50}
%0.5	225.2	0.5833	0.9935	0.291
%1	321.4	0.7287	0.9988	0.496
%2	382.8	0.7790	0.9984	0.501
%3	504.5	0.8523	0.9982	0.556

The degree of pseudoplastic behavior can be measured by the flow behavior index (n). The n values of the quince emulsions increased with increasing concentration and ranged from 0.5833 to 0.8523. Similarly, the K values increased in direct proportion to the concentration and ranged from 225.2 to 504.5.

4. Conclusions and Recommendations

One of the important problems that the food industry needs to solve is food waste. Fruits and vegetables wastes constitute the majority of these wastes. Quince waste was investigated in order to evaluate its emulsion properties. Quince waste pH directly affected emulsion pH. Although the addition of quince waste decreased the EC value of emulsions, it increased the stability of the emulsions for all concentrations used. In general, the addition of waste improved the textural properties of the emulsions. According to the results of rheological analysis; Pseudoplastic character and shear thinning behavior, which is usually seen in polysaccharide solutions, were determined. To develop more

e-ISSN: 2148-2683

efficient emulsion treatments, it is essential to have a better understanding of the factors that affect emulsion formation and stability.

5. Acknowledgment

Analyses of this work were done by using authors affiliations's equipments and authors thank to their afiliations.

Nomenclature

EC : Emulsion capacity
 ES : Emulsion stability
 QW : Quince waste
 QE : Quince waste emulsion

Declaration

The author(s) declared no potential conflicts of interest with respect to the research, authorship, and/or publication of this article. The author(s) also declared that this article is original, was prepared in accordance with international publication and research ethics, and ethical committee permission or any special permission is not required.

References

1. Akşit, Z. and H. Gençcelep, *Investigation of Tomato, Quince and Grapefruit Waste; Compositions and Functional Properties*. Hittite Journal of Science and Engineering, 2021. 8(1): p. 19-26.
2. Salihoglu, G., et al., *Food loss and waste management in Turkey*. Bioresource technology, 2017.
3. Jin, Q., et al., *Integrated processing of plant-derived waste to produce value-added products based on the biorefinery concept*. Trends in Food Science & Technology, 2018.
4. Elleuch, M., et al., *Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review*. Food chemistry, 2011. 124(2): p. 411-421.
5. Yin, H.-S., H.-M. Liu, and Y.-L. Liu, *Structural Characterization of lignin in fruits and stalks of Chinese Quince*. Molecules, 2017. 22(6): p. 890.

6. Jouki, M., et al., *Physical, barrier and antioxidant properties of a novel plasticized edible film from quince seed mucilage*. international Journal of biological macromolecules, 2013. 62: p. 500-507.
7. Wojdyło, A., M. Teleszko, and J. Oszmiański, *Antioxidant property and storage stability of quince juice phenolic compounds*. Food chemistry, 2014. 152: p. 261-270.
8. Gökalp, H., et al., *Et ve Et Ürünlerinde Kalite Kontrolü ve Laboratuvar Uygulama Klavuzu, Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fak Ofset Tesisi*, 1993(751).
9. Zorba, O., et al., *Model system evaluations of the effects of different levels of K₂HPO₄ NaCl and oil temperature on emulsion stability and viscosity of fresh and frozen Turkish style meat emulsions*. Meat science, 1993. 34(2): p. 145-161.
10. Ulloa, J.A., et al., *Production, physico-chemical and functional characterization of a protein isolate from jackfruit (Artocarpus heterophyllus) seeds*. CyTA-Journal of Food, 2017. 15(4): p. 497-507.
11. McClements, D.J., *Food emulsions: principles, practices, and techniques*. 2015: CRC press.
12. Sanderson, G., *Polysaccharides in foods*. Food Technology, 1981. 35(7): p. 50-&.
13. Cepeda, E. and I. Collado, *Rheology of tomato and wheat dietary fibers in water and in suspensions of pimento purée*. Journal of Food Engineering, 2014. 134: p. 67-73.
14. do Nascimento, G.E., et al., *Rheological behavior of high methoxyl pectin from the pulp of tamarillo fruit (Solanum betaceum)*. Carbohydrate polymers, 2016. 139: p. 125-130.
15. Logaraj, T., et al., *Rheological behaviour of emulsions of avocado and watermelon oils during storage*. Food Chemistry, 2008. 106(3): p. 937-943.
16. Lundberg, B., et al., *Rheology and composition of citrus fiber*. Journal of Food Engineering, 2014. 125: p. 97-104.



The Importance of Workplace- Occupational Safety in the Perspective of Enterprise Sustainable Development and Performance

Ayşenur Erdil*

^{1*} İstanbul Medeniyet University, Faculty of Political Sciences, Department of Business Administration, İstanbul, Turkey,
(ORCID: 0000-0002-6413-7482), runesyalidre@gmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15-18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1187860)

ATIF/REFERENCE: Erdil, A. (2022). The Importance of Workplace- Occupational Safety in the Perspective of Enterprise Sustainable Development and Performance. *European Journal of Science and Technology*, (42), 88-99.

Abstract

Workplace- Occupational health and safety has grown more vital in order to safeguard the sustainability of firms' manufacturing operations in order to adapt to competitive pressures circumstances and quick consumption. Recognizing the destruction of productivity and image, as well as the money and spiritual expenses due to workplace fatalities and occupational diseases, implementing measures and improving workplace health and protection would bring major benefits to individuals, businesses, and the country 's business. Unsafe conditions, depending to studies, may be influenced through variables such as physical and technological environmental circumstances, as well as personnel characteristics. Conditions including the framework of the technology and manufacturing industry, the specifics of mining, development, and transportation lines of enterprise, ignorant and underqualified manufacturing workers, incapacity to adjust to technological advancements, environmental degradation, production organization layout, and the failure to use individual protective equipment and equipment guardians could all lead to occupational fatalities, particularly in underdeveloped and emerging nations.. These circumstances are significant in the likelihood of workplace accidents. Throughout the scope of this research, investigation is performed on the workspace functioning system, ergonomically design, and occupational physiological variables, which are considered the drivers of occupational disasters in generally. A continuous improvement, total abilities and accomplishment (5S and Total Productive Maintenance) Implementation is provided to enhance occupational security and functional productivity in a business that manufactures white appliances. As a consequence of the specific application, an assessment was carried out in the perspective of worker productivity and commercial performance of the operations.

Keywords: Enterprise Performance-Efficiency, Workplace-Occupational Safety, Sustainable Development.

Kurumsal Sürdürülebilir Gelişim ve Performans Açısından İşyeri-İş Güvenliğinin Önemi

Öz

Artan rekabet şartlarında ve tüketime hızlı yanıt verebilmek ve işletmelerin üretim süreçlerinin sürdürülebilirliğini sağlamak için iş sağlığı ve güvenliğinin önemi artmıştır. İş kazaları ve meslek hastalıklarının sebep olduğu verimlilik ve işletmelerin vizyon kayıplarının yanı sıra maddi ve manevi kayıpları, olumsuzlukları da dikkate alarak işyerlerinde sağlık ve güvenlik alanında önlem almak ve iyileştirmeler, geliştirmeler yapmak çalışanlara, işverenlere ve ülke ekonomisine önemli kazanımlar sağlayacaktır. Yapılan araştırmalara göre iş kazaları, çalışanlarla ilgili sebeplerin yanı sıra fiziksel ve mekanik çevre koşullarına bağlı faktörlerden de kaynaklanabilmektedir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sanayi ve teknoloji endüstrisinin yapısı, inşaat, madencilik ve ulaşım sektörlerindeki iş yapısına ait özellikleri, eğitim almamış ve vasıfsız sanayi çalışanları, ileri teknolojiye uyum sağlamadaki eksiklikler, teknolojiye adapte olamama, çevre kirliliği, üretim organizasyon yapısı gibi durumlar, kişisel koruyucu ekipman ve makine koruyucu kullanılmama iş kazalarının neden olabilir. Bu durumlar iş kazalarının meydana gelmesinde önemli yere sahiptir. Çalışma kapsamında genel anlamda iş kazalarının nedenleri arasında yer alan işletme çalışma saatlerine yönelik sistemi, ergonomik koşulları içeren yapı ve işletme, çalışma ortamına ait fiziksel koşulları ve faktörleri hakkında araştırma yapılmıştır. Beyaz Eşya Sektöründe üretici

* Corresponding Author: runesyalidre@gmail.com

olan bir işletmede iş güvenliğini ve operasyonel verimliliği sağlamak için 5S ve Toplam üretken bakım uygulama örneği sunulmuştur. Uygulama sonucunda işletmede iş ve işletme verimliliği yönünde bir değerlendirme yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kurumsal Performans-Verimlilik, İşyeri-İş Güvenliği, Sürdürülebilir Kalkınma.

1. Introduction

Sustainability is an expression that encompasses the concepts of three components: profit-financial, environment and social sides; nevertheless, the vast majority of companies and research scientists are primarily concerned with the first two issues: financial (in other words life cycle cost evaluation, cost benefit assessment, and etc.) and energy-related concerns (such as energy consumption, emissions reductions, recycling, and so forth). Although sustainability seeks to strike an equilibrium between economic development, socioeconomic evolution, and environmental protection, its implementation is difficult to grasp. Generally, environmental organizations are considered accountable for addressing concerns of sustainable development which might result in, or be seen as, a deficit in the economic and social dimensions. This study contends that by recognizing the relationship between sustainability and safety, the conceptualization of sustainability might well be better comprehended (Nawaz et al., 2019; Pinto, 2014).

Relationship between safety and sustainability is recognized by industry and specialists, it is frequently overlooked at the operating and conceptual levels. The inadequacy of a safety practices is the key cause for neglecting this essential link. Internationally, the safety culture in cultures and businesses has not progressed to meet aspirations; safety has still been regarded as a responsibility until an accident happens. The safety cultural heritage is especially significant in organizational contexts because it encourages risk-based understanding at all stages, which aids in seizing advancement opportunities via risk management and minimization. The current research demonstrates that a leadership styles and organizational training program focused on transformative management and enhanced the safety atmosphere and sustained productivity. This adds to the evidence that leadership training is an effective occupational health and safety strategy. The outcomes are consistent, regardless of whether the administrators choose to improve safety, productivity, or overall leadership qualities. The finding of maintained productivity suggests that safety might well be enhanced without reducing production and might even be connected to leaders' better capacity to avoid unexpected implications for one performance element, namely productivity, while concentrating on the other, namely safety. Eliminating the hazards at the top of the accident prevention strategy and, if not, reducing the risks by using different methods are the top headings of the headings, and their fulfillment can be achieved at the design stage. Design and construction techniques that involve less risk of occupational accidents are a dimension of the job. The other dimension of the design is that the design is suitable for the establishment and placement of occupational safety systems, which are lower in the accident prevention hierarchy (Mohandes and Zhang, 2021; Pinto, 2014).

The established model in this study provides safety experts and researchers with an encompassing and exact comprehensive rating system of the safety hazards that emerge on construction sites in special methods. Regarding the first time, the safety decisions makers participating in the evaluation phase are allocated accurate relevance weights depending on their

backgrounds, so addressing flaws in the traditional practice of construction safety evaluation (where there is no differentiation between safety decision - making with varying levels of expertise). The inclusion of this critical matter leads in significantly diverse rankings of detected safety hazards. Furthermore, the concerned safety specialists are presented with a highly complete final ranking scheme in an active arena, taking into account all of the critical elements influencing constructing worker safety (Jilcha and Kitaw, 2017; Pinto, 2014)

Lacking development fundamentals, sustainable improvement cannot be considered. Previous studies identified these components as the economy, the social, and the environment. When these cornerstones are improved, sustainable improvement emerges reliable in terms of workplace safety and health enhancement. This research focuses on the connection between workplace sustainability and technological development. Another conclusion in this research indicates that workplace safety and health development leads to sustainable growth via healthy individuals, safer workplaces, lower accident costs, a regulated environment, controllable workplace accidents, and increased workplace safety understanding. The scholars have also sought to pave the way for sustainable development via approaches to workplace safety and health innovation and quality. This research was performed out utilizing a desk review technique, with data sources drawn from worldwide publications on occupational safety, occupational health, innovation, and sustainable progress, as well as the relationship between workplace safety, health, the environment, and sustainable improvement (Torrecilla-García et al., 2021; Jilcha and Kitaw, 2017).

The research of Torrecilla-García et al.(2021) attempt to evaluate RDI (Research Development and Innovation) on workplace health and safety in Spain. A Delphi study was undertaken with eight professionals in study and occupational health and safety to attain this goal. The conclusion has been that, when compared to comparable regions such as the environment and quality, there was insufficient encouragement and assistance for RDI in occupational health and safety, and that it should become a scientific primary concern to encourage new programs which increase and fund innovation activities in this location. According to the findings, the number of these initiatives is fewer than in other categories, such as the environment and quality. Furthermore, occupational health and safety initiatives receive less financing than other programs in the abovementioned sectors (Torrecilla-García et al., 2021).

In this research, the observations encourage discussion and possess the potential to spark new lines of inquiry in the future. This research does have some restrictions. The empirical analysis evaluated occupational health and safety programs to other domains that are reasonably similar. Although sustainability seeks to strike an equilibrium between economic development, socioeconomic evolution, and environmental protection, its implementation is difficult to grasp. Generally, environmental organizations are considered accountable for addressing concerns of sustainable development which might result in, or be seen as, a deficit in the economic and social dimensions. This study

contends that by recognizing the relationship between sustainability and safety, the conceptualization of sustainability might well be better comprehended.

2. Literature review

2.1. Literature review for Sustainability of Occupational Safety

The viewpoint places occupational health at the heart of sustainable development (Molamohamadi and Ismail, 2014:198-202). WHO (2012;1994) highlighted safe workplaces and healthy employees as necessary for productivity as well as social, economic, and environmental sustainability. According to Amponsah-Tawiah (2013), the most productive and economically, socially, and ecologically beneficial firms are those with the best workplace safety and health policies. Due to BHPbilliton (2005), sustainable advancement is an essential component of workplace safety, health, the environment, and society, and it strives to drive continuous performance development.

Design for Occupational Safety or Occupational Safety by Design should be understood to mean ensuring the safety of construction workers through the design of the permanent features of any structure or project. It also indirectly affects the reduction of the total project cost, indemnities arising from work accidents, delays and project duration extensions caused by work accidents. In addition to all these, benefits such as ensuring or strengthening work safety during the operation phase of the project and during maintenance should be counted (Szymberski, 1997).

The only direct cause of occupational accidents and diseases may not be only undesirable working conditions and conditions, negative working conditions that are suitable for the cultural and social structure of the employee may also be one of the important causes of decreases in the quality and quantity of production, decreases in the level of work safety, excessive labor turnover and absenteeism. . Ultimately, the consequences of such situations will vary depending on sociocultural factors. For example, the so-called social labor cost, which is emphasized nowadays in developed countries and is sometimes the subject of acts of violence is not very common in other countries. It is a fact that in a place where there is a demand for labor, an enterprise that does not improve its working conditions in line with technical and economic progress cannot maintain a stable workforce and achieve a profitable level of productivity (Rodriguez, 2018; Robson et al., 2012; European Agency for Safety and Health at Work, 2007).

Occupational Health and Safety (OHS) emerged after industrialization and gained importance in working life; To put it more accurately, it is stated as an area whose importance is being understood day by day. The main purpose of this field, which was born limited to the health and safety of the worker, but has been developing more and more today, is expressed as the preparation of a healthy and safe working environment in the workplace. Understanding and addressing health and safety issues that endanger employees in manufacturing processes is critical for an institution's survival and development. To effectively evaluate and estimate concerns, several approaches are employed. The recommended technique improves the following highlighted

issues in this research. The degree of difficulty in determining the occurrence rating (O), severity rating (S), and detection rating (D) (D). Acquiring the identical Risk Priority Number (RPN) score with multiple O, S, and D configurations. RPN elements are repeated. Considering the RPN is a combination of categorical attributes, it is impossible to get a large number of transitional variables. The RPN scale's counterintuitive statistical assets (Mutlu and Altuntas, 2019).

2.2. Studies On the Relationship of Design and Occupational Safety

Most of the time, the security of any system (job security) is not a clear and specific initial purpose for the designer, and this purpose is delegated to the occupational safety experts. However, especially if industrial production is mentioned, contrary to reactive occupational safety (taking measures against a critical event after it has occurred), proactive occupational safety approach requires foreseeing many issues related to any critical event. For this, joint studies, analyzes and forward-looking options need to be brought together. In summary, a proactive occupational safety approach in design should consider three basic issues (Gambatese et al., 2008; Behm, 2005; Gambatese and Hinze, 1999)

- Different design stages and levels (customer, engineer, needs analysis, specifications, etc.)
- Different management levels in the company (general management, decision centers, local supervisors, implementation level)
- Different risk levels (operator occupational safety and health risk, socio-technical)

Developers- Designers have a direct impact on constructing worker safety. The design determines how a program would seem and how a specific program or its components would be built. Assembling procedures are frequently overlooked as being imposed by the designers. In actuality, designers have a large effect on how building jobs are carried out. Regrettably, developers have been unaware of their impact, and as a profession, they have not recognized the significance or relevance of their position in safety. Some developers have indicated that they purposely ignore addressing construction safety in order to decrease their potential risk. When asked about their effect on safety, designers frequently note a lack of skills and training to address constructing worker safety. While they acknowledge that their designs have an influence on safety performance, they claim they do not know how to adapt their designs to enhance or assure safety. This highlights the necessity for developers to have access to a centralized body of knowledge in order to consider safety in their projects (Behm, 2005; Weinstein et al., 2005).

Industrial sanitation measures are similar to the measures taken to prevent accidents. It is a subject that requires both medical and technical knowledge. This is a risk related to interdisciplinary activities and ergonomics cannot be excluded from this rule. For this reason, it is very important for the business management to understand the problems and apply the most appropriate approaches to the solution. It should be determined in accordance with the special situations of employers and employees (Rabinowitz and Hager, 2000; Robson et al., 2012; Judith, 2013).

A few main basic principles can be established for industrial health. The most effective preventive way, above all, is the measures to be taken during the design phase of the building, factory or work process, as seen in mechanical safety. Because the developments and corrections to be made later will be very expensive, and there may be some late measures in terms of protecting the health of the workers. Hazardous processes (processes that pollute the environment, make noise and vibration) and harmful substances that pollute the workplace air should be replaced with harmless or less harmful substances. In the event that group technical methods and managerial methods fail to reduce exposure to an acceptable level, workers should be provided with appropriate protective tools. These properties of the tool- workplace physical factors are defined as below (Judith, 2013; Li and Guldenmund, 2018; Robson et al., 2012; Hasle et al., 2012; Frijters and Swuste, 2008; Hasle and Limborg, 2006; Rabinowitz and Hager, 2000; Everly, 1986).

Workplace Physical Factors -Noise: Psychological effects of noise; behavioral disorders, anger, general discomfort, boredom, physical effects; temporary or permanent hearing damage, physiological effects; Changes in body activity, increase in blood pressure, circulatory disorders, acceleration in breathing, acceleration in heartbeat, sudden reflexes, performance effects are seen in the form of decrease in work efficiency, concentration disorder, and inhibition of movements. According to the researches, the noises originating from the workplaces affect the hearing health and perception of people negatively, disrupt the physiological and psychological balance, decrease the work efficiency and increase the work accidents

Heat and Humidity: Working environments with high temperatures cause distress and discomfort to people. Having the working environment at the appropriate temperature level, in other words, hot and cold working conditions suitable for the job, the environment and the season increase the productivity of the employees and reduce the work accidents.

Lighting: Employees in workplaces with adequate lighting can see better than those who work in poorly lit workplaces, and accordingly they get tired later. If the lighting in the working places is less than necessary, eye and body fatigue occurs quickly in the employees. This increases the likelihood of people having an accident.

Ventilation and Dusts: The air of the workplaces with closed working areas is polluted due to the sweating and respiration of the workers and the gases, vapors and dusts that arise due to the machines used in the workplace. Air pollution in the working environment causes workers to not be able to breathe enough oxygen. This causes the workers to get tired in a short time and their behavior to deteriorate. In addition, the polluted air resulting from inadequate ventilation in the workplace negatively affects the sensitivities of the employees and results in them not showing the necessary interest and attention to their work.

Emergency Measures: At the workplaces, alarm and evacuation trials should be carried out once a year, these trials will be carried out under the supervision of a team consisting of an authorized and experienced supervisor, workplace guards and a sufficient number of assistants, and will be organized in accordance with the workplace fire plan. Determination of emergency assembly places, necessary warning signs should be placed in emergency

assembly areas. Environmental measurements such as Noise-Dust-Lighting should be made by authorized institutions-organizations the necessary measurement of the environment should be made, the personal exposure value should be determined, and necessary measures should be taken as a result of the determination. The fire extinguishing drill must be requested from the authorized fire extinguishing company and the provincial disaster directorate, all personnel must be trained in this regard. First aid and medical supplies in accordance with the legislation must be supplied by the employer.

Vibration: High-frequency vibrations affect both the physiological health and mental activities of the employee. The continuity of the vibration in the working environment makes the employees tired and nervous. Fatigue and irritability and physiological health problems in people exposed to vibration predispose people to exposure to accidents.

Machine Selection and Machine Protectors: The operator using the machine may be injured or even cause fatal accidents due to the accidental contact of other people in this area or the operator with moving parts while operating or working on the machine.

In generally, it may be stated that an occupational safety program is a tool that provides for the ongoing harmonization of occupational health and safety operations and company plans, and therefore could be used to continuously develop and resolve operations (Çakıroğlu, 2007; Gallagher et al., 2001). The followings are the purposes of the management and execution of the national and international occupational health and safety management systems (International Organization for Standardization, 2009): a) Sustainable improvement in occupational health and safety performance; b) compliance with legislation and other standards; and c) achievement of occupational health and safety standards.

Frijters and Swuste (2008) investigated whether occupational safety risks change according to flooring types and compared wide flooring and hollow beam flooring methods. In this study, only fall and stumbling type accidents were examined and only floor construction and its sub-items were considered as work items. It has also been shown by the case study that the risks of fall-type work accidents are taken into consideration and the design alternatives are chosen accordingly, at the design stage, and it is underlined that hollow-beam flooring should be preferred.

2.3. Occupational Safety in the Working Environment

Unsafe situations arise at many stages from the technology used in production to machinery and workbenches, from various tools and devices to hand tools and auxiliary equipment, from workplace layout and storage to maintenance and controls, and as a result, occupational accidents occur. It consists of insecure behaviors of working people and insecure situations in the workplace. During the production process, which has a variable nature, management and control deficiencies and the insufficient awareness of occupational safety in workers and employers are secondary indirect causes of occupational accidents. It is not possible to prevent occupational accidents without eliminating these causes. To be able to work in a healthy, safe and efficient way in the workplace; It is possible by arranging workplaces and necessary equipment, factors such as sound, lighting, ambient

temperature, work organization and management systems in accordance with the structural, dimensional and psychological characteristics of the employees. Deciding on the location of factories and workshops is a strategically very important issue. Due to incorrect placements, costs such as time losses, work accidents, and productivity reductions arise. While things go more smoothly and smoothly in facilities with the correct layout, even those who work at the facilities with the wrong layout are dissatisfied. Planning the factory with the right location in the factory will provide important added values both economically and sociologically, and will contribute to the efficiency of the work done from the beginning and will provide returns to the workplace (Li and Guldenmund, 2018; Frijters and Swuste, 2008; King et al., 2005; Gallagher et al., 2001).

One of the reasons for the occurrence of accidents in the enterprises is the incompatibility of the employees with the machine they are working with. Although there are various reasons for employee-machine mismatch; Studies have shown that the physiological characteristics of the employees and their attitudes and behaviors due to psychological reasons have an important role in the worker-machine mismatch.

Work-related musculo - skeletal diseases (WMSDs) are arguably the greatest expensive medical problems confronting culture today. Preventative necessitates expenditures, and firms must do a cost-benefit analysis of ergonomic initiatives. Return on treatment is a new topic in workplace safety and health (OSH). Several investigations have been conducted on the return on investment in WMSD treatment in terms of the advantages to the enterprise in which the protective measures are applied. Nevertheless, it is equally necessary to assess the impact of any intervention on community (externalities). A technique for doing a fiscal and operational cost assessment on OSH programs was created and tested in the context of WMSD treatment in a Portuguese hospital. Six of the hospital's departments have had their incidents and associated expenses examined. A financial and economic cost-benefit assessment was conducted, and the benefit cost proportion (B/C) was computed (Ramos, 2017: 14-25).

According to Hudson (2000), safety management has evolved from a non - systematic but well series of operations and norms to a systematic technique of improving outcomes. Nevertheless, this is still unclear how development processes are supported and if accreditation of health and safety management promotes a firm's quality initiatives (Rocha, 2010; Robson et al., 2007; King et al., 2005). Public health regulations and approaches to optimize occupational health and safety (OHS) in small companies should be developed with their functional, economic, and productive characteristics in mind, and should address the need for governmental, managerial, and congressional generalization on the one hand, while increasing public holdings and financial forces on the other. It is proposed that external advising and intermediary assistance measures be strengthened in order to promote understanding about and access to state funds. Efforts should be made to influence companies' attitudes toward occupational safety and to strengthen the culture of safety (Ramos et al., 2017; Bonafede et al., 2016; Haslam et al., 2016).

Small businesses are more vulnerable to occupational threats than bigger businesses, and they often have less resources to handle the risks. Developing efficient methods to enhance the workplace environment is thus a big task for regulations and other

participants. The purpose of this work is to create a systematic strategy for designing personalized intervention programs to fit the needs of small businesses. The notion of realism assessment could give insight into methods for transferring intervening knowledge from one environment to another. This conceptual technique is used to create a design model. The framework is an effective framework for a methodical design approach. The approach clarifies for both academics and operators how current information could be utilized to build new management programs (Bonafede et al., 2016; Haslam et al., 2016).

Emergency stop buttons on machinery and equipment of the production facility; In accordance with the Occupational Health and Safety (OHS) regulation, and other existing legislation and standards in our country, there should be emergency stop buttons on all machinery and equipment that can be used in an emergency and are easily visible to employees (Bonafede et al., 2016; Haslam et al., 2016).

Safety Sensors Available on Machinery; The safety sensors of the machines applied by the authorized personnel should be checked periodically. The employer should constantly warn that these sensors should never be canceled by the employees (Bonafede et al., 2016; Haslam et al., 2016).

Electrical Installation, Lighting, Internal Installation Failure/Accident Precautions; Main panel casings, electrical machinery equipment and sockets in common areas must be grounded if the grounding is missing, and the measurements must be repeated annually in accordance with the legislation, panel covers are locked and insulating mats with appropriate cross-section should be supplied under each electrical panel. It is necessary to have maintenance and inspections carried out by effective institutions/organizations/individuals once a year in accordance with the legislation programs (Bonafede et al., 2016; Haslam et al., 2016).

Descriptions, dimensions, etc. of all components used by the manufacturer. Where additional explanation is required, perspective or schematic pictures and spare parts lists should be specified in the user manual and part codes should be defined. Manufacturer's name, address, machine model, model year information should be indicated on the asphalt plant in an easily visible way directly or through an identification plate. Units of the plant Moving or rotating parts on it must be protected in a way to ensure the safe operation of personnel. A sufficient level of operator training should be provided to the personnel who will use the asphalt plant. The safety atmosphere of a company is defined through how administrators combine the relative significance of safety and production. This provides executives a prominent role in organizational safety, and it implies that leadership training might increase safety (Von Thiele Schwarz et al., 2016; Hasle et al., 2012; Hasle and Limborg, 2006).

3. Application Areas in the Industry-Application Examples

In many countries, it is necessary to determine that a newly established industrial structure fully complies with the existing standards. When it comes to the layout of the workplace, attention is more focused on measures to isolate processes that are uncomfortable and dangerous. In addition, a free space of not less

than 2 square meters should be provided to each worker in order to prevent accidents. Walls and ceilings should be covered in a way to prevent contamination and humidity and, if necessary, to reduce noise transmission (Gürlelel, 2007; Güray, 2003; opinion of the author). 5S Application plays an important role in providing Occupational Health and Safety for the sector.

3.1. Sectoral Applications

In this part, the 5S application due to Occupational Safety of 2 different companies that are examined within the scope of Business Efficiency and Sustainability applications. The purpose of total productive maintenance (TPM) is to improve the use of equipment and workers, to make production efficient within the enterprise. TPM basically starts with the 5S cleaning and ordering process. The purpose of 5S is to organize the working environment in the enterprise and to reduce waste to zero, and it is a process at the center of TPM studies. (Elvan, 2012)

Implementation of 5S and TPM Activities in (TA) Engine Overhaul Workshop of Turkish Airlines: The engine overhaul workshop within the body of TA carries out the necessary operations within the company and in the modification and revision processes of the aircraft engines of its customers. In this context, the operations are planned together with the engineers and the maintenance operations are carried out. The maintenance operations are primarily planned together with the motor disassembly operations. After the dismantled motors are replaced by the pedals for dismantling, the motor disassembly operations are started. In this section, the employees are responsible for disassembling the engine parts, cleaning the parts inside the engine, and making the relevant fault finding. After the parts that need to be repaired go to the repair shops, the parts returned from the repair are sent to the planning department to be mounted on the engines. At these stages, the parts are transported in the dismantling vehicles so that the parts in the engine are not mixed and organized (Elvan, 2012).

Reasons for Starting "5S" TPM Activities in the Workshop: The aim of the business is to increase the efficiency of the company, to reduce the costs in the maintenance process with the right direction of the company resources and the employees to work more efficiently with less workforce. In this sense, after seeing the output in all these studies, the TPM steps applied as a result of the efficiency of these processes are now planned to be standard. With this study, the company planned to reduce its costs by 50% with low cost and high output (Elvan, 2012).

Implementation of "5S" Activities in Engine Overhaul Workshop: TA aims at high efficiency with zero error and planned operations with the TPM application in this workshop, under the following headings (Elvan, 2012).

(i) Safety: Having an orderly, clean working environment in the business is considered important in terms of taking precautions against possible injuries. In this context, the 5S application has enabled the company to take precautions against processes such as falling and fire, which may be caused by scattered tools. Employees are enabled to take precautions against potential dangers that may occur with warning letters that they can see visually. Thanks to the well-planned organizational structure, there are no pieces of equipment around, as the equipment is properly placed and the areas where they will put the equipment

after work are properly determined. In this process, accidents have been reduced to a minimum, especially since the chemical substances are properly stored and their locations are clear after use.

(ii) Efficiency and Production Flow: With the TPM system, the necessary and unnecessary equipment was classified first, and with this classification structure, the confusion and stress situation that could occur during the equipment search process of the workers was eliminated and productivity increased by considering steps such as the frequency of use and proximity to the machines. With the indicators showing the location of the equipment, the employees know where to find the equipment they want, even if they do not know the location of the equipment at all. The cleaning and control of the equipment has also prevented the loss of time that may arise unplanned.

(iii) Increased Quality: The cleaning and maintenance control processes carried out on a daily basis have given the company the opportunity to discover and regulate its damages in advance and to prevent further damages early. In this way, if a problem is observed while cleaning the machines or equipment or performing daily checks, immediate intervention is made, thus eliminating minor problems and preventing the occurrence of medium and large-scale problems in the future. These previously blocked processes help the company to get rid of the company at a lower cost, since it is repaired in advance of the cost damage that may occur after the loss of time or equipment failure.

(iv) Dominating the Entire Enterprise: In the studies carried out with the guidance of the personnel working in the enterprise, the following steps were taken to increase the efficiency (Elvan, 2012; Genç, 2007);

- Unnecessary tools have been removed from the work area and classified as generally used equipment and unused equipment.

- Steps such as where the equipment will stand and which equipment should be next to which machine have been determined.

- By assigning numbers to the classified and regulated equipment, it was determined where the personnel should put the equipment after using it and where they could find the equipment when they were looking for it. Thus, both time and cost loss are reduced.

3.2. 5S Strategy-Implementation

5S is a very simple and central method of simplification / restructuring that consists of five steps, the purpose of which is to help organize the work environment and eliminate waste. The objective is to ensure that the environment you live and work in is clean, tidy, healthy and safe, and to maintain these conditions. 5S, as you can guess, consists of 5 steps, the original is expressed in 5 words in Japanese. 5S is generally of the initial techniques which may be used in a firm that is establishing a strategy of continuing development. A 5S application assists in defining the basic guidelines for waste elimination and maintaining an efficient, safe, and clean working atmosphere. Taiichi Ohno, who invented the Production Process, and Shigeo Shingo, who not only proposed the poka-yoke conception, promoted it extensively. The principle of 5S is typically stated as a location for everything

and everybody in its position. Sort, Straighten, Shine, Standardize, and Sustain are the five steps in the 5S process for building a more structured and productive workstation. 5S lays the groundwork for implementing more sophisticated lean manufacturing technologies and procedures (Implementing 5S Methodology, 2022; Earn The Art & Science Of Manufacturing Improvement From Vorne, 2022; What is 5S?, 2022; Bozkurt, 2013; Elvan, 2012).

Because companies realize the benefits of reverse logistics, they make their strategy and long-term reverse logistics plan. Apart from the automotive industry, reverse logistics is found in many industries and markets, including electronics, computers, chemicals, pharmaceuticals, online sales, construction machinery and medical vehicles. Among the large companies that implement reverse logistics, there are many companies such as BMW, Delphi, DuPont, General Motors, HP, Dell, Caterpillar, Xerox, Canon, IBM, Ford, Phillips (Nakıboğlu, 2007; McAuley, 2003).

Dell: If any order is canceled or returned, almost 90% of the returns, which makes eight hundred units, are quickly made usable by refurbishing and reselling if necessary. All repurposed products are put up for sale through the Global Dell Outlet and we guarantee all of them just like new. The remaining 10%, which cannot be renewed or resold, is recycled responsibly (www.dell.com). The success of DELL, one of the leading computer manufacturers, in recycling is another example that can be given to the concept of reverse logistics.

Considering that a significant amount of waste will occur at the end of the life of automobiles, it causes environmental pollution. The selection of parts in the production of the car is a serious step in minimizing the harmful effect on the environment at the end of the car's life. The fact that these materials are composed of recyclable materials is of great importance in terms of the environment. If it is not possible, different material types should be sought instead of plastic material. Tires, which are part of automobiles, are a serious cause of environmental pollution when they are not recycled. According to the information of the Tire Manufacturers Association (LASDER), around 180,000 tons of worn tires are produced in Turkey every year. New areas of use can be created for tires that have completed their time. Truck and bus tires can be coated to be reused. Tires with high calorific value are used in cement plant, etc. It is burned in furnaces with high temperature, energy is provided and waste generation is prevented. Rubber is also used in the construction of asphalt, in building the walls that prevent hearing, and in making the tartan floor in sports and parking areas. three objectives: cost, quality, and delivery dependability. The model was designed to find the ideal number of items to order while taking into account customer demand and supplier capacity restrictions.



Japanese	English
Seiri	Sort
Seiton	Set in Order / Straighten
Seiso	Shine / Sweep
Seiketsu	Standardize
Shitsuke	Sustain / Self-discipline

Figure 1. Five-step process of 5S

Source: Whats 5S?, <https://www.5stoday.com/what-is-5s/>

Basically it starts with the 5S cleaning and ordering process. The purpose of 5S is to organize the working environment in the enterprise and to reduce waste to zero, and it is a process at the center of TPM studies. The names of these steps are terms taken from Japan, and names starting with the letter "S" in English. The most important advantage of this application is that it can be applied easily and it is used because of its easy structure. These steps are defined as below (Bozkurt, 2013; Elvan, 2012; Güven, 2006);

Sort :When the materials and equipment in the business are not classified, we are faced with equipment clutter. In order to ensure the order of this process, the equipment used should be classified as necessary and unnecessary, and this classification should be classified as frequently used, constantly used, never used, etc. should be classified as Such a classification will not waste time for employees in the process of finding these equipment (Bozkurt, 2013; Elvan, 2012; Güven, 2006).

Set in Order: Due to the lack of equipment to be used by the employees in the enterprises and the complicated arrangement of the equipment in case of need, the employees both waste time and get stressed during the search for the tools and reduce the efficiency of the work. Equipment used in businesses should be placed and marked by considering processes such as frequently used situations and usage points.

Shine / Sweep: Cleaning can be done in the enterprise, in the machines, around etc. It is necessary to clean the wastes that cause all kinds of pollution at the points and to take precautions by determining the processes that cause this pollution. Cleaning also helps to detect the problems that may occur in the future in the machines and to prevent the malfunctions that may occur in the machines due to pollution. Cleaning, the decrease in the efficiency of the machines in the operation, the increase in the damage at the maintenance stage and the process of finding the main source of pollution cause it to enter into a process that is just as difficult (Bozkurt, 2013).

Standardization: This step is the step of ensuring the continuity of the existing order obtained after the sorting and cleaning process by applying it continuously. Standardization is an important step towards maintaining a well-organized and dirt-free work environment. It is expected that this standardization process should be informed to the employees in writing and that the employees should also follow these rules and cooperate in this process (Elvan, 2012; Bozkurt, 2013).

Sustain / Self- discipline: The last item of the 5S step is to educate the employees on why this 5S scope is important and why it is important in terms of benefits, in order for these methods to continue as a habit within the enterprise. Managers do a great job here.

Why should 5S work be done: Waste becomes visible and easy to eliminate, this provides the Increasing control over equipment, materials and workspace. It promotes morale in the business, encourages teamwork because everyone can participate. It affects a very large area. Setting - Setup times will be shorter, Quality values, working safety and production and added value per unit time definitely increase, expenditures decrease. 5S originated as part of the Toyota Production System (TPS), a production process pioneered by Toyota Motor Business executives in the early and mid-20th centuries. This technique, often known in the West as Lean manufacturing, strives to maximize the quality of goods or services for consumers. This is frequently performed by identifying and removing waste from manufacturing operations (What is 5S?, 2022; Implementing 5S Methodology, 2022; Hiyoruki, 1995).

5S application in the applied ABC Company. It was applied in the white goods manufacturer-manufacturing industry to provide Occupational Health and Safety for a business in this Manufacturing Industry (see Table 1). This company is in Marmara Region.

The current investigation proved probably one more of the greatest significant benefits of using 5S method. This research presents that, in addition to becoming a great method for organizing and enhancing the organizational space, it is particularly necessary to assure occupational safety. The findings indicate that through employing the risk evaluation method, it could essential to minimize overall risk through up to approximately fifty percentage points by implementing 5S.

Companies should evaluate the capability of Occupational Safety and Health Management Systems for the competitive strategy when analyzing efficiency and creating performance standards. As a corporation that focuses on efficiency, a company's productivity might well be measured in terms created over time. A cost-based firm, on the other hand, must evaluate its efficiency in terms of input costs such as labor, materials etc. It's indeed vital that the productivity measurement notifies us about how well companies are operating in accordance to the critical success factors of business via the Quality management system.

Table 1. 5 Pillars of Application for ABC Company- white goods manufacturer

Japanese	English	Application Objectives-Description
Seiri	Sort	Modifications in organizational context (for example, a request for daytime cleaning); Offering cleaners greater control over the organization, speed, and timing of their job, as well as the technology and team members assigned to them; Providing possibilities for professional progression, corporate perks and rewards, and assistance from immediate managers to cleaners; This could be used to identify things in your workspace that do not help to your task. The Red Label Method was used. addressing the sources of pollution First, these pieces and things are arranged in a Red Label, and then they are collected in a centralized spot and arranged again. The ones that would not be utilized in the following step are incinerated, while the others are regularly piled and kept outside the work place.
Seiton	Setin Order / Straighten	Threat of musculoskeletal disorders; O dangers from work devices, such as electric discharge; Cleaning workers have the following occupational health problems: Musculo - skeletal problems; Workplace pressure, anxiousness, and sleeping problems Using eye-catching tactics such as labeling and colored regions, workers could discover and replace whatever they are searching for. A pleasant working atmosphere. Settlements and management that is efficient and productive.
Seiso	Shine/Sweep	Consider cleaning to be an important duty that might indirectly contribute to certain dangers and risks; analyze the risks to cleaning employees and adopt preventative strategies; communicate information with all stakeholders involved, including the customer firm, the cleaning provider, and the employees individually. Making your workplace clean and cheerful. Work engagement should be increased. Identifying and eliminating sources of pollutants. Earning the time spent searching for the material to increase productivity and effectiveness. Zero-pollution realization cleaner - better effective cleaning
Seiketsu	Standardize	Establishing a consistent overall preventative measures strategy that addresses technology, workplace requirements, conditions of employment, social connections, and the work conditions; prioritizing collective safety precautions over individual safety precautions; and providing acceptable information to the employees A four-step procedure must be performed. Arranging: Who is going to do what and when? Making Assets: Consider the equipment, resources, and timeframe for the task to be done. Implement: In ordinary life, carry out activities such as categorization, sorting, and cleaning. Regulate by tracking, comparing, and returning to the preceding step.
Shitsuke	Sustain/ Self discipline	Using fewer hazardous cleaning chemicals and performing less wet work; building design proposals; making a concerted effort to eliminate repeated and demanding arm motions and bad workplace postures; Providing possibilities for career progression, professional perks and rewards, and assistance from direct supervisors to cleaners; adequate education and training; creation and assessment of tools and procedures; transition to less hazardous cleaning solutions and less wet operations; building design ideas. Developing checklists and utilizing them on a regular basis, the findings ought to be available to everybody, and the process should be enhanced with ideas. Communicating as an everyday routine Announcement is required. Individual accountability should be assumed by both the company and the worker.

Source: Adapted from Gürlelel, 2007; Güray, 2003; Ho, 1999; Eşit, 1998; Hiyoruki, 1995 by author; opinions of the author)

In this phase of this research, 5S method implementation was examined on behalf of manufacturing efficiency, business efficiency and achievement of this manufacturing company due to outputs and inputs aspects of manufacturing system for the evaluation in terms of management with the business anticipation for an ABC Business (Manufacturer). This business is situated in Marmara Region in Turkey in white goods manufacturing.

3. Results

The production system design was analyzed to assist in the construction of the productivity for this white goods manufacturing company's manufacturing department
Due to the obvious long-term viability of Occupational Safety and Health Management Systems through the 5S Methodology, efficiency is largely determined through performance. Long-term requirements for a company's continuous existence include

innovation, work effectiveness, and productivity. It may simply be turned on if it delivers high levels of output, reliability, and performance. Efficiency is the most important metric of corporate performance since it effectively tends to reflect physical and monetary advantages. Subconsciously, nevertheless, output components do not show in effectiveness. The aim is to increase efficiency while decreasing total costs. Output percentages ought to be evaluated to assess this adjustment. The performance assessment volumes for this manufacturing firm are calculated using the 5S approach, as seen in Table 2.

Table 2. Productivity Assessment Efficiency Performance of ABC Manufacturing Enterprise

		2020	2021
Output (TL)	Sales Value of Products	195.000	355.000
	Input (TL)		
	Labor	90.000	165.000
	Raw material	62.000	95.000
	Machinery-asset depreciation	17.000	27.000
	Others	18.000	30.000

Table 3. ABC Manufacturing Company's Labor Supply, Raw Materials, and Total Efficiency-Productivity Ratio

	2020	2021
Labor Efficiency	195.000/62.000=3,15	355.000/95.000=3,74
Raw material Efficiency	195.000/17.000=11,47	355.000/27.000=13,15
Machinery-asset depreciation	195.000/18.000=10,83	355.000/30.000=11,83
Total Efficiency	195.000/132.000=1,47	355.000/225.500=1,57

Productivity = Output / Input (1)
 Labor force, raw material, and overall productivity-efficiency ratios are estimated utilizing formulas (1) and (2) for the years 2020 and 2021. Table 3 displays the computed productivity values.

Productivity Index = current period-year efficiency / base-year efficiency (2)

Labor force, raw material, and total Efficiency Ratios are calculated using the formula (2), and the efficiency increase in 2021 is used as an indicator.

Table 4. Labor Efficiency, Raw Material Efficiency, and Overall Productivity Index

Labor Productivity Index	3,74/3,15=1,19	19%	Increase - Accrue ment
Raw Material Productivity Index	13,15/11,47=1,15	15%	Increase- Accrue ment
Machinery-asset depreciation	11,83/10,83=1,09	9%	Increase- Accrue ment
Total Productivity Index	1,57/1,47=1,07	7%	Increase- Accrue ment

Compared to 2020, the change in labor productivity in 2021 (see Table 4) appears to have increased by 19%. Based on 2020, raw material productivity increased by 15% in 2021. Compared to 2020, the Machine-asset depreciation change in 2021 also increased by 9% compared to 2020. The overall productivity change index in 2021 also increased by 7%, driven by the Productivity-Labor Efficiency, Raw Material Efficiency, asset depreciation and Total Productivity Index.

5. Conclusion

Occupational safety considers job-related potential risks as well as general safety issues that could lead to injuries. Occupational Health, on the other side, investigates potential health problems and worker well-being. Considering safety to be a worker's physiological health and healthcare to be almost everything, including mental health are vital for occupational safety and efficiency of the business. Employees who are in good health are more productive. Employees should feel safe and devoted to their employment when occupational safety is implemented properly. They understand that they are being looked after at work and that they will not compromise their safety or health. This is particularly crucial because when employees speak out and express worries regarding a particularly dangerous work, they accomplish so knowing that their worries would be heard and heeded. Coworkers respect each other would perform productively if they maintain a good attitude. Occupational safety would also open up new doors in your job. Employees who have been trained could engage on the position of mental health advocates, bringing a good attitude and serving as a connecting point for their coworkers. The fundamental significance of this study is that it demonstrated that a well-planned and monitoring system may reduce potential risks and increase work safety and working condition effectiveness. Thus, in order to maintain long-term success, firms must constantly evaluate risk, engage in strategy, and practice proactive risk management. Sustainable involvement and monitoring initiatives could be created to have a beneficial impact on the development of workplace safety and environmental efficiency. Employees must take the responsibility and cooperate together to safeguard their personal and their colleagues' health and safety. According to the Basic Strategy on Occupational Health and Safety of Business, the organization works to safeguard the occupational health and safety of all department workers and executives, suppliers operating on construction locations, business associates, and other associated organizations. The complexity of a state's financial, social, cultural, political, and technical framework is critical to the adoption and long-term viability of occupational health and safety management systems. As a result, each state may develop its own management structure based on its internal politics. Regardless of

the fact that wealthy countries perform out these management can help, emerging countries have difficulty executing them out. The safety environment is a critical element in ensuring success. To develop an effective management platform, occupational health and safety practices must be adopted as a life habit, largely by the persons who would be subjected to these management solutions. The social infrastructure, technology development, and the insecurity of the political landscape would all be considered in the management platform that would be adopted in the state. Moreover, the proposed framework should attempt to consider population's behavior responses and attitudes. As a result, when developing the management platform, it is important to design strategies that do not contradict societal norms and do not overlook the framework of the nation's working environment. Establishing an ergonomic working environment for the employee will increase efficiency and significantly reduce work accidents. All necessary measures should be taken to ensure that the work equipment and raw materials used in the workplace are suitable for the work to be done and that this equipment does not harm the employees in terms of health and safety. When choosing work equipment, it should be noted that the use of this equipment does not pose an additional hazard, taking into account the special working conditions in the workplace and the dangers in terms of health and safety. If it cannot guarantee that the work machinery is entirely safe for the employees' health and safety, necessary steps should be made to decrease the risk to an acceptable level. Furthermore, employees who are assigned to utilize work equipment by the employer should be trained on the hazards that may result from their use and how to prevent them. Employees need to be provided with sufficient particular education in the repairing, modification, monitoring, and maintenance of work machinery.

According to the risk hierarchy, which is scientifically proven and supported by facts, with the measures to be taken at the design stage regarding occupational health and safety, the work to be done on how the relationship between the designer. The risks of occupational accidents can be eliminated to a large extent during the project phase by making some changes, sometimes with additions in the design, and making some changes at a very low cost even in the preliminary design phase of the manufacturing. If the maturation that design would create in the occupational safety culture is realized, the catastrophic value of occupational accidents can be reduced and healthier and safer working environments can be created.

References

Amponsah-Tawiah, K. (2013). Occupational Health and Safety and Sustainable Development in Ghana. *International Journal of Business Administration*, 4(2), 74-78, doi:10.5430/ijba.v4n2p74.

Behm, M. (2005). Linking construction fatalities to the design for construction safety concept. *Safety Science*, 43(8), 589-611. doi:10.1016/j.ssci.2005.04.002

BHPbilliton (2005), Health, safety, environment and community management standards: BHP Billiton HSEC management standards, no. 3, 1-8.
<https://www.bhp.com/-/media/bhp/regulatory-information-media/coal/bhp-billiton-mitsubishi-alliance/caval-ridge/environmental-impact-statement-eis-appendices/creisappr3hsecmanagement.pdf>

Bonafede, M., Corfiati, M., Gagliardi, D., Bocconi, F., Ronchetti, M., Valenti, A., ... Iavicoli, S. (2016). OHS management and employers' perception: differences by firm size in a large

Italian company survey. *Safety Science*, 89, 11-18. doi:10.1016/j.ssci.2016.05.012.

Bozkurt, O. (2013). Uçuş Hattı Seviyesi Bakım İşlemlerinde Toplam Verimli Bakım Sisteminin Uygulanabilirliği. *Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 98 p.

Çavuşoğlu, M. (2008). Toplam Verimli Bakım Uygulamalarının Ekipman Performansına Etkilerinin İncelenmesi ve Özel Sektörde Bir Uygulama. *Yüksek lisans tezi, Savunma Bilimleri Enstitüsü, Malzeme Tedarik ve Lojistik Yönetimi Ana Bilim Dalı. Ankara: Kara Harp Okulu*, 234 p.

Çakıroğlu, N. (2007). İş sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Kapsamında Risk Analizi Denetim ve Bir Firma Uygulaması, *Yüksek lisans tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 161 p.

Earn The Art & Science of Manufacturing Improvement from Vorne, <https://www.leanproduction.com/5s/> (Access Date: 10.05.2022).

Elvan, F. (2012). Türkiye'de Başarılı Toplam Verimli Bakım Uygulaması Yapan Seçilmiş Kuruluşların Kıyaslanması. *Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Kayseri, Erciyes Üniversitesi*, 176 p.

Everly, G. S., Jr., (1986). An introduction to occupational health psychology, P. A. Keller & L. G. Ritt (Eds.), *Innovations in clinical practice: A source book*, p.5, (1986), 331-338, Sarasota, FL: Professional Resource Exchange.

Eşit, C.(1998). 5S-Endüstriyel Temizlik ve Düzen, *Yayınlanmamış Seminer Notları*, (1998).

European Agency for Safety and Health at Work (2007), *Facts 76/EN National economics and occupational safety and health*. Bilbao, Spain: European Agency for Safety and Health at Work.
https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/institutions-and-bodies-profiles/eu-osha_en.

Frijters, A. C. P. and Swuste, P. H. J. J. (2008). Safety assessment in design and preparation phase. *Safety Science*, 46(2), 272-281. doi:10.1016/j.ssci.2007.06.032.

Gallagher, C., Underhill, E. and Rimmer, M. (2001). Occupational Health and Safety Management Systems: A Review of their Effectiveness in Securing Healthy and Safe Workplaces. *National Occupational Health and Safety Commission Sydney*, 1-82. https://www.safeworkaustralia.gov.au/system/files/document/s/1702/ohsmanagementsystems_reviewofeffectiveness_nohs_c_2001_archivepdf.pdf.

Gambatese J. and Hinze J., (1999). Addressing construction worker safety in the design phase: Designing for construction worker safety. *Automation in Construction*, 8(6), 643-649, doi:10.1016/s0926-5805(98)00109-5.

Gambatese, J.A, Behm, M. and Rajendran, S. (2008). Design's role in construction accident causality and prevention: Perspectives from an expert panel. *Safety Science*, 46(4), 675-691. doi:10.1016/j.ssci.2007.06.010.

Genç, A. (2007). Toplam Verimli Bakım ve Uygulaması. *Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Kayseri: Erciyes Üniversitesi*, 147 p.

Güray, B. Z. (2003). 5S Yaklaşımı ve Bir İşletmede İncelenmesi, *Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yayınlanmamış Bitirme Tezi*.

Gürlesel, C. F.(2007). Tekstil sektörü için dönüşüm stratejileri.

- <http://www.tekstilveren.org/index2>. Access Date: 12.07.2015.
- Güven, K. (2006). Periyodik Bakım Yapan Tekstil İşletmesinde Bilgisayar Destekli Toplam Verimli Bakıma Geçiş (TVB) ve Kaliteye Etkisi. Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı. Kayseri: Erciyes Üniversitesi, 229 p.
- Haslam, C., O'Hara, J., Kazi, A., Twumasi, R. and Haslam, R. (2016). Proactive occupational safety and health management: Promoting good health and good business. *Safety Science*, 81, 99–108. doi:10.1016/j.ssci.2015.06.010.
- Hasle, P., Kvorning, L. V., Rasmussen, C. D. N., Smith, L. H. and Flyvholm, M.-A. (2012). A Model for Design of Tailored Working Environment Intervention Programmes for Small Enterprises. *Safety and Health at Work*, 3(3), 181–191. doi:10.5491/shaw.2012.3.3.181.
- Hasle, P. and Limborg, H. J. (2006). A Review of the Literature on Preventive Occupational Health and Safety Activities in Small Enterprises. *Industrial Health*, 44(1), 6–12. doi:10.2486/indhealth.44.6.
- Hiyoruki, H. (1995). 5S for Operators: 5 Pillars of The Visual Workplace, The productivity press development team, Productivity Press, 1st Edition, 136 p.
- Ho, S. K. M. (1999). 5-S practice: The first step towards total quality management. *Total Quality Management*, 10(3), 345–356. doi:10.1080/0954412997875.
- Hudson, P. (2000). Safety Management and Safety Culture the Long, Hard and Winding Road. Proceedings of the First National Conference. University of Western Sydney, Australia. July.
- Implementing 5S Methodology: The First Step Toward Workplace Efficiency, <https://www.simplilearn.com/implementing-5s-methodology-to-achieve-workplace-efficiency-article>, (Access Date: 10.05.2022).
- International Organization for Standardization (ISO). <https://www.iso.org/standard/63787.html> (Access Date: 27.02.2019).
- Jilcha, K. and Kitaw, D. (2017). Industrial occupational safety and health innovation for sustainable development. *Engineering Science and Technology, An International Journal*, 20(1), 372–380. doi:10.1016/j.jestech.2016.10.011.
- Judith, H. (2013), A guide to health and safety regulation in Great Britain, <http://www.hse.gov.uk/pubns/hse49.pdf>, s.1-26 (Access Date: 10.06.2022).
- King, A.A., Lenox, M.J. and Terlaak, A. (2005). The strategic use of decentralized institutions, exploring certification with the ISO 14001 management standard. *Academy of Management Journal*, 48, 1091–1106. doi:10.2307/20159731.
- Li, Y. and Guldenmund, F. W. (2018). Safety management systems: A broad overview of the literature. *Safety Science*, 103, 94–123. doi:10.1016/j.ssci.2017.11.016.
- Mohandes, S. R. and Zhang, X. (2021). Developing a Holistic Occupational Health and Safety risk assessment model: An application to a case of sustainable construction project. *Journal of Cleaner Production*, 291, 125934. doi:10.1016/j.jclepro.2021.125934.
- Molamohamadi, Z. and Ismail, N. (2014). The relationship between occupational safety, health, and environment, and sustainable development: A review and critique. *International Journal of Innovation, Management and Technology*, 5(3), 198–202. <https://www.doi.org/10.7763/IJIMT.2014.V5.513>.
- Mutlu, N. G. and Altuntas, S. (2019). Risk analysis for occupational safety and health in the textile industry: Integration of FMEA, FTA, and BIFPET methods. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 72, 222–240. doi:10.1016/j.ergon.2019.05.013.
- Nawaz, W., Linke, P. and Koç, M. (2019). Safety and Sustainability Nexus: A Review and Appraisal. *Journal of Cleaner Production*, 216, 74–87, doi:10.1016/j.jclepro.2019.01.167.
- Pinto, A. (2014). QRAM a Qualitative Occupational Safety Risk Assessment Model for the construction industry that incorporate uncertainties by the use of fuzzy sets. *Safety Science*, 63, 57–76. doi:10.1016/j.ssci.2013.10.019.
- Rabinowitz, Randy S. and Hager, Mark M. (2000). Designing Health and Safety: Workplace Hazard Regulation in the United States and Canada, *Cornell International Law Journal*, 33(2), 374–734, <https://scholarship.law.cornell.edu/cilj/vol33/iss2/3>.
- Ramos, D. G., Arezes, P. M. and Afonso, P. (2017). Analysis of the return on preventive measures in musculoskeletal disorders through the benefit–cost ratio: A case study in a hospital. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 60, 14–25. doi:10.1016/j.ergon.2015.11.003.
- Robson, L. S., Clarke, J. A., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. L., ... Mahood, Q. (2007). The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review. *Safety Science*, 45(3), 329–353. doi:10.1016/j.ssci.2006.07.003.
- Robson, L. S., Stephenson, C. M., Schulte, P. A., Amick, B. C. I., Irvin, E. L., Eggerth, D. E., ... Grubb, P. L. (2012). A systematic review of the effectiveness of occupational health and safety training. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 38(3), 193–208. doi:10.5271/sjweh.3259.
- Rocha, R. S. (2010). Institutional effects on occupational health and safety management systems. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 20(3), 211–225. doi:10.1002/hfm.20176.
- Rodriguez Guzman J. (2018). Occupational health in the Americas. <http://icoh.confex.com/icoh/2012/webprogram/Paper8267.html>, Access Date: 11.09.2018.
- Szymberski, R. (1997). Construction Project Safety Planning. *TAPPI Journal*, 80(11), 69–74.
- Torrecilla-García, J. A., Pardo-Ferreira, M. del C., Rubio-Romero, J. C., Calero-Castro, S. J. and Nebro-Mellado, J. J. (2021). Assessment of research, development and innovation in occupational health and safety in Spain. *Safety Science*, 141, 105321. 1–7, doi:10.1016/j.ssci.2021.105321.
- Von Thiele Schwarz, U., Hasson, H. and Tafvelin, S. (2016). Leadership training as an occupational health intervention: Improved safety and sustained productivity. *Safety Science*, 81, 35–45. doi:10.1016/j.ssci.2015.07.020.
- Weinstein, M., Gambatese, J., & Hecker, S. (2005). Can Design Improve Construction Safety?: Assessing the Impact of a Collaborative Safety-in-Design Process. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(10), 1125–1134. doi:10.1061/(asce)0733-9364(2005)131:10(1125).
- What is 5S?, <https://www.5stoday.com/what-is-5s/> (Access Date: 10.05.2022).
- WHO (1994). Global strategy on occupational health for all: the way to health at work. Recommendation of the second meeting of the WHO Collaborating Centres in Occupational

Health, Beijing, China, http://www.who.int/occupational_health/globstrategy/en/, 1994.

WHO (2012). Health indicators of sustainable jobs, presented at Initial findings from a WHO Expert Consultation, 17–18, 2012.

https://cdn.who.int/media/docs/default-source/environment-climate-change-and-health/sustainable-development-indicator-jobs.pdf?sfvrsn=e40fc22c_2 (Access Date: 10.05.2022).



Ortadaki Adam Saldırısı (MITM)

Salih Zafer Dicle^{1*}

^{1*} Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6689-7987), zafer@deu.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1187984)

ATIF/REFERENCE: Dicle, S. Z. (2022). Ortadaki Adam Saldırısı (MITM). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 100-107.

Öz

Yaşadığımız çağın en hayati kaynağının bilgi olduğunu herkes kabul etmiştir. Bilgi her geçen gün daha fazla güç faktörü olarak hissedilirken, düşünme ve algılama biçimlerimizde, araştırma yöntemlerimizde ve yaşam tarzlarımızda büyük değişiklikler meydana gelmektedir. Bu bağlamda özellikle son yıllarda siber tehditlerin önemi ortaya çıkmakta ve bu tehditlerden korumanın yolları tartışma konusudur. Ortadaki Adam Saldırısı (Man in The Middle MITM), aynı ağda bulunan bir kişisel bilgisayar ile saldırganın etkileşiminden başka bir deyişle, kişisel bilgisayar ile bilgisayar ağı arasına saldırganın girmesi sonucu ortaya çıkan durumdur. Saldırgan, kişisel bilgisayarın ağ bağlantısı ile arasına girerek, kişisel bilgisayarın tüm ağ trafiğinin kendi üzerinde akmasını sağlayarak tüm bilgileri anında yakalamasına ve değiştirmesine izin verdiği için ağ güvenliği için önemli bir tehdit oluşturur. Bu süreçte mağdur (kişisel bilgisayar) hiçbir şey olmamış gibi internete işlem yapmaya devam eder ancak kişisel bilgisayar ile bağlı olduğu tüm siteler ve sistemler artık saldırgan tarafında izlenebilir ve görünür durumdadır. Bu saldırı, saldırganın tüm konuşmayı kontrol ettiği bir gizli dinleme biçimidir.

Bu çalışmada, sistem ya da bir başka deyişle ağ yöneticisi olarak, söz konusu atakların bilgisayar ağında akıllı yönetilebilir anahtar cihazlar kullanarak ve gerekli düzenlemeleri yaparak ağ güvenliğini tam olarak sağlanması garanti altına alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ortadaki adam saldırısı, siber saldırı, Siber güvenlik, Bilgisayar ağ güvenliği, MITM .

Man-In-The-Middle Attack

Abstract

Everyone has accepted that the most vital resource of our age is information. As information is felt more and more as a power factor, great changes are taking place in our ways of thinking and perceiving, our research methods and our lifestyles. In this context, the importance of cyber threats has emerged especially in recent years and the ways to protect these threats are a matter of discussion. MITM attacks pose a significant threat to network security as they interrupt communication between two systems and allow an attacker to instantly capture and manipulate critical information. In this process, the victim continues to connect to the internet as if nothing has happened, but all the sites you are connected to with the computer are now visible. This attack is a form of eavesdropping in which the attacker controls all speech.

In this study, as the system, or in other words, the network administrator, it is ensured that the network security is fully ensured by using smart manageable switch devices in the computer network of the said attacks and making the necessary arrangements.

Keywords: man-in-the-middle attack, Cyber security, Computer network security, MITM.

* Sorumlu Yazar: zafer@deu.edu.tr

1. Giriş

1.1. Ağ Kavramı

Aralarında elektronik bir bağlantı bulunan bir grup bağımsız bilgisayara bilgisayar ağı denilmektedir. Burada bilgisayarların birbirine bağlı olması, birbirleriyle veri alışverişi yapabilmeleri anlamı taşımaktadır. Bilgisayarlar arasındaki bağlantı bakır tel, optik kablo, radyo iletişim sistemleri, iletişim uyduları ve kısa mesafeler için kızılötesi iletişim sistemleri veya radyo dalgalarıyla haberleşen iletişim sistemleri olabilmektedir.

Bilgisayarların özerk olması, diğer bilgisayarlar tarafından kontrol edilmedikleri anlamına gelir. Bir bilgisayarı başka bir bilgisayara başlatılabiliyor, durdurulabiliyor ve kontrol edilebiliyorsa bağımsız değildir. Bir kontrol ünitesi ve birkaç bağımlı bilgisayardan veya birkaç uzak terminal ve yazıcıdan oluşan bir sistem, bir bilgisayar ağı olarak kabul edilmez.

Dağıtılmış sistem ve bilgisayar ağları arasında bazı farklar vardır. Bunlardan en önemlisi, dağıtık sistemlerde birden çok işlemcinin (ayrı bilgisayarlar) kullanıcıya şeffaf (kullanıcıya görünmez) olmasıdır. Kullanıcı bir komut girdiğinde isteği yerine getirilir. İşletim sisteminin görevi en uygun işlemciyi seçmek, girdi dosyalarını bulmak, bu işlemciye aktarmak ve sonuçları uygun yerlere yerleştirmektir. Bu eylemler otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Diğer bir deyişle, dağıtık bir sistemin kullanıcısı birden fazla işlemci olduğunu fark etmez; sistemi tek bir işlemci olarak kabul eder. Ağ içinde, kullanıcılar makineye net bir şekilde bağlanır ve görevi açıkça tanımlar, doğrudan istedikleri yerde dosyalar ve ağı kendileri yönetebilir. Merkezi olmayan bir sistemde işlemler açık olarak yapılmaz, tüm işlemler kullanıcının bilgisi dışında otomatik olarak yapılmaktadır (Tanenbaum, 2003).

Günümüzde yaygınlaşan bilgisayar ağları, işletmeler için kaynak paylaşımı, iletişim ortamları ve elektronik ticaret fırsatları sağladıkları için maliyet, güvenilirlik ve ölçeklenebilirlik açısından büyük bilgisayar sistemlerine göre avantajlara sahiptir; Kişisel kullanıcılar için bilgiye, iletişime ve interaktif eğlenceye uzaktan erişim sağlamaktadır. Bilgisayar ağları, kullanılan aktarım teknolojisine göre iki kategoriye ayrılmaktadır: yayın ağları (LAN, MAN ve uydu ağları) ve noktadan noktaya ağlar (WAN ve Bağlı Ağlar). Öte yandan fiziksel boyutlarına göre küçükten büyüğe dört kategoriye ayrılırlar: LAN, MAN, WAN ve bağlı ağlar (internetler). LAN'lar üç tür bağlantı kullanmaktadır: paylaşılan yol, halka ve yıldız. MAN'ler iki veri yolu ile bir DQDB mimarisi kullanmaktadır. WAN'lar yıldız, halka, ağaç, tam bağlantı, çapraz halka ve düzensiz bağlantı türlerini kullanabilir. Kamu yayın ağları ile ilgili en önemli şey, birçok kullanıcının tek bir iletim ortamı kullanması ve bilgilerini çerçeveler halinde göndermesidir; MAC protokolü, iletim ortamına kullanıcı erişimi sağlar. WAN'lar ağ alt ağlarından ve bilgisayarlardan oluşmaktadır. Alt ağlar, yönlendiricileri ve bunları birbirine bağlayan iletim hatlarını içermektedir. Yönlendiriciler ayrıca "paket anahtarlar" olarak da bilinir. Birbirine bağlı ağlarda iletişimin en yaygın örneği internettir. Radyo dalgaları veya kızılötesi ışınlar yayan ağlara kablosuz veya kablosuz ağlar denmektedir. Kızılötesi iletişim, birbirini görebilen ve kısa mesafede bulunan vericiler ve alıcılar arasında kullanılabilir.

1.2. Siber Güvenlik

Siber güvenlik, sunucuların, bilgisayarların, elektronik sistemlerin, mobil cihazların, ağların ve verilerin kötü niyetli saldırılara karşı korunmasıdır. Buna BT bilgi güvenliği veya elektronik bilgi güvenliği de denmektedir. Terim, işten mobil bilişime kadar birçok bağlam için geçerlidir ve birkaç kategoriye ayrılmaktadır.

- Ağ güvenliği; bir bilgisayar ağını hedeflenen saldırganlardan ve/veya kötü amaçlı yazılımlardan ve davetsiz misafirlerden koruma uygulaması.

- Uygulama güvenliği; Cihazları ve yazılımları tehditlerden kurtarmaya odaklanmaktadır. Güvenliği ihlal edilmiş bir uygulama, korumak için tasarlandığı verilere erişime izin verebilir. Başarılı bilgi güvenliği, program veya cihaz uygulanmadan çok önce planlama aşamasında başlar.

- Bilgi Güvenliği; kullanım, aktarım ve depolama esnasında verilerin gizliliğini ve bütünlüğünü korur.

- Operasyonel güvenlik, veri varlıklarını işleme ve korumaya yönelik süreçleri ve kararları içerir. Bir kullanıcının ağa erişmek için hangi izinlere sahip olduğunu ve verilerin nasıl ve nerede saklanabileceğini veya paylaşılabilirliğini belirlemeye yönelik tüm adımlar bu çatı altında toplanıyor.

- Olağanüstü durum kurtarma ve iş sürekliliği, bir şirketin bir siber güvenlik ihlaline veya operasyon veya veri kaybına neden olan başka bir olaya nasıl yanıt vereceğini tanımlar. Acil durum kurtarma ilkeleri, kuruluşun olaydan öncekiyle aynı operasyonel kapasiteye geri dönmek için operasyonlarını ve verilerini nasıl kurtaracağını tanımlar. İş sürekliliği, bir kuruluşun belirli kaynaklar olmadan çalışmaya çalışırken geri döndüğü plandır.

1.3. Siber Saldırı

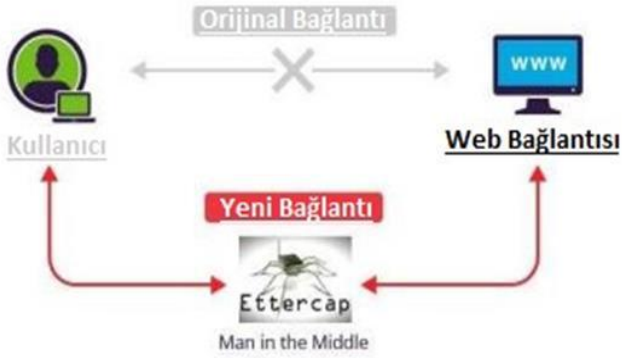
Siber uzayın olanaklarını kullanarak bilgi çalma veya değiştirme ve bilgi sistemlerinde tahribat veya bozulmaya neden olma girişimi siber saldırı olarak adlandırılabilir. Siber savaş ise bu eylemlerin devlet tarafından veya devletler düzeyinde gerçekleştirilmesi anlamına gelmektedir. Siber savaşın en kafa karıştırıcı yönlerinden biri, siber savaşçılar veya devlet destekli bilgisayar korsanları veya bilgisayar korsanları diğer ülkelere saldırdığında siber savaş olarak adlandırılması gerekip gerekmediğidir. Söz konusu durumda gerçek hayatta olduğu gibi siber uzayda da vekalet savaşları stratejisi izlenmektedir. Ülkeler, uluslararası yasalarla temastan kaçınmak için genellikle bu tür çatışmaları hizipler aracılığıyla yürütürler. Başka bir ülkeye saldıran bir grup siber savaşçı aslında bir tür siber savaştır.

2. Man In The Middle Kavramı (MITM)

Ortadaki adam saldırısı (Man In The Middle, MITM), ağ cihazları ve kurban bilgisayarlar arasında yetkisiz erişim yoluyla verilerin şifrelenmesi ve şifrelenmemiş verilerin izlenmesi ilkesine dayanan bir saldırı türüdür.

MITM saldırıları, OSI modelinin ikinci katmanında (veri bağlantı katmanı) uygulandığından, saldırgan başarılı olursa, saldırgan tüm trafik akışını kontrol edebilir. Bu hakimiyet, şifrelenmemiş trafikten şifreli "HTTPS" trafiğine kadar sınırsızdır. Başarılı bir MITM saldırısı sırasında saldırganın yapabileceği işlemler tamamen onların bilgisine, becerisine ve

hayal gücüne bırakılmıştır. Güvenlik önlemleri, ağ güvenliğine karşı iyi bilinen bir saldırı türü olmasına rağmen, en az sayıda saldırıyı içerir.



Şekil 1. MITM atağının Örnek resmi

Kullanıcıların bir kuruluş içinde bilgileri paylaşmalarının ve iletişim kurmalarının birincil yolu, bir ağ altyapı hizmetidir. Veri paketi ağda serbestçe dolaşır. Kendi IP adresine ait olmayan bir paket alan cihazlar, isteğe bağlı olarak o paketin içeriğini görebilir veya değiştirebilir. (Man-in-the-middle saldırısı, 2018; Rouse & Cobb, 2015) MITM saldırısı, ağdaki paketleri ele geçirmek ve manipüle etmek olarak da özetlenebilir.

MITM saldırıları, iki sistem arasındaki iletişimi kestikleri ve bir saldırganın kritik verileri anında ele geçirmesine ve değiştirmesine izin verdiği için ağ güvenliği için önemli bir tehdit oluşturur. Bu süreçte kurban hiçbir şey olmamış gibi internete bağlanmaya devam eder ancak bilgisayarla iletişim kurduğunuz tüm siteler artık görünür durumdadır. Bu saldırı, saldırganın tüm konuşmayı kontrol ettiği bir gizli dinleme biçimidir.

Örneğin, istemci ile ana bilgisayar arasında TCP bağlantısının olduğu bir HTTP işlemi, farklı teknikler kullanan bir saldırgan, orijinal TCP bağlantısını iki yeni bağlantıya böler (Toward More Resilient Cyber Infrastructure: A Practical Approach, 2016). İlk bağlantı kurban ile saldırgan arasında, ikinci bağlantı ise saldırgan ile sunucu arasındadır. Saldırgan TCP bağlantısını kestiğinde, ele geçirilen iletişimin verilerini okuyabilir veya değiştirebilir. Alternatif olarak, bir saldırgan kullanıcının tanımlama bilgilerini çalabilir. Bu çalınan çerezler, bir kullanıcının oturumunu ele geçirmek ve bir saldırganın bir web sitesinde bu kullanıcıyı taklit etmesine izin vermek için kullanılabilir.

Aynı teknik kullanılarak https bağlantısı üzerinden MITM saldırısı da yapılabilir; Tek fark, her bir TCP bağlantısı yerine yeni SSL oturumlarının kurulmasıdır. Bu sefer farklı olan, tarayıcı ile saldırgan arasındaki SSL bağlantısı ve saldırgan ile web sunucusu arasındaki diğer SSL bağlantısıdır. Genellikle, bu gibi durumlarda, tarayıcı kullanıcıyı dijital sertifikanın kabul edilebilir olmadığı konusunda uyarır, ancak kullanıcı potansiyel tehdidin farkında olmadığı için uyarıyı yok sayar. SSL kullansanız bile, bir saldırgan HTTP trafiğinizi SSLstrip ile yeniden yönlendirebilir. Tüm trafiğinizi izleyen bir saldırgan, girdiğiniz tüm sitelere kullanıcı adınızın ve şifrenizin gönderildiğini açıkça görebilir. Saldırgan, girdiğiniz tüm bilgileri düz metin olarak da görebilir. Kısacası, bir saldırgan verilerinizin çoğunu çalabilir (Rouse 2015).

MITM saldırıları, DNS sunucularını da hedefleyebilir. DNS araması, web tarayıcılarının alan adlarını IP adreslerine çevirerek web sitelerini bulmasını sağlar. DNS, DNS sahtekarlığı ve DNS ele geçirme gibi MITM saldırılarında, bir saldırgan DNS arama sürecini tehlikeye atabilir ve kullanıcıları yanlış sitelere gönderebilir, genellikle kötü amaçlı yazılım yayabilir ve/veya hassas bilgiler toplayabilir. Saldırgan daha sonra gerçek web sitesiyle yeni bir bağlantı kurabilir ve kullanıcı ile orijinal web sitesi arasındaki trafiği izlemek ve işlemek için bir proxy görevi görebilir. MITM saldırıları genellikle çevrimiçi bankacılık ve e-ticaret sitelerini hedef alır ve bu da izinsiz giriş yapanların oturum açma kimlik bilgilerini ve alternatif kritik ve değerli bilgileri ele geçirmesine neden olabilir.

MITM sadece bir saldırı tekniği değildir, aynı zamanda web uygulaması geliştirme ve web güvenlik açığı değerlendirmesinde de kullanılabilir.

2.1. MITM Saldırı Türleri

2.1.1. ARP Zehirlenmesi

Adres Çözümleme Protokolü (ARP), mantıksal ağ adreslerini ikinci katman (Veri Bağlantısı katmanı) aracılığıyla fiziksel adreslere dönüştürmek için OSI modelinde kullanılan bir iletişim protokolüdür (Infosec Kılavuzu: Ortadaki Adam Saldırılarına Karşı Savunma, 2017).

Bilgisayarların iletişim kurabilmesi için ağlarda iki adresi olması gerekmektedir. Birinci adres verisi mantıksal IP adresidir ve ikinci adres verisi fiziksel MAC adresidir. Anahtarlar, trafiği bir yerel alan ağı (LAN) üzerinden yönlendirmek ve trafiği bu adres bilgilerine göre yönlendirmek için ağa bağlı bilgisayarların fiziksel MAC adres bilgilerini kullanmaktadır.

Cihazın fiziksel MAC adresinin bilinmediği durumlarda cihazın MAC adresinin IP adresi üzerinden belirlenmesi istenir. Bilgisayarlar, mantıksal IP adresiyle bilinen bir bilgisayarın fiziksel MAC adresini, ARP protokolünü kullanarak bir ağ üzerindeki bir ARP tablosu aracılığıyla öğrenir. Bu bilinen ve öğrenilen adres bilgileri, bilgisayarların ağ üzerinde birbirleriyle iletişim kurmasını sağlar. Farklı bir ana bilgisayarın kimliğine bürünmek isteyen bir saldırgan, MAC adresiyle yanıt vermemesi gere Arp zehirlenmesi, ağ IP ve MAC adres eşlemelerine müdahale ederek ağ ekipmanına ve bilgisayarlara erişim sağlayan davetsiz misafirler olarak tanımlanabilir. Bu saldırıların amacı, hedef sunucuya hedeflenen tüm trafiği bloke ettikten sonra, istenen MAC adresini hedef sunucunun IP adresiyle eşleştirmektir. Bir saldırgan, ağ hedefinin ve ağ cihazının ARP tablolarını zehirlerse, bunlar ele geçirilecektir. Yani saldırgan, hedef bilgisayarın tablosundaki MAC adresini "ağ aygıtının MAC adresi" ve ağ aygıtının ARP tablosunu "hedef bilgisayarın MAC adresi" olarak yazdırırsa başarılı olur. Bu durumda hedef bilgisayar ile ağ cihazı arasındaki trafik saldırganın üzerinden geçer. Saldırgan, bu trafiği gizlice dinleyebilir ve değiştirebilir ve ele geçirilen verileri, casusluk yapmak veya taraflar arasındaki bağlantıyı değiştirmek gibi kötü amaçlı amaçlar için kullanılabilir.ken isteklere yanıt verebilir.

2.1.2. DNS Yanıltması

Etki Alanı Adı Sunucusu (DNS), ARP yönteminin IP adreslerini MAC adreslerine çözmesi gibi, etki alanı adlarını IP adreslerine çözümler. Siber suçlular genellikle ağlara sızmak için

kimliğe bürünme kullanır. Bu taktikler, saldırganların görmemeleri gereken bilgilere erişmelerini sağlar. Dolandırıcılık başka bir yaygın saldırı türüdür ve farklı biçimler alabilir. DNS sahtekarlığı, MITM saldırılarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Tanmay, 2013).

DNS sahtekarlığı veya DNS önbellek zehirlenmesi, bir DNS sunucusuna sızmayı ve bir web sitesinin adres kaydını değiştirmeyi içerir. Bir DNS saldırganı, DNS yazılımı önbelleğine zehirli bir DNS erişimi enjekte ederek DNS yazılımındaki kusurlardan yararlanan bir DNS sahtekarlığı saldırısı gerçekleştirir. Bu saldırı genellikle saldırganın, kimlik avı gibi başka amaçlar için kullanılan kötü amaçlı bir web sitesine yanlış bir IP adresi döndürmesine neden olur.

Örneğin, bir DNS sızdırma saldırganı, www.internetbanking.com gibi bir alan adı kullanarak başka bir ana bilgisayara ulaşmaya çalışır ve ana bilgisayara bozuk DNS önbellek bilgilerini eklemeye çalışır. (Man in the Middle (MITM) Attacks, 2018) Böylece kurban, bilgiyi güvenilir bir kaynağa gönderdiğine inanarak, kötü niyetli bilgisayara hassas bilgiler gönderir.

Sonuç olarak, siteye erişmeye çalışan kullanıcılar, değiştirilen DNS kaydı üzerinden saldırganın sitesine gönderilir. Siber suçlular genellikle meşru görünen kötü niyetli web siteleri oluşturduğundan, DNS sahteciliğini tespit etmek zordur.

ARP sahtekarlığı, bir saldırganın IP/ağ geçidini veya bu durumda kurbanın DNS sunucularını değiştirmek için yetkisiz bir DHCP sunucusundan ARP mesajları göndermesidir. Saldırgan, kurbanın DNS sunucusunu değiştirerek bir DNS sahtekarlığı saldırısı başlatabilir, bu da kurbanın DNS isteklerinin artık bankanın IP adresini taklit edebilecek yetkisiz bir DNS sunucusuna yönlendirildiği anlamına gelir. Her iki yöntem de aynı şeyi dener (trafiği kötü amaçlı makinelere yönlendirir veya iletir), ancak farklı bir düzeyde çalışır, ARP yalnızca bir sonraki LAN yönlendiricisini kandırır. Saldırı, bir kurbanın geçerli bir banka SSL sertifikası kullanarak http://www.yourbank.com'a göz atmasına izin verir, ancak sunucunun IP adresi farklı bir IP'dir. Bu şekilde, bir saldırgan banka bilgilerinize erişebilir ve hesabınızı boşaltabilir. WEB tarayıcıları, bir SSL sertifikasındaki yanlış bir URL'den şikâyet etmez (Tanmay, 2013).

Adres Çözümleme Protokolü (ARP) sahtekarlığı, bir saldırganın bir ARP isteğine yanlış yanıtlar göndermesidir. Bu genellikle yönlendiricinin kimliğine bürünmek ve böylece bir saldırganın trafiği kesebilmesi için yapılır.

Etki Alanı Adı Hizmeti (DNS) sahtekarlığı, bir saldırganın (bir ana bilgisayar adının IP adresini çözmek için gönderilen) DNS isteklerine yanlış IP bilgileriyle yanıt vermesidir. Bu genellikle kullanıcıları yanlış web sitelerine yönlendirmek için kullanılır.

ARP sahtekarlığı, ARP zehirlenmesi olarak da bilinir. Ağ IP ve MAC adreslerini birleştirerek saldırganları kesintiye uğratarak bir ağ cihazını bilgisayara tanımlama olarak tanımlanabilir. Yukarıda, bilgisayarların ağ içinde iletişim kurmak için öncelikle ARP protokolünü kullandığı belirtilmişti. Saldırgan, hedef ağ içindeki ve ağ aygıtındaki ARP tablolarını zehirleyebilirse, bu nedenle hedef bilgisayar tablosunda "MAC Pandiyaraja'nın ağ aygıtının MAC adresi", "hedef bilgisayar ağ aygıtının MAC adresini ARP olarak yazdırır. tablo" girilir. bir arada. Bu durumda, hedef bilgisayar, saldırgan ile ağ aygıtı arasındaki trafikten geçer. Bu trafiği dinleyebilir ve düzenleyebilirsiniz (Hugo, 2016).

Linux işletim sisteminin doğası gereği ağ bilgisayarınıza test etmek için kullandığımız gelen paketler için Kali. Eğer öyleyse, test tamamlanamazsa, MITM IP Yönlendirme. İkinci çağrı yönlendirme işlemi nedeniyle IP yönlendirme ağındaki IP paketleri ağı ve öncelikle MITM'yi IP yeniden yönlendirmesi etkinken test etmelidir. Linux çekirdeği, IP yönlendirme için tüm altyapıyı gizler ve dağıtımı çok kolaydır.

Terminalde IP yayın durumunu öğrenmek için aşağıdaki komutu çalıştırınız:

```
cat /proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

Dönüş değeri 0 (sıfır) ise IP yönlendirme aktif değildir. Etkinleştirmek için aşağıdaki komutu çalıştırınız.

```
echo 1 >/proc/sys/net/ipv4/ip_forward
```

Şimdi IP yönlendirme sistemini açınız.

Kali Linux ile birlikte gelen "arp spoof" aracı ile kurban, cihaz ve ağ arasına enjekte edilebilir. "Arpspoof" aracı ağ üzerinde istenilen ARP paketlerini oluşturup hedefe gönderir ve hedef ARP tablosunu zehirlenmeye çalışır. "Arpspoof" aracı aşağıdaki gibi komutlarla kullanılabilir: Ağa bağlı tüm bilgisayarlar hedef IP adresinin sonuna 102 24/Arptable eklenerek zehirlenebilir. Yalnızca bir bilgisayarda ve ağ aygıtında metin araması yapın (Ramadhan, 2018),

Öncelikle hedefin ARP tablosu zehirlenir. Bunun için aşağıdaki komut kullanılmaktadır:

```
arp spoof-i [network interface]-t [destination ip] [network device ip]
```

Yukarıdaki komut, hedef bilgisayarın ARP tablosunda yürütülür ve ARP'yi zehirlemek için sürekli olarak REPLY paketlerini hedefe göndermektedir. Daha sonra ağ cihazının ARP tablosu zehirlenir, bunun için aşağıdaki komut kullanılır.

```
arp spoof-i [network interface]-t [network device ip] [destination ip]
```

Komut, ARP tablosu ağ cihazını sürekli olarak çalıştırdığında, hedefe toksik ARP REPLY paketleri gönderilir. Ağ cihazı ile hedef bilgisayara gönderilen ARP REPLY paketleri arasına eklenir. Hedef bilgisayarın ARP zehir tablosunu falan kastediyorum. AR çağrısının girildiği hedef bilgisayarı ve ağ cihazını agresif bir şekilde hedefliyoruz. Hedef ile ağ cihazı arasındaki trafiği iletebilirsiniz ve saldırgan bunu değiştirebilir, trafik akışını dinleyebilir (Rangwala, 2015).

Örnek olarak aşağıdaki iki örnek diğer trafikte verilmiştir. Kali kurulumuyla birlikte gelen Linux "urlsnarf" istek hedefleme aracı trafiği azaltabilir. Bunun için kullanılacak komutlar aşağıdadır.

```
urlsnarf - click [network interface]
```

"Driftnet" aracı ile Kali Linux kurulumu, ARP Spoofing ve MITM saldırı kurbanın tarayıcı isteklerine yönelik olarak sayfalarda yer alan resimlerin ortamları gerçekleştirilmektedir. Aşağıdaki komut ile yürütülür.

```
driftnet-click [network interface]
```

2.1.3. SSL ve TLS Sıyırma

HTTP en yaygın İnternet protokolüdür. Çevrimiçi olarak yaptığımız işlerin çoğu, günlük web taramasından anlık sohbet

kadar HTTP üzerinden yapılır. Bununla birlikte, HTTP iletişimleri güvensizdir ve ele geçirilmesi nispeten kolaydır, bu da özellikleri nedeniyle onları MITM saldırıları için ana hedef haline getirir.

Çoğu şifreleme protokolü, özellikle MITM saldırılarını önlemek için bir tür uç nokta kimlik doğrulaması içermektedir. TLS (Aktarım Katmanı Güvenliği) ve SSL (Güvenli Yuva Katmanı) protokolleri, güvenilir bir ağ bağlantısı sağlamak için ağ şifrelemesini kullanır. En yaygın SSL protokolü türü, en yaygın kullanıcıların karşılaştığı HTTPS'dir. Bu protokol, geleneksel HTTP protokolü (Köprü Metni Aktarım Protokolü) aracılığıyla iletişimden oluşur ve SSL ve TLS şifrelemesi ile korunur. Bu protokoller ağ iletişimi için daha iyi koruma sağlasa da, MITM saldırılarına karşı savunmasız olabilirler. Kullanıcı şüpheli bir sertifika gönderme konusunda uyarılmazsa, saldırgan sahte sertifikalarla MITM saldırısı gerçekleştirebilir (Rouse & Cobb, 2015).

HTTPS kullanımı, ARP zehirlenmesine veya DNS sahteciliğine karşı kapsamlı bir savunma olduğundan, saldırganlar paketleri engellemek ve HTTPS tabanlı adres isteklerini HTTP eşdeğeri uç noktalara iletmek için SSL soymayı kullanır ve sunucunun şifrelenmemiş bir sunucu istemesini gerektirir (Ramadhan, 2018).

SSL/TLS sertifikaları, saldırganların güvenli bağlantılardan ödün vermek için ek adımlar atması gerektiğinden, etkin MITM saldırılarını da zorlaştırır. Bir saldırgan, bir web sitesinin SSL protokolünü modüle eden SSLstrip gibi araçlar kullanılarak yararlanılabilen bağlantı ele geçirme saldırılarını kullanarak bu adımı 103 güvenliğini ihlal edebilir. Bilgisayar korsanları TLS'ye girmenin yolunu buldu. Örneğin, HTTPS yazsanız bile (örneğin <https://www.example.com>), bilgisayar korsanları <http://www.example.com> yazıp onu HTTP olarak değiştirerek şifrelenmesini engelleyebilir. Bu arada, tüm kullanıcı oturumu saldırgan tarafından görülebilir.

2.1.4. MAC Address Attact

Portlar arası iletişim, switchler tarafından sahip oldukları MAC adres tablolarına bakılarak gerçekleştirilir. MAC adres tablosundaki port numaralarında bilgisayarların MAC adresleri porta bağlı olup, söz konusu portun hangi VLAN'a (Sanal Yerel Alan Ağı) ait olduğu bilgisi bulunmaktadır. Switchler önce portlara gelen çerçevenin hedef MAC adresi kısmına bakar, ardından çerçevedeki hedef MAC adresinin kendi MAC adres tablosunda olup olmadığını sorgular, adres tabloda bulunuyorsa çerçeve gönderilir. İlgili bağlantı noktası, bu işleme anahtarlama denir. Ancak, anahtar çerçevesinin hedef MAC adresi, anahtarın MAC adres tablosunda bulunmadığında, anahtar çerçeveyi tüm bağlantı noktalarına gönderir. Bu, ilgili bağlantı noktasının diğer tüm bağlantı noktalarına iletilmesine neden olur. Bu, bir saldırganın tüm anahtar trafiğini gizlice dinlemesine ve anahtarın bağlantı noktalarını yok sayarak MAC adres tablosunu yanlış MAC adresleriyle doldurmasına neden olur. Bu, anahtarın verimliliğini olumsuz yönde etkiler. Anahtarlama cihazlarının MAC adres tablosu doldurulurken sorunlar ortaya çıkar çünkü switchlerin MAC adres tabloları için bir limiti vardır ve bu limit cihazın marka, model ve donanımına göre değişiklik gösterir.

3. MITM Saldırısından Nasıl Korunabilir

Ortadaki adam saldırısına karşı birçok savunma mekanizması vardır. Başlıca ortadaki adam saldırıları, SSL saldırısı, DNS

saldırısı ve ARP zehirlenmesidir. Bu saldırıya karşı önlemler aşağıda listelenmiştir.

3.1. SSL'nin Zayıf Yönlerini Ortaya Çıkaran Saldırıları ve TLS İle Alınan Önlemler

TLS Aktarım Katmanı Güvenliğinin (TLS) kısaltması. TLS, SSL protokolünün halefi ve İnternet Mühendisliği Görev Gücü (IETF) tarafından SSL tabanlı geliştirilen bir güvenlik protokolüdür. Ağ üzerinden veri gönderilip alınmasını ve veri aktarımı sırasında şifrelemeyi sağlar. STARTTLS, yalnızca metin mesajlarını korumak için farklı bir bağlantı noktası kullanmak yerine şifreli bağlantı olarak güncellenen bağlantı protokolleri için TLS tarafından geliştirilmiş bir çözümdür. SMTP kullanırken TLS, güvenli olmayan bir sunucu bağlantısıyla başlar ve STARTTLS komutuyla devam eder. Daha sonra veri aktarımı sırasında güvenli bir bağlantıya geçer.

Standart algoritma, gönderilen ve alınan bilgilerin kesinlikle doğru olmasını ve doğru alıcının bilgileri göndermeden önce otomatik olarak şifresini çözebilmesini ve şifresini çözebilmesini amaçlar. İşlemlerin ve verilerin bütünlüğünü ve gizliliğini korumak için her iki tarafta doğrulama yapılır. SSL/TLS işleviyle çalışmak için sunucu tarafı anahtarına ve istemci tarafı sertifikasına ihtiyacınız vardır. Özellikleri aşağıdaki gibidir;

- Mesaj şifreleme ve şifre çözme için güvenlik ve gizlilik sağlar (Simetrik Anahtarlama).
- İletiyi gönderen ve alan etki alanının doğru konumda olmasını sağlar (Public/Private Key).
- Aktarılan belgelerin tarih ve saatini doğrular (Hashing tekniği ile).
- Belge arşivleri oluşturmayı kolaylaştırır (sıkıştırma teknikleri ile).

Tekrar HTTPS alırsak, HTTP trafiğini SSL protokolü tarafından sağlanan kanal üzerinden iletilecek şekilde yapılandırabiliriz. Bu kanal, şifreleme ve kimlik doğrulama seçenekleri veya her ikisi ile oluşturulabilir, ancak karşı tarafın hem şifrelemesi hem de kimlik doğrulaması gerekli değildir. OSI katmanı, HTTP'nin "Uygulama" katmanı ile TCP protokolü arasındaki gerçek veri trafiğinin "Taşıma" katmanı arasındaki SSL "Sunum" katmanında bulunan bir protokol yığınına sahiptir.

3.2. SSL 3.0 ve Poodle Saldırısı (2014)

TLS saldırısına karşı önlem, saldırganların protokolü düşürmesini engelleyen TLS_FALLBACK_SCSV eklentisidir. Buna göre istemci, sunucuya düşüşü bildirir. İstemci, sunucuya, oturumun daha yüksek bir sürüm protokolü kullanarak sunucuya bağlanmaya çalıştığını, ancak el sıkışma tamamlanmadan oturumun sonlandırıldığını bildirir. Bu durumda sunucu, istemci tarafından bildirilenden daha yüksek bir sürüm sağlayabiliyorsa bağlantıyı kapatmaktadır. Bu, saldırganların şifreleme protokolünü tersine mühendislik yapmasını engellemektedir.

3.3. Freak Saldırısı (2014)

Entrust'ın internet sitesinde yer alan bilgilere göre siber güvenlik araştırmacısı Ivan Ristic, FREAK'in pratikte çok etkili olabilmesi için birden fazla ajanın bir araya getirilmesi gerektiğini

vurguluyor; listede zayıf bir ihracat şifreleme algoritması sağlayan ve aynı anahtar uzun süre kullanan bir sunucu, anahtar kırma, zayıf bir istemci bulma ve manipülasyon saldırısı bulunmuştur. Ortadaki adam (MITM) saldırısı, yerel bir ağ veya kablosuz WiFi ağında gerçekleştirilmesi kolay ancak gerçekleştirilmesi zor bir saldırdır.

Bu saldırıya karşı önlem olarak sunucu taraflı çözümler daha etkilidir. Sunucular, zayıf güvenli şifreleme algoritmalarını desteklememelidir (Hekim, 2015).

3.4. Beast (Canavar) Saldırısı (2011)

BEAST'in iptali, parola blok zinciri (CBC) modunda kullanılan orijinal vektör (IV) değerini kullanır. Bu ağda gönderilen bir paket için kullanılan IV değeri, bir önceki paketin son şifreli mesaj bloğudur. Bu şekilde, şifreli trafiği izleyen bir saldırgan, oturumun çerez bilgisinde kullanılan IV değerini tespit edebilir. Saldırgan, önceki şifreli metin bloğu olan IV değerini aldıktan sonra, şifresini çözmek istediği şifreli metni içeren açık değeri ve ulaşmak istediği hassas değeri (örneğin, çerez bilgisi) iki değeri kullanarak tahmin etmeye çalışır. Saldırgan, düz metin tahmin edilebilirse IV'ü XOR yapabilir ve ilgili şifreli metinle aynı olup olmadığını kontrol edebilir. Aynıysa, saldırgan açık metni alır. Böyle rastgele bir değeri tahmin etmek zor olacağından, bu saldırı açık harf kod çözme yöntemini kullanır. Bunu yapmak için saldırganın kurbanla aynı ağda olması ve bir müdahale yapması gerekir. Ayrıca trafiği manipüle edebilmeli ve birden fazla istek paketi göndermeyi gerektiren olası sorunlu eşleşmeleri kontrol edebilmelidir. Saldırgan bir seferde yalnızca bir blok tahmin edebilir.

3.5. SSL Rc4'ün Açıkları

Bu saldırı en iyi sonucu RC4 çıkışına verilen orijinal hasarla verir. Bu nedenle kayan anahtarın ilk çıktı baytlarını azaltmak, RC4'teki zafiyete TLS çözümleri arasında yer alıyor ancak bunun tüm sunuculara ve istemcilere uygulanmasının zor olduğu vurgulanıyor. Bu nedenle uzmanlar, kötüye kullanımdan kaçınmak için TLS'de RC4'ten kaçınılması gerektiğini vurgulamaktadır (Hekim, 2015).

3.6. Heartbleed (Kalp Kanaması) Saldırısı (2014)

Bu güvenlik açığına yönelik OpenSSL yaması, yük uzunluğu alanı veri uzunluğundan büyükse HeartbeatRequest mesajını kaldırmaktadır. Bu güvenlik açığını önlemek kolaydır, ancak bir saldırganın hassas bilgiler içeren özel belleği okuyabilmesi nedeniyle güvenlik açığından kaynaklanan potansiyel risk büyük zarara neden olabilmektedir.

3.7. MITM'de DNS Değişikliği ve Yaralanma

3.7.1. DNS Önbelleğe Alma

Aynı problemde önbelleğe almak için kullanılan cihazları, çok fazla saldırıya sahip DNS sunucularını ve DNS sunucusu etkilerini önbelleğe alamaz.

3.7.2. DFAS

TCP üzerinden DDoS saldırılarını engellemenin nispeten kolay olduğunu söylenebilir. Bunun ana nedeni, TCP üzerinden saldırırken, saldırganın gerçek bir IP adresine mi yoksa sahte bir adrese mi saldırdığını anlayabilmesidir (basit bir Boolean 3 el sıkışması yapılırsa, IP gerçektir). UDP üzerinden DDoS saldırılarının (UDP taşması, DNS taşması vb.) engellenmesi

zordur çünkü saldırgan IP adreslerinin gerçek olup olmadığını belirlemenin kesin bir yolu yoktur. UDP kullanan saldırılar, genellikle ikinci bir paket bloğunu (DfA) kabul etmek gibi bir davranışsal engelleme yöntemi kullanır. DFAS yöntemi, TCP veya UDP olmak üzere ilk gelen paketi temel almaktadır. Aynı paket geri gelirse, pakete uygun şekilde yanıt verir ve ilgili IP adresine giriş yapmaya başlayın veya ilk paketin yanlış bir yanıt (yanlış sıra numarası SYN) döndürmesini bekleyin. -ACK) . istemci tarafından gönderilen TCP isteğine yanlış yanıt verir ve karşı taraftan RST paketi beklenir. RST paketini aldıktan sonra IP adresinin gerçek olup olmadığı belirlenerek paket belirlenir. DFAS yöntemi, saldırı anında ilk paketler üzerinde gerçekleştirilir (Sultana, 2018).

3.7.3. Hız Sınırlama

Hız sınırlama yöntemi, IP adresleri ve UDP/DNS kullanan saldırılarla bağlantılı olarak saldırgan IP adresini engellemeyi amaçlar. Kaynak IP adresleri doğrulanmadığından, UDP saldırılarının bu yöntemi kullanarak engellenmesi zordur. Bu yöntem ile istenilen IP adresi bloke edilebilir (Sultana, 2018).

3.8. Arp Sahtekarlığı Önleme

3.8.1. Sanal Özel Ağlarla Şifreleme

Ağ trafiği şifreli ise paketler yakalansa dahi okunamayacağı için çalışmayacaktır. Verileri şifrelemenin ve ARP sahtekarlığının oluşmasını önlemenin bir yolu, sanal özel ağları (VPN'ler) kullanmaktır. Bir VPN kullanmak, ARP saldırılarını büyük ölçüde önlemektedir.

3.8.2. Statik ARP Kullanımı

ARP tablosunu statik olarak doldurmak, ARP duyurularına ihtiyaç duymadığı için bu saldırıyı engeller, ancak büyük ağlar için daha az karlıdır. Ortamınızda birbiriyle sürekli iletişim halinde olan iki sunucunuz varsa, ARP girişini statik olarak ayarlamak, ARP önbelleğinize herhangi bir saldırıya karşı bir koruma katmanı eklemenize yardımcı olabilir.

3.8.3. Algılama Aracı Alma

Yaygın uygulamalarda bile, yüksek ARP bilgisine sahip olsanız bile ARP saldırılarını tespit etmek kolay değildir. Müşteri, IDS (Intrusion Detection System) veya ARP Monitor ile sistemi dahili ağda izleyebilir. Örneğin, Arpon ve Arpalert gibi açık kaynak araçları kullanarak ARP protokolü güvenilir bir şekilde çalışır (Sultana, 2018).

Ağ şirketleri tarafından satılan ürünlere yönelik saldırıları önlemek için ARP koruması veya Dinamik ARP Denetimi özellikleri etkinleştirilebilir.

3.8.4. Paket Filtrelemeyi Ayarlama

Bazı ARP saldırılarında, saldırganın MAC adresini ve kurbanın IP adresini içeren ARP paketleri LAN üzerinden gönderilir. Bu gelen paketleri filtrelemek, bu toksik paketlerin hedeflenen hasara neden olmadan kullanılabilmesini sağlayabilir. Ek olarak, ağı daha küçük VLAN'lara bölmek ve yetkili kullanıcıları dışarıdan izole etmek, bir ARP zehirlenmesi saldırısının yüzey alanını azaltır.

4. Uygulanan Yöntem

Siber saldırılara karşı alınacak önlemler çok önemlidir. Son kullanıcının belli önlemleri alınması kesinlikle gereklidir. Ancak

sistem yöneticisi ya da bir başka deyişle bilgisayar ağ yöneticisi tarafından alınan önlemler çok daha önemli ve verimli olacaktır. Sonuç olarak kesin önleyici önlem olacaktır.

Sistem yöneticisinin alması gereken önlemleri ve kendi bilgisayar ağımızda almış olduğumuz önlemleri sırasıyla belirtelim.

4.1. Tüm Bilgisayar Ağında Yönetilebilir Akıllı Ağ Anahtarları Kullanılmalı

Bilgisayarı ağ yöneticisi, yönettiği sistemde kesinlikle akıllı yönetilebilir ağ anahtarları kullanmak zorundadır. Siber saldırılara karşı bilgisayar ağı üzerinde önlem alınmanın en temel koşulu budur.

Bizim yaptığımız çalışmada, kurumun tüm bilgisayar ağında yönetilebilir ve akıllı ağ anahtarları kullanılmıştır.

4.2. Olay Kayıt Sunucusu Kurularak Bilgisayar Ağındaki Tüm Ağ Anahtar Cihazlarının Tüm Olayları Kayıt Altına Alması Sağlanmalı

Bizim yaptığımız çalışmada, tüm bilgisayar ağında kullanılan yönetilebilir ve akıllı ağ anahtarları olay kayıt sunucusuna bağlanmıştır.

4.3. Tüm Ağ Anahtar Cihazlarına Yabancı Bir Ağ Anahtar Cihazının Bağlanmasını Engelleyici Ayarlar Yapılmalıdır.

Bilgisayar ağ anahtarlarının tüm bağlantı uçlarının sadece bilgisayar bağlanabilecek konfigürasyonunda ayarlanması çok önemlidir. Bunun nedeni herhangi yetkisiz bir kişinin bilgisayar ağına sistem yöneticisinin kontrolü dışında farklı bir ağ anahtarı bağlanmasını ya da herhangi bir sunucu bağlanmasını engellenmesi içindir.

Yapılan ayarlar,

```
switchport mode access
```

```
switchport port-security
```

```
switchport port-security aging time 2
```

```
switchport port-security violation restrict
```

```
switchport port-security aging type inactivity
```

```
macro description cisco-desktop spanning-tree portfast
```

```
spanning-tree bpduguard enable
```

Yukarıda verilen tanımlamalar yapıldığında ağ anahtarını bağlantı uçlarına bilgisayar özelliği dışında hiçbir cihaz bağlanamaz. Eğer başka bir cihaz bağlanırsa ise port kendini kapatır. Aynı zamanda log sunucusuna da olay kaydı yapılmış olur.

4.4. DHCP Saldırılarını Önleyici Ayarlar Yapılır

```
ip dhcp snooping vlan 1
```

```
ip dhcp snooping information option allow-untrusted
```

```
ip dhcp snooping
```

```
ip dhcp snooping limit rate 100
```

Saniyede 100 paket sınırı normal olarak konulabilir. Ağ yöneticisinin kararına bağlı olarak değişebilir.

4.5. ARP Saldırılarını Önleyici Ayarlar Yapılır

```
ip arp inspection vlan 1
```

Bu ayar ile varsayılan saniyedeki arp paket sınırı 15 adettir. İstendiğinde değişik paket sayıları da ayarlanabilir.

4.6. Otomatik Olarak Devre Dışı Kalan Uçlar

Kural dışı çalışma olduğunda ağ anahtarının ilgili ucu devre dışı kalır.

Devre dışı kalan uçları belli bir zaman sonra kendiliğinden tekrar devreye almak için belli ayarları yapmamız gerekecektir.

```
errdisable recovery cause arp-inspection
```

```
errdisable recovery cause bpduguard
```

```
errdisable recovery cause psecure-violation
```

```
errdisable recovery interval 300
```

Burada verilen 300 saniye sonra kendiliğinden ucun aktif olması komutudur. İstenirse zaman ayarı değiştirilebilir.

5. Sonuç

Katman 2 saldırıları, LAN'lar (Yerel Alan Ağları) nedeniyle güvenlik duvarlarına veya saldırı tespit sistemlerine müdahale etmez. Genel olarak, izinsiz giriş tespit veya önleme sistemleri, bir iç ağa girebilecek harici bir ağdan gelen saldırıları tespit etmek veya önlemek için kullanılır. Bu sistemler üçüncü ve daha üst düzey koruma için tasarlandığından, iç ağdaki bir saldırgan, iç ağdaki anahtarlara yapılan saldırıları algılayamaz veya önleyemez. Ağ güvenliğini sağlamak için tüm OSI katmanları korunmalıdır. Üst düzey güvenliğin olmaması ve ikinci düzey güvenliğin olmaması, yetersiz ağ güvenliğini gösterir. Birinci kat saldırıları da önemlidir. Örneğin, ağın sunucuları ve diğer cihazları kesintisiz bir güç kaynağına veya jeneratöre bağlı değilse, ağın tüm güvenlik önlemleri alınmış olsa bile, elektrik kesintisi durumunda ikinci katman ve daha yüksek güvenlik önlemleri çalışmayacaktır. Ya da güç anahtarı herkesin ulaşabileceği bir yerdeyse ve yeterli güvenlik önlemleri alınmazsa, elektrik kesintisi durumunda sistem çalışmayacağından üst katlarda alınan önlemler çalışmayacaktır.

Sunucu sertifikası doğrulaması yalnızca istemciye yapılır ve istemcinin sertifikası bir doğrulama noktası olduğundan sunucuya aktarılamamaktadır, bu nedenle istemci doğru sunucuyla konuştuğundan emin olmalıdır. Sunucu (güvenilmeyen) bu kararı istemciye vermektedir. SSL müdahalesinde, sunucunun bakış açısından TLS istemcisi bir güvenlik duvarı/AV'dir. Dolayısıyla sunucu tarafı sorunu, beklenen istemcinin (tarayıcının) konuşup konuşmadığını (güvenlik duvarı/AV) tespit etmektir. Bunu yapmanın en güvenli yolu, istemcinin kimliğini doğrulamak için istemci sertifikalarını kullanmaktır - ve örneğin, istemci kimlik doğrulaması kullanılırsa, MITM beklenen istemci sertifikasını sağlayamadığı için SSL korsanlığı çalışmamakta, TLS anlaşması başarısız olmaktadır. Yalnızca istemci sertifikaları nadiren kullanılmaktadır. Başarısız bir TLS anlaşması, istemcinin sunucuyla SSL güvenliğinden ödün vermeden iletişim kurabileceği anlamına gelmez, ancak istemci sunucuyla iletişim kuramamaktadır. Alternatif bir yaklaşım, TLS istemcisinin parmak izine, yani parolalara ve parolalara ve özel uzantıların kullanımına dayalı olarak TLS istemci türünü belirlemek için buluşsal yöntemleri kullanmaktır. Teori orijinali yanıltsa da, ClientHello aslında bir SSL yakalama proxy'sine sahip değildir.

İnternet kullanıcılarının SSL/TLS, DNS ve arspoofing saldırılarına karşı alması gereken önlemler detaylı olarak analiz edilmektedir. Ağ güvenliğini değerlendirmede makine öğrenmesinin etkinliği nedeniyle; son zamanlarda daha da önem kazanmıştır. Benzer şekilde, veri vergilendirmesinde yeni makine öğrenimi teknikleri daha hızlı büyür ve daha verimlidir. Makine öğrenimini uygularken, ortadaki adamın doğası dinamik olduğu için dikkate alınması gereken farklı şeyler vardır. Bu nedenle, gözlem yönteminin uyarlanabilirliğine ihtiyaç vardır. Veri kümesi boyutunu azaltan sınıf parçalarıyla bir özellik seçme yöntemi geliştirmek, devam eden bir konudur.

Sonuç olarak, işin özüne bakarsak, bilgisayar ağ yöneticisinin alacağı önlemlerin kesin olarak etkili olacağı gözlemlenmiştir.

Kaynakça

- Hekim, H. (2015). Oltalama (Phishing) Saldırları. Retrieved from academia: http://www.academia.edu/35136881/Oltalama_Phishing_Saldırları
- Hugo, E. (2016, March 28). Performing Man-In-The-Middle Attack with ARPSpoof. Retrieved from myhackingjournal.blogspot: <http://myhackingjournal.blogspot.com/2016/03/performing-man-in-middle-attack-with-arpspoof.html>
- Infosec Kılavuzu: Ortadaki Adam Saldırılarına Karşı Savunma, (2017).
- Man-in-the-Middle (MITM) Attacks. (2018). Retrieved from rapid7: <https://www.rapid7.com/fundamentals/man-in-the-middle-attacks/>
- Ramadhan, F. B. (2018). Kali Linux: Social Engineering Toolkit. Retrieved from linuxhint
- Rangwala, S. (2015). Fake Website with DNS Spoofing in Kali Linux. Retrieved from linuxhacking-guide.blogspot: <http://linux-hacking-guide.blogspot.com/2015/05/fake-website-with-dns-spoofing-in-kali.html>
- Rouse, M., & Cobb, M. (2015). Man-in-the-middle attack (MitM). Retrieved from internetofthingsagenda.techtarget: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/man-in-the-middle-attack-MitM>
- Sultana, N., Chilamkurti, N., Peng, W., & Alhadad, R. (2018). Survey on SDN based network intrusion detection system using machine learning approaches. Peer-to-Peer Networking and Applications.
- Tanenbaum, Andrew S., (2003). Computer Networks”ü, 4th ed, Prentice-Hall, Inc., New Jersey
- Tanmay. (2013). How to defend yourself against MITM or Man-in-the-middle attack. Retrieved from thewindowsclub: <http://www.thewindowsclub.com/man-in-the-middle-attack>
- Toward More Resilient Cyber Infrastructure: A Practical Approach, (2016).
- Yüksel, M. ve Öztürk, N. (2017). SIP Saldırıları ve Güvenlik Yöntemleri BİLİŞİM Teknolojileri Dergisi, 10(3).



IoMT-Based Smart Shoe Design for Healthy Foot-Flat Feet Gait Analysis

Afet Mustafaoğlu¹, Faruk Aktaş^{1*}

¹ Kocaeli University, Faculty of Technology, Department of Biomedical Engineering, Kocaeli, Türkiye,, (ORCID: 0000-0003-2815-3837), afetmustafoglu@gmail.com

^{1*} Kocaeli University, Faculty of Technology, Department of Biomedical Engineering, Kocaeli, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6399-5952), faruk.aktas@kocaeli.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1187837)

ATIF/REFERENCE: Mustafaoğlu, A., & Aktaş, F. (2022). IoMT-Based Smart Shoe Design for Healthy Foot-Flat Feet Gait Analysis. *European Journal of Science and Technology*, (42), 108-112.

Abstract

Flat feet is a condition that negatively affects the quality of life of the person and causes various health problems, such as early fatigue, pain in the feet, inward pressing, bump in the knees, and low back pain. When flat feet is untreated, it causes various health problems as progress an age such as deformity in the feet and calcification in the waist. Therefore, flat feet should be determined through various systems in order to apply the right treatment methods. The Internet of Medical Things (IoMT) is internet-based technology used in health care. IoMT is based on the principle that the data are collected through numerous sensors, pre-processed from smart devices, transferred through the access points, and analyzed through the server to enhance patients' health. In this study, IoMT-based smart shoes were designed to observe the pressure differences in healthy foot compared to flat feet by the gait trials performed with the insole. In the smart shoe design, three force sensors are placed in the medial and lateral forefoot and rear foot to measure intense pressure on the sole. During the walking test, an accelerometer was used to collect speed data, and a Bluetooth module was used for wireless communication. This smart shoe has also been designed as a cost-effective alternative to existing motion capture systems.

Keywords: Internet of Medical Things (IoMT), Pressure Sensor, Smart Shoes, Gait Analysis, Flat Feet, Smart Insole

Düz Taban ve Sağlıklı Taban Yürüyüş Analizi için Medikal Nesnelerin İnterneti Tabanlı Akıllı Ayakkabı Tasarımı

Öz

Düztabanlık, erken yorulma, ayaklarda ağrı, içe doğru basma, dizlerde çarpma, bel ağrısı gibi kişinin yaşam kalitesini olumsuz yönde etkileyen ve çeşitli sağlık sorunlarına neden olan bir durumdur. Düztabanlık tedavi edilmediğinde yaş ilerledikçe ayaklarda şekil bozukluğu, belde kireçlenme gibi çeşitli sağlık sorunlarına neden olmaktadır. Bu nedenle, doğru tedavi yöntemlerinin uygulanabilmesi için çeşitli sistemler vasıtasıyla düz tabanlılığın tespit edilmesi gerekmektedir. Tıbbi Nesnelerin İnterneti (IoMT), sağlık hizmetlerinde kullanılan internet tabanlı bir teknolojidir. IoMT, verilerin çok sayıda sensör aracılığıyla edinilmesi, akıllı cihazlar tarafından önceden işlenmesi, erişim noktaları aracılığıyla aktarılması ve hastaların sağlığını iyileştirmek için sunucu üzerinden analiz edilmesi ilkesine dayanmaktadır. Bu çalışmada, gerçekleştirilen yürüyüş testleri ile sağlıklı taban ve düz taban arasındaki basınç farklarının gözlemlenmesi için IoT tabanlı akıllı ayakkabı tasarlanmıştır. Akıllı ayakkabı tasarımında, ayak tabanına yoğun olarak düşen basıncı ölçmek için orta ve yan ön ve arka ayağa üç kuvvet sensörü yerleştirilmiştir. Yürüme testi sırasında hız verilerini toplamak için ivmeölçer ve kablosuz iletişim için Bluetooth modülü kullanılmıştır. Tasarlanan ayakkabı aynı zamanda mevcut hareket yakalama sistemlerine uygun maliyetli bir alternatif olarak tasarlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Medikal Nesnelerin İnterneti, Basınç Sensörü, Akıllı Ayakkabı, Yürüyüş Analizi, Düz Taban, Akıllı Taban

1. Introduction

People with flat feet have either a very low arch or no arch at all. This means that one or both feet may be flat on the ground. A human foot has 33 joints, over 100 muscles, tendons, and ligaments that hold 26 different bones together. Arches provide a spring to the step and help distribute body weight across the feet and legs. The structure of the arch determines how a person walks. Arches must be tough and flexible to adapt to stress and various surfaces. The feet of people with flat feet can turn inward while standing and walking. This is known as pronation and can cause the feet to point outward.

Pain in the feet, which can occur because of strained muscles and ligamentous injury, is the most common symptom of flat feet. Abnormal stresses on the knees and hips can cause pain in these joints. The pain affects the arch of the foot, cuffs, knees, hips, waist, and mostly lower legs. Flat feet can also cause unequal distribution of body weight. This may cause the shoes to wear out irregularly or faster and may lead to long-term injuries. Figure 1 shows the pressure distributions and arch ratios in high arched/claw feet, normal and flat feet (Imaizumi, Iwakami, & Yamashita, 2011).

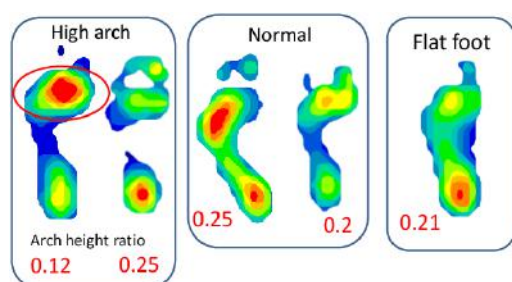


Figure 1. The pressure distributions and arch ratios in high arched/claw foot, normal and flat feet

Internet of Things (IoT) technologies used in health care are called the Internet of Medical Things (IoMT) (Bozbuğa, Tekbaş, & Gülseçen, 2021). IoMT is based on the principle that the data are collected through numerous sensors, pre-processed from smart devices, transferred through the access points, and analyzed through the server to enhance patients' health. The IoMT plays a key role in enhancing its products' quality, efficiency, and effectiveness in the healthcare field (Kumar, Arora, Gupta, & Saini, 2021). Smart shoe designs have been made in order to detect healthy foot and flat feet by using IoMT technologies.

There are many IoT-based smart shoe studies in the literature that collect various variables such as pressure, coordinate (GPS), speed, and so on. Mark Sullivan et al. has designed a smart IoT-shoe that detects abnormal gait patterns by analyzing foot pressure variations to detect gait instability in the elderly (Sullivan, Knox, & Ding, 2017). Wai Kit Cheng et al. have developed a personalized three-dimensional design shoe based on elderly foot care and safety, using GPS RFID technologies and location tracking technologies (Cheng, Lam, Lin, & Ge, 2019). Mohammadreza Abtahi et al. have introduced MagicSox, a new smart textile system that touches with multiple sensors scattered over the surface of the foot. MagicSox has developed to measure gait abnormalities in remote settings such as patients' homes so that clinicians and physiotherapists can evaluate their patients daily. They have also developed an Android smartphone

application that uses Bluetooth low energy (BLE) and automates MagicSox's multisensor data collection (Abtahi, Gyllinsky, Paesang, Brlow, Constant, Gomez, Tully, D'Andrea, & Mankodiya, 2018). Haisheng Xia et al. have designed a customized smart shoe to predict the angle of foot progression during walking. They realized the smart shoe design by placing an electronic module with inertia and magnetometer sensing on the sole of a standard walking shoe. The smart shoe can be wirelessly charged, and the collected data (sampled at 100Hz) can be stored locally on the shoe for up to 160 hours (Xia, Xu, Wang, Hunt, & Shull, 2017).

In the study, an IoMT-based smart shoe was designed to observe the pressure differences between healthy foot and flat feet by performing gait trials. In the smart shoe design, a total of three force sensors are placed in the medial-lateral forefoot and rearfoot where the pressure is intense on the sole of the foot. During the walking test, an accelerometer was used to collect speed data, and Bluetooth technology was used for wireless communication. Although systems such as motion capture cameras or force platforms provide very precise and accurate data, these systems are fixed and very expensive. Thanks to the developed smart shoes, walking tests can be performed in the field or in the laboratory as desired. It facilitates the access of many patients and researchers to gait tests with its portability, lightness and comfort advantages, as well as being an inexpensive alternative.

The paper is organized as follows: In Section 2, components and architecture of the developed smart shoe are explained, and the design and implementation of the system are presented in section 3. The paper is concluded in section 4 with final remarks.

2. Material and Method

2.1. Gait Analysis

Gait analysis is a method used to identify biomechanical abnormalities in the gait cycle, as well as a tool for evaluating walking and running patterns. It is a pioneering work area for many technologies with its features such as identifying overactive or underactive muscles in the feet, which may lead to potential injuries and inefficiencies in the future (Whittle, 2007).

Gait analysis is more reliable than many methods, as it allows for measurements with computers and videography and frame-by-frame tracking of movements. In addition to the advantages of videotaping the session, motion capture camera systems assist in the interpretation of data through computer technology and complex measurements of angles, forces, and electromyography. Gait analysis is performed with a force platform and infrared cameras that detect markers placed on the subject. These systems are very expensive, highly sensitive, and limited to specialized laboratory environments.

Gait analyses are performed with two types of tests, static and dynamic. In static testing, the patient remains stationary on the force platform, and the acquisition is taken by the cameras. In the dynamic test, the patient performs the movements determined according to the type of diagnosis (walking straight, running, climbing stairs, etc.). The data collected from these two tests are analyzed with analysis methods adjusted to the system used and the patient is diagnosed. Figure 2 shows a gait analysis made with the motion capture camera system.

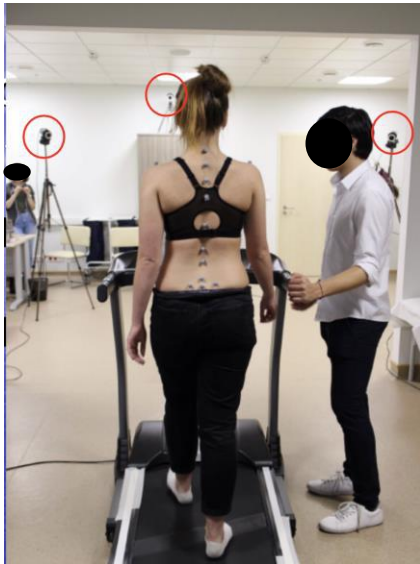


Figure 2. Gait analysis made with the motion capture camera system

2.2. System Architecture

This section describes the hardware components used in smart shoe design. Afterward, the circuit design that creates the smart shoe design is mentioned.

Arduino Nano development board was preferred as a microcontroller in the design since it is very useful for wearable technologies and provides users with a flexible movement opportunity thanks to its small size. There is an Atmega328P microcontroller, 14 digital input/output pins (6 PWM outputs), 8 analog inputs, 16Mhz crystal, a USB socket, an ICSP connector, and a reset button on the development board (Arduino, 2022). Bluetooth module (HC-06) has been used for wireless communication. Bluetooth is a communication protocol developed for short-distance communications, using the 2.4 - 2.48 GHz ISM band. The communication distance between the Bluetooth modules varies between 20-200 meters, and the communication speeds are up to 50 Mbps (HC-06, 2022).

In the system design, a force-sensing resistor has been used to measure the foot pressure. Force-sensing resistor are sensors that detect physical stress, compression, and weight. RP-C183-LT model thin film pressure sensor is used in the designed system. These sensors have been preferred because of their small size, low cost, and especially for smart shoe technology. ADXL345 model accelerometer was used to collect speed information in smart shoe design. Figure 3 shows the smart shoe circuit diagram, Figure 4 shows the designed circuit, and Figure 5 shows the developed smart shoe system.

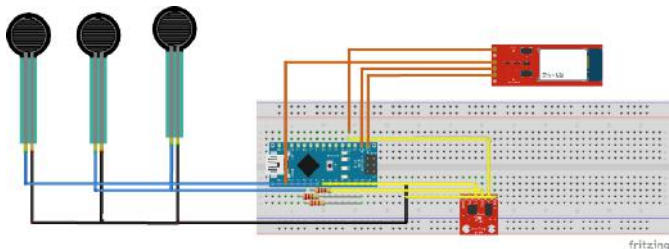


Figure 3. Circuit diagram

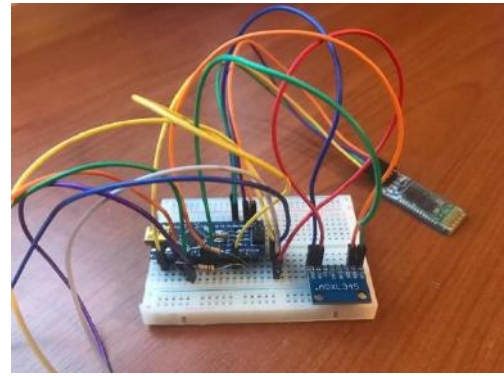


Figure 4. Designed Circuit



Figure 5. Developed smart shoe system

2.2. Gait Test

In the study carried out, two tests, static and dynamic, were applied to the subjects in order to make a comparison of healthy foot-flat feet. The first subject has a healthy foot and is 27 years old, 1.70 m tall, and 53 kilos. The second subject, on the other hand, has flat feet and is 22 years old, 1.71 meters tall, and 57 kilograms. In static and dynamic tests, speed and pressure values were collected from the right feet of the subjects.

The static test has performed with the subjects standing still and upright. The static test was carried out to obtain pressure data on the medial-lateral forefoot and heel of the subjects while standing still. The subject stood still for a few seconds at a single point in the area to be tested, and the collected data was transferred to the microcontroller via the Bluetooth communication module. At the end of the test, the data were recorded locally, and dynamic test was started. The tests were repeated several times to obtain correct data. Figure 6 shows how the static test is performed.



Figure 6. Static test

The dynamic test was carried out to collect pressure data on the soles of the feet during the gait of the subjects. Subjects walked at a normal pace at a predetermined distance in the test area. The tests were repeated several times to obtain correct data. Figure 7 shows how the dynamic test is performed.



Figure 7. Dynamic test

3. Results and Discussion

As a result of the tests, the locally recorded data has been uploaded to the Thingspeak platform and graphed. ThingSpeak is an IoT analytics platform service that allows the aggregate, visualization, and analyze live data streams in the cloud (Thingspeak, 2022). The sensors are named force1, force 2, and force3 in the graphs. Force1 is the heel sensor, force2 is the lateral forefoot sensor, and force 3 is the medial forefoot sensor. In Figure 8, the placement of the sensors on the designed shoe is shown.



Figure 8. The placement of the sensors on the designed shoe

Considering the values obtained from the static tests, a pressure of approximately 10 Newtons is observed in the medial-lateral forefoot region of the subject with a healthy foot, while a pressure of approximately 40 Newtons is observed in the heel part. Velocity values are fixed due to static tests in x-y coordinates. Figure 9 shows the static test graph of a person with a healthy foot.

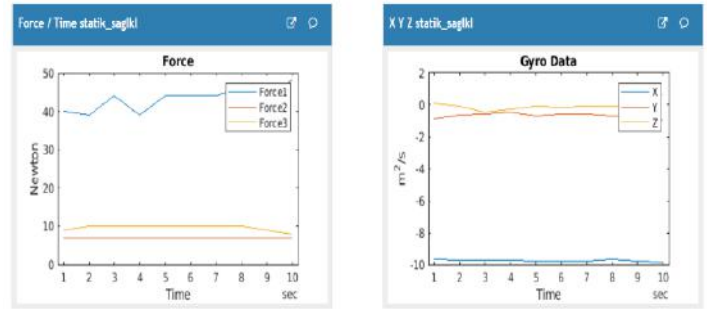


Figure 9. Static test graph of a person with healthy foot (Pressure values on the left, speed values on the right)

In the dynamic tests of the subject with a healthy foot, it can be understood that the force3 value decreases to zero between the second and third seconds. In the third-fourth second interval, the heel touches the ground again and the pressure values increase as the load is increasing. In the fifth second, when it reaches its highest point, it is observed that the left foot moves away from the ground and the load is placed on the right foot. In a healthy foot, pressure is applied to the heel area most intensely. According to the values of force2 and force3 sensors, it is seen that pressure is applied more to the medial forefoot in the static test, while more pressure is applied to the medial in the dynamic test. Figure 10 shows the dynamic test graph of a person with a healthy foot.

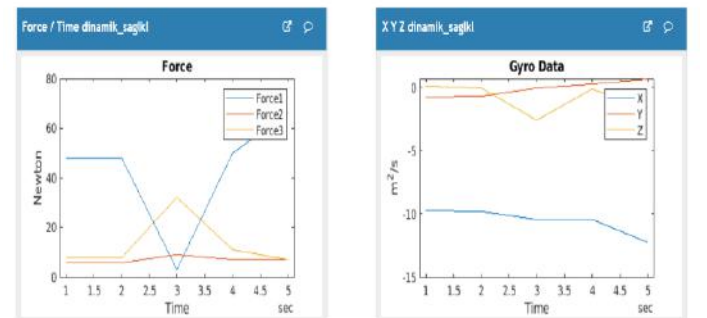


Figure 10. Dynamic test graph of a person with healthy foot (Pressure values on the left, speed values on the right)

Considering the values obtained from the static tests, a pressure of approximately 10 Newtons is observed in the medial-lateral forefoot region of the subject with flat feet, the lateral forefoot is around 15 Newtons while a pressure of approximately 50 Newtons is observed in the heel part. Velocity values are fixed due to static tests in x-y coordinates. Figure 11 shows the static test graph of a person with flat feet.

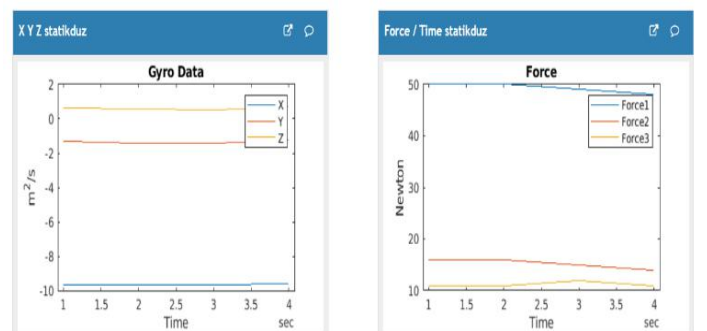


Figure 11. Static test graph of a person with flat feet (Pressure values on the right, speed values on the left)

In the dynamic tests of the subject with flat feet, it can be understood that the force3 value decreases to zero between the fourth and sixth seconds. From the first peak value, it is seen that the load gets on the right foot between the first and second seconds. Between the second and fourth seconds, the load is slowly transferred to the left foot. It is observed that the load gets on the right foot again between the sixth and seventh seconds. It is seen that the pressure is applied mostly to the medial part in the lateral-medial forefoot part (force2-force3). At the same time, pressure is applied more in the lateral part in the static test, while in the dynamic test it is applied more in the medial part. Figure 12 shows the dynamic test graph of a person with flat feet.

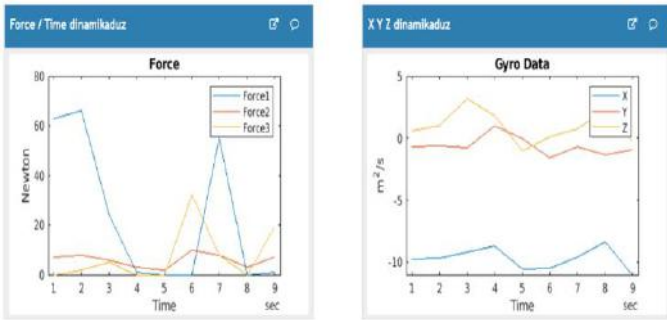


Figure 12. Dynamic test graph of a person with flat feet (Pressure values on the left, speed values on the right)

In the static test, it was observed that the pressure was applied to the heel most intensely and to the lateral part of the lateral-medial region on both soles (flat feet-healthy foot). However, it was determined that the pressure was applied more on flat feet than on healthy feet in all regions. In the dynamic test, when flat feet and healthy foot were examined together, it was observed that the values were higher for flat soles and that the pressure increased and decreased more rapidly during foot change during walking on flat soles in the lateral-medial region.

4. Conclusions

Motion capture cameras and force platform systems are preferred for more sensitive and accurate data acquisition. However, these systems, which are only measured in specialized laboratories, are expensive and sensitive, making it difficult for patients and researchers to access them. Gait tests were carried out successfully with IoMT-based smart shoes, designed to be an alternative to these systems, and the flat feet and healthy foot pressure values were observed and compared. However, even though the gait pattern trends were followed correctly, the limited amount of force sensors and low quality of the sensors caused inaccurate force values. Therefore, future studies must include high-quality and an adequate number of sensors. With the designed shoes, tests can be carried out practically and quickly with wireless communication (Bluetooth technology) in any region without an internet connection. Due to its low cost and practical use, it is a design that is accessible to both patients and researchers.

In future studies, it is considered to develop a design more compatible with wearable technology by adding more sensors to the design. In addition, it is planned to make real-time foot classification online by sending the data to be collected to the Thingspeak environment instantly.

References

- Abtahi, M., Gyllinsky, J. V., Paesang, B., Barlow, S., Constant, M., Tully, O., D'Andrea, S. E., & Mankodiya, K. (2018). MagicSox: An E-textile IoT system to quantify gait abnormalities. *Smart Health*, 5-6, 4-14.
- Arduino, (2022, September 30), Retrieved from <https://docs.arduino.cc/hardware/nano>
- Bozbuğa, N., Tekbaş, M., & Gülseçen, S. (2021). *Tıbbi Nesnelerin İnterneti* (451-478). İstanbul University Press.
- Cheng, W. K., Lam, H. L., Lin, F., & Ge, M. (2019). A customizable smart shoes with location tracking function for the elderly. *Materials Today: Proceedings*, 16(3), 1423-1430.
- HC-06, (2022, September 30), Retrieved from <https://www.direnc.net/hc06-arduino-bluetooth-modul>
- Imaizumi, K., Iwakami, Y., & Yamashita, K. (2011, August 30-September 3). *Analysis of foot pressure distribution data for the evaluation of foot arch type*. 33rd Annual International Conference of the IEEE EMBS.
- Kumar, S., Arora, A. K., Gupta, P., & Saini, S. (2021). A Review of Applications, Security and Challenges of Internet of Medical Things. Hassenien, A. B., Khamparia, A., Gupta, D., Shankar, K., & Slowik, A. (Eds), *Cognitive Internet of Medical Things for Smart Healthcare Services and Applications* (pp. 1-23), Cham: Switzerland: Springer.
- Sullivan, M., Knox, C., & Ding, J. (2017). *sIoT-shoe: A Smart IoT-shoe for Gait Assistance*. Miami University, Department of Electrical and Computer Engineering.
- Thingspeak, (2022, September 29), Retrieved from <https://thingspeak.com/>
- Whittle, M. V. (2007). *An Introduction to Gait Analysis*. Butterworth-Heinemann; 4th edition.
- Xia, H., Xu, J., Hunt, M. A., & Shull, P. B. (2017). Validation of a smart shoe for estimating foot progression angle during walking gait. *Journal of Biomechanics*, 61, 193-198.



Congo Red Biosorption with Dried Mint Leaves; Isotherm and Kinetic Studies

Nurşah Kütük^{1*}

^{1*} Sivas Cumhuriyet University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Sivas, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5799-3865),
nkutuk@cumhuriyet.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1187817)

ATIF/REFERENCE: Kütük, N. (2022). Congo Red Biosorption with Dried Mint Leaves; Isotherm and Kinetic Studies. *European Journal of Science and Technology*, (42), 113-117.

Abstract

The development of the industry has resulted in a proportional increase in waste materials. Waste industrial products play a major role in the pollution of nature along with seas, lakes, and various water resources around the world. Organic dyes, which do not degrade in nature and have carcinogenic effects, are important industrial wastes. The improvement of wastewater is a research topic that has gained importance in recent years. In this study, the biosorption of Congo red dye from aqueous solution with dried mint leaves was investigated. The experiments were carried out at 20 °C and the natural pH of the dye. The process was optimized by examining the parameters of initial dye concentration, amount of biosorbent and contact time. It was determined that the biosorption equilibrium conformed to the Langmuir isotherm ($R^2=0.9815$) and the maximum biosorption capacity (q_{max}) was 60.24 mg/g. In addition, the process conforms to the pseudo-second-order ($R^2=0.9946$) kinetic model. As a result of the process, the removal of the Congo red dye from the dried mint leaves from the aqueous solution was achieved at a level of approximately 70%.

Keywords: Mint, Biosorption, Congo red, Isotherm, Dye.

Kurutulmuş Nane Yaprakları ile Kongo Kırmızısı Biyosorpsiyonu; İzoterm ve Kinetik Çalışmalar

Öz

Sanayinin gelişmesi, atık maddeler ile orantılı olarak bir artışa neden olmuştur. Atık sanayi ürünleri, dünya genelinde denizler, göller ve çeşitli su kaynakları ile birlikte doğanın kirlenmesinde büyük rol oynamaktadır. Doğada bozulmayan ve kanserojen etkileri olan organik boyalar önemli endüstriyel atıklardır. Atıksuyun iyileştirilmesi son yıllarda önem kazanan bir araştırma konusudur. Bu çalışmada, kurutulmuş nane yaprakları ile sulu çözeltiden Kongo kırmızısı boyasının biyosorpsiyonu araştırılmıştır. Deneysel 20 °C'de ve boyanın doğal pH'ında gerçekleştirilmiştir. Proses, başlangıç boya konsantrasyonu, biyosorbent miktarı ve temas süresi parametreleri incelenerek optimize edilmiştir. Biyosorpsiyon dengesinin Langmuir izotermine ($R^2=0.9815$) uygun olduğu ve maksimum biyosorpsiyon kapasitesinin (q_{max}) 60.24 mg/g olduğu belirlendi. Ek olarak, proses sözde ikinci dereceden ($R^2=0.9946$) kinetik modele uygundur. Proses sonucunda sulu çözeltiden kurutulmuş nane yapraklarından Kongo kırmızısı boyasının uzaklaştırılması yaklaşık %70 düzeyinde sağlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Nane, Biyosorpsiyon, Kongo kırmızısı, İzoterm, Boya.

* Corresponding Author: nkutuk@cumhuriyet.edu.tr

1. Introduction

With the developing industry, organic dye wastes in the aquatic ecosystem are seriously harmful due to their toxic and carcinogenic properties [1]. Some dyes with carcinogenic and mutagenic properties can affect the brain, kidney, liver, excretory and respiratory system or nervous system. This can lead to serious health problems [2]. Various methods such as adsorption, electrocoagulation, ion-exchange, ultrasound irradiation or biodegradation are used to remove dyestuffs from water. Adsorption is a simple, inexpensive and easily applied method. A diazo dye with an amine group in its structure, Congo red is utilized in a variety of sectors including paper and textiles [3,4].

Many different material groups can be used for adsorption. Materials with different properties and structures such as metal oxides, carbon-based materials such as graphene, hydrogels, polymer reinforced composites or aerogels are selected as adsorbent [2][5][6]. However, various natural materials such as plants, bacteria or agricultural wastes are also used as biosorbent. These biosorbents are both easy to obtain and inexpensive [7]. In this study, mint leaves were chosen as biosorbent.

In this study, removal of Congo red dye from aqueous solution was studied by biosorption of dried mint leaves. The effects of initial dye concentration, amount of biosorbent and contact time on biosorption were investigated. The equilibrium and structure of the biosorption process were investigated by Langmuir, Freundlich and Temkin isotherms and pseudo-first-order (PFO), pseudo-second-order (PSO), Elovich and Intraparticle diffusion kinetic models.

2. Material and Method

The mint leaves used as biosorbent were obtained from the local markets Congo red from the Harleco Company. Mint leaves were left to dry on their own at room temperature. It was then crushed by hand. Congo red dye was prepared as 1000 mg/L stock solution. In order to reduce the margin of error, other solutions were prepared by dilution from this solution and used. In the study, experiments were carried out with a batch system and a dye volume of 100 mL. The biosorption process was examined for 240 minutes by adding certain amounts of mint leaves to the dye solution. Samples taken from the suspension at certain times were filtered. Absorbance measurements were made in UV/Vis spectroscopy at 497 nm, the maximum absorbance wavelength of Congo red. All experiments were performed at room temperature at 20°C. Some properties of Congo red are given in Table 1.

Table 1. Physical and chemical properties of dye

Dye	Congo red
Chemical formula	C ₃₂ H ₂₂ N ₆ Na ₂ O ₆ S ₂
Ionic structure	anionic
Color	Blue-red
λ _{max}	497 nm
Molecule weight (g/mol)	697

Biosorption efficiency and biosorption capacity values (q) were calculated according to Equations 1, 2 and 3.

$$\text{Biosorption efficiency}(\%) = \left(\frac{C_0 - C}{C_0}\right) * 100 \quad (1)$$

$$q_e = \frac{(C_0 - C_e).V}{m} \quad (2)$$

$$q_t = \frac{(C_0 - C_t).V}{m} \quad (3)$$

Here C (mg/L) denotes the dye concentration. C₀ is the initial dye concentration, C_t is the dye concentration at time t. q_e is the biosorption capacity (mg/g) at equilibrium, q_t is the biosorption capacity (mg/g) at t. V is the dye volume (mL) and m is the amount (g) of biosorbent.

3. Results and Discussion

Congo red was used as a model dye compound in this work, and the biosorption process of dried mint leaves was examined by optimizing the initial dye concentration (10-250 mg/L), the amount of biosorbent (1-10 g/L), and the contact time (0-240 min). In Fig. 1, graphs of variation of biosorption efficiency and biosorption capacity according to different parameters are given. Fig. 1a, the biosorption capacity increased with the increase of the initial dye concentration, but the biosorption efficiency decreased. This may be due to the saturation of the biosorbent surface at high dye concentrations [8]. The interaction between the concentration of the dye and the accessible pores on an adsorbent surface determines the effect of initial dye concentration [9]. According to Figure 1a, the concentration with the highest biosorption efficiency is 25 mg/L. While examining the effect of the amount of biosorbent in Figure 1b, the initial concentration was kept constant as 25 mg/L. While the amount of biosorbent was 0.5 g/L, the biosorbent efficiency (%70.34) reached its highest value. The agglomeration of the biosorbent may be the cause of the decline in biosorption capacity as the amount of biosorbent rises [8]. In Fig. 1c, it is seen that the biosorption efficiency and biosorption capacity increase linearly in the first 15 minutes, and then the rate slows down.

Equation 4 represents the Langmuir isotherm. Here, q_{max} is the maximum adsorption capacity and K_L is the isotherm constant. The value of R_L given in Equation 5 is again the Langmuir isotherm constant and gives an idea about the suitability of the isotherm. The isotherm is unfavorable if R_L exceeds 1 and favorable if it is between 0 and 1 and irreversible if it is equal to 0. Equation 6 expresses the Freundlich isotherm, K_F and n is the isotherm constant. If n is between 0 and 1, the isotherm is suitable. Equation 7 formulates the Temkin isotherm. B_T and K_T are related constants.

$$\frac{1}{q_e} = \frac{1}{q_{max}} + \left(\frac{1}{K_L \cdot q_{max}}\right) \left(\frac{1}{C_e}\right) \quad (4)$$

$$R_L = \frac{1}{1 + K_L \cdot C_0} \quad (5)$$

$$\ln q_e = \ln K_f + \left(\frac{1}{n}\right) \ln C_e \quad (6)$$

$$q_e = B_T \ln K_T + B_T \ln C_e \quad (7)$$

In Figure 2 a, b and c, there are graphs of Langmuir, Freundlich and Temkin isotherm models, respectively. When the graphs are examined, it is seen that the highest regression value (R²=0.9815) belongs to the Langmuir isotherm. This result shows us that the biosorption is monolayer and has a homogeneous surface [1]. The q_{max} value was calculated as 60.24 mg/g and the K_L constant as 0.0095 L/mg. The R_L value is calculated as 0.42, which means that the isotherm is favourable.

Examination of biosorption kinetics was maintained at an initial dye concentration of 25 mg/L, a biosorbent amount of 0.5 g/L, and a contact time of 240 minutes. Equation 8 defines PFO

model, Equation 9 defines PSO, Equation 10 Intraparticle diffusion and Equation 11 define Elovich kinetic model. Respectively, k_1 is the PFO model, k_2 is the PSO model, k_i is the intraparticle diffusion model, and α and β are the reaction constants over the Elovich model.

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \quad (8)$$

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 \cdot q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \quad (9)$$

$$q_t = k_{id} \cdot t^{1/2} + C \quad (10)$$

$$q_t = \frac{1}{\beta} \ln(\alpha \cdot \beta) + \frac{1}{\beta} \ln t \quad (11)$$

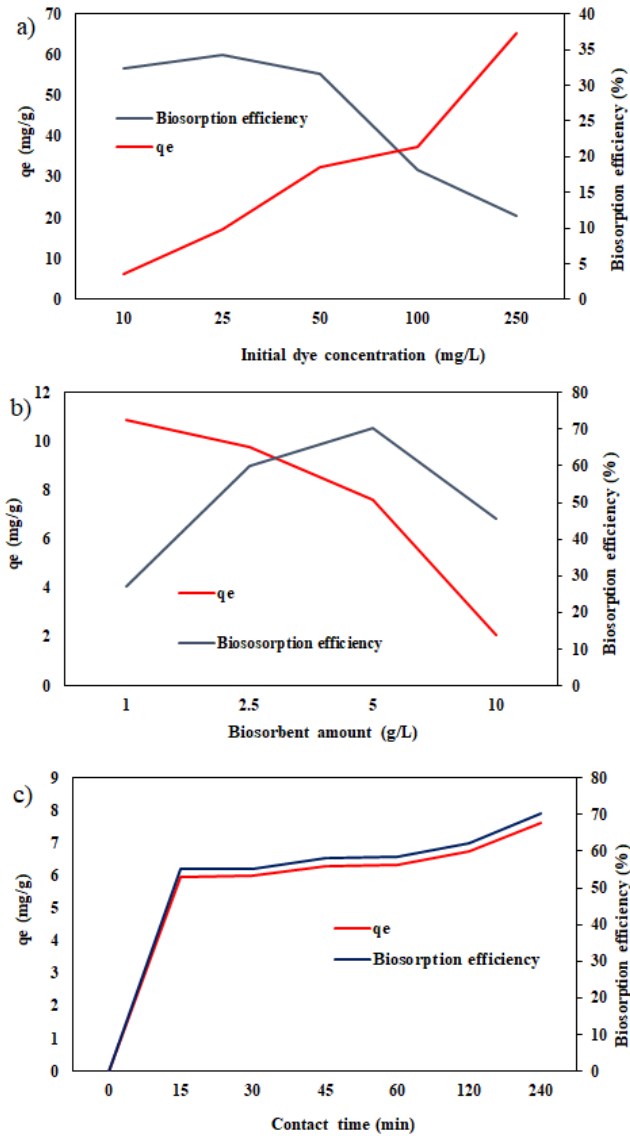


Fig 1. Graphs of biosorption efficiency and biosorption capacity for different parameters, a) Initial dye concentration, b) biosorbent amount, c) contact time

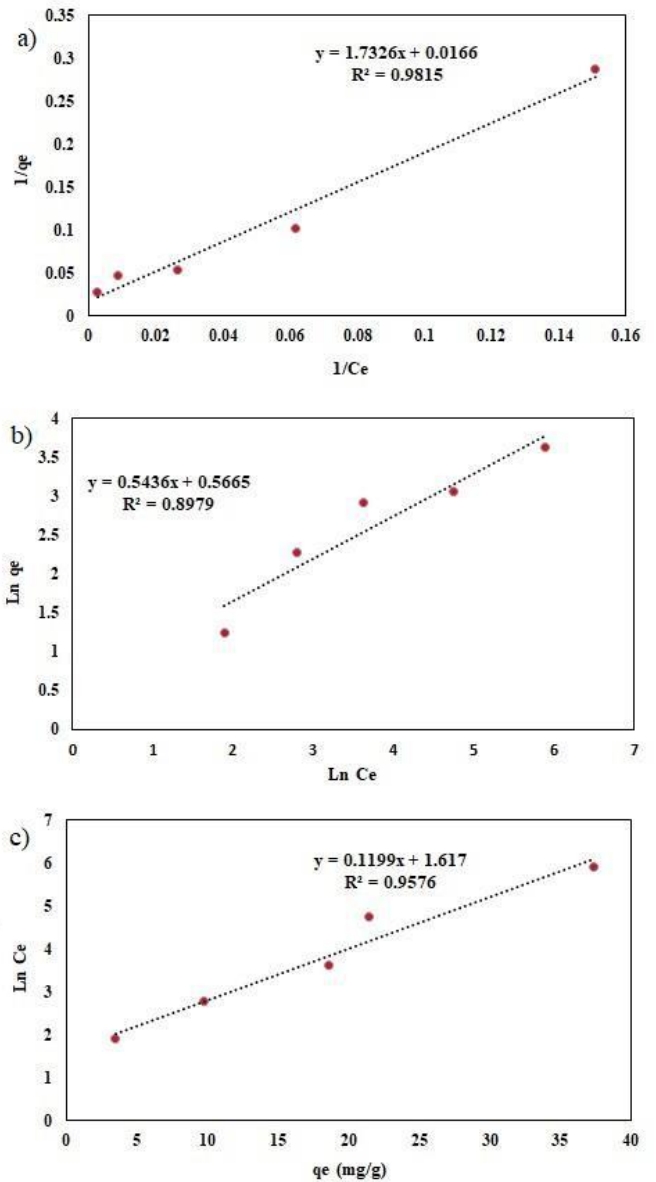


Fig 2. Isotherms a) Langmuir, b) Freundlich and c) Temkin

Biosorption kinetics are important for studying the structure and equilibrium data of biosorption [2]. When Figure 3 is examined, it is seen that the highest regression value ($R^2=0.9946$) is suitable for the PSO model. Compliance with the PSO model indicates that chemical adsorption takes place in the biosorption process [9]. The rate constant k_2 value of the PSO model was calculated as 0.017 g/mg.min The regression value (R^2) for PFO was determined as 0.3, for intraparticle diffusion 0.6247 and for the Elovich model 0.8957.

Color changes of mint leaves before and after biosorption are given in Fig. 4a and b. Since the color of the natural pH value of Congo red is red, mint leaves were dyed red at the end of 240 mins. This result indicates that the mint leaves adsorbed the dye on its surface.



Fig 4. Unloaded mint leaves, b) Loaded mint leaves

4. Conclusions and Recommendations

In this study, dried mint leaves were used as biosorbent and Congo red anionic dye was removed from the aqueous solution. The initial dye concentration was 25 mg/L, the biosorbent amount was 5 g/L, and the biosorption efficiency was 70% at the end of the 240 min contact time. Studies were carried out at the natural pH of the dye. The process of biosorption was determined to fit the Langmuir isotherm and pseudo-second-order reaction kinetics model. The q_{max} value was calculated as 60.24 mg/g. As a result of this study, it was concluded that mint leaves can be used as a biosorbent. It can be used to protect the ecological system by means of biosorption by growing at the waterside where industrial wastes are found.

ACKNOWLEDGMENT

In this study, the authors did not receive funding from any projects.

References

- [1] H. Chen, Y. Zheng, B. Cheng, J. Yu, C. Jiang, "Chestnut husk-like nickel cobaltite hollow microspheres for the adsorption of Congo red," *Journal of Alloys and Comp.*, vol. 735, pp. 1041–51, 2018.
- [2] A. Khan, A. Naeem, T. Mahmood, "Kinetic Studies of Methyl Orange and Congo Red Adsorption and Photocatalytic Degradation onto PVP-Functionalized ZnO," *Kinetics and Catalysis*, vol. 61(5), pp. 730–9, 2020.
- [3] H. Kaur, R. Kaur, "Kinetic and Isotherm Studies of Congo Red Adsorption from Aqueous Solution by Biowaste Material," *Chem. Sci. Trans.*, vol. 3(4), pp. 1300–9, 2014.
- [4] M. Harja, G. Buema, D. Bucur, "Recent advances in removal of Congo Red dye by adsorption using an industrial waste," *Sci. Rep.*, vol. 12(1), pp. 1–18, 2022.
- [5] C. Liu, H. Liu, K. Tang, K. Zhang, Z. Zou, X. Gao, "High-Strength Chitin Based Hydrogels Reinforced by Tannic Acid Functionalized Graphene for Congo Red Adsorption," *J of Polymers and the Environ.*, vol. 28(3), pp. 984–94, 2020.
- [6] J. Wang, Q. Zhou, D. Song, B. Qi, Y. Zhang, Y. Shao, Z. Shao, "Chitosan-silica composite aerogels: preparation, characterization and Congo red adsorption," *Journal of Sol-Gel Sci and Tech.* vol. 76(3), pp. 501–9, 2015.
- [7] O.A. Ramírez Calderón, O. M. Abdeldayem, A. Pugazhendhi, E.R. Rene, "Current Updates and Perspectives of Biosorption Technology: an Alternative

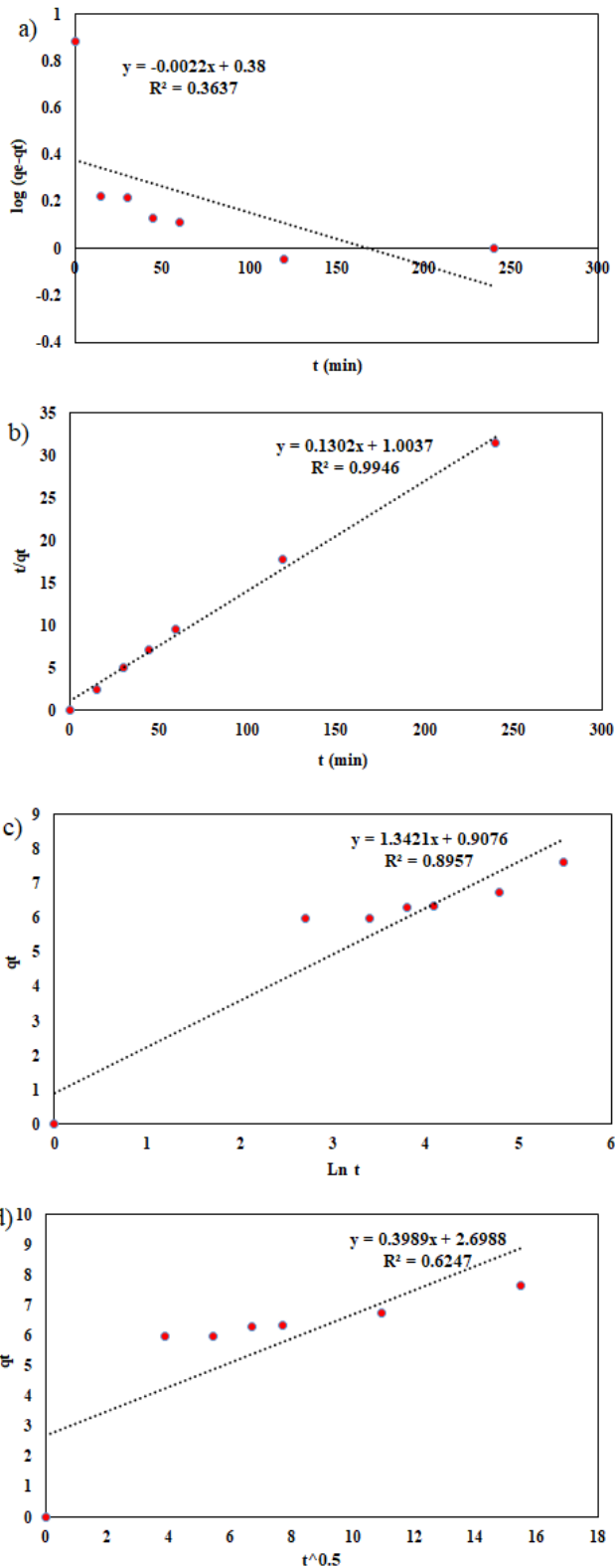


Fig 3. Kinetics models a) PFO, b) PSO, c) Elovich, d) Intra particle diffusion

The possible biosorption mechanism of mint leaves to Congo red dye is monolayer biosorption according to the results of the data. It was determined that there was chemical adsorption according to PSO on the surface of the biosorbent, which was determined to have a homogeneous surface. These results were determined at the natural pH of the dye itself. These results may vary for acidic or basic media.

- for the Removal of Heavy Metals from Wastewater,” *Current Poll. Rep.*, vol. 6(1), pp. 8–27, 2020.
- [8] I.A. Amar, E.A. Zayid, S.A. Dhikeel, M.Y. Najem, “Biosorption removal of methylene blue dye from aqueous solutions using phosphoric acid-treated *balanites aegyptiaca* seed husks powder,” *Biointerface Research in Applied Chemistry*, vol. 12(6), pp. 7845–62, 2022.
- [9] M. Malakootian, M.R. Heidari, “Reactive orange 16 dye adsorption from aqueous solutions by psyllium seed powder as a low-cost biosorbent: kinetic and equilibrium studies,” *Applied Water Science*, vol. 8(7), pp. 1–9, 2018.



BGP Anomaly Detection Using Association Rule Mining Algorithm

Mubarak Altamimi^{1*}, Zafer Albayrak², Muhammet Çakmak³, Ahmet Nusret Özalp⁴

^{1*}Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Karabuk, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0304-4028),
1928126570@ogrenci.karabuk.edu.tr

² Sakarya University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8358-3835), zaferalbayrak@subu.edu.tr

³ Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Electric-Electronics Engineering, Karabuk, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3752-6642),
muhammetcakmak@karabuk.edu.tr

⁴ Karabuk University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Karabuk, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4882-9216),
ahmetnusretozalp@karabuk.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1186700)

ATIF/REFERENCE: Altamimi, M., Albayrak, Z., Çakmak, M. & Özalp, A. N. (2022). BGP Anomaly Detection Using Association Rule Mining Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (42), 134-139.

Abstract

An anomaly is the occurrence of an exception that affects network security. The requirement for abnormality detection in a network is Anomaly detection, which detects and removes anomalous flow from the network. The Border Gateway Protocol (BGP) is the most common external Gateway Protocol used to communicate with autonomous systems to share routing and reachability information. This protocol's abnormal behavior may be caused by a variety of factors, including inadequate provisioning, malicious attacks, traffic or equipment issues, and network operator mistakes. BGP was built on the assumption of trust, and as a result, it has been hacked numerous times over the years. Code Red I is one well-known assault that targets BGP networking and produce abnormalities in its operation. These attacks were utilized as the dataset for training the model using network traffic data. The goal of this study is to detect the events that triggered an anomaly in the BGP during a time, as well as to detect an anomaly from the BGP throughout that time interval using the training dataset model. We present real association rule mining for BGP anomaly detection in the Intrusion Detection System (IDS).

Keywords: BGP Anomalies Detection, Datamining, Association Rules, Dataset, Code Red I, Apriori Algorithm.

İlişkilendirme Kuralı Madenciliği Algoritmasını Kullanarak BGP Anomali Tespiti

Öz

Anomali, ağ güvenliğini etkileyen olağan dışı durumun ortaya çıkmasıdır. Bir ağdaki olağandışı durumun algılanması gereksinimi, ağdan anormal akışı algılayan ve kaldıran Anomali tespitidir. Sınır Ağ Geçidi Protokolü (BGP), yönlendirme ve erişilebilirlik bilgilerini paylaşmak için otonom sistemlerle iletişim kurmak için kullanılan en yaygın harici Ağ Geçidi Protokolüdür. Bu protokolün anormal davranışı, yetersiz tedarik, kötü niyetli saldırılar, trafik veya ekipman sorunları ve ağ operatörü hataları gibi çeşitli faktörlerden kaynaklanabilir. BGP güven varsayımı üzerine inşa edilmiştir ve sonuç olarak yıllar içinde birçok kez saldırıya uğramıştır. Code Red I, BGP ağını hedef alan ve işleyişinde anormallikler üreten iyi bilinen bir saldırı tespitinde kullanılan verisetidir. Veriseti içindeki saldırılar türleri, ağ trafiği verilerini kullanarak modelin eğitimi için veri kümesi olarak kullanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, bir süre boyunca BGP'de bir anormallığı tetikleyen olayları tespit etmek ve aynı zamanda eğitim veri seti modelini kullanarak bu zaman aralığı boyunca BGP'den bir anormallığı tespit etmektir. İzinsiz Giriş Tespit Sisteminde (IDS) BGP anomali tespiti için gerçek birliktelik kuralı madenciliği sunuyoruz.

Anahtar Kelimeler: BGP Anomali Tespiti, Veri madenciliği, Birliktelik Kuralları, Veri kümesi, Code Red I, Apriori Algoritması.

Corresponding Author: ahmetnusretozalp@karabuk.edu.tr

1. Introduction

The Internet is a decentralized network that spans the whole globe and is composed of tens of thousands of autonomous systems (ASs). An AS is a group of routers that work together under the same technical management. They connect to each other with an Interior Gateway Protocol (IGP) like Open Shortest Path First (OSPF) and to other ASs with an Exterior Gateway Protocol (EGP) like Border Gateway Protocol (Hoarau, Tournoux, & Razafindralambo, 2021). Both the declaration of a new route for a prefix and the withdrawal of an existing route may be sent by a router in the same packet. Because routers only send updates when anything has changed. It is possible that the internet may one day reach a "steady state" in which receiving fresh update notifications is unnecessary. The Internet's BGP routing, on the other hand, seems far from stable (Zhao, Band, Elnaffar, Sookhak, Mosavi, & Salwana, 2021). Changes in BGP routing can occur for a variety of reasons.

An active BGP session between two routers is required for the exchange of update messages. Each router uses local policies to determine which route is the "best" for each prefix and whether or not to broadcast it to the neighbor. Alterations to the BGP routing might potentially result in performance issues. A single event, such as a failed connection, might trigger a series of changes as routers seek other routes. During this phase of convergence, packets destined for the target prefix may become stuck in forwarding loops (Garcia-Luna-Aceves, 2022 ; Griffin, & Wilfong, 2019). Internet Service Providers (ISP) execute their relationships via routing policies. ISP may employ traffic engineering to regulate traffic direction and routing protocols through route prepending. Based on their algorithms, routing protocols are divided into three categories: link-state, such as OSPF (Alotaibi, H. S., Gregory, & Li, 2022).

Distance vector (i.e. Routing Information Protocol (RIP)) and PATH vector (i.e. BGP) are two types of vectors. By sending path-vector signals, Autonomous System Boundary Routers (ASBR) use BGP to let people know which networks can be reached (Edwards, Cheng, & Kadam, 2019). When a path vector message is received, each router must check the advertised path against its policy. If the message conforms to the routers policy, it is updated in both the routing table and the message itself before being sent to the next neighbor (Szymoniak, Siedlecka-Lamch, Zbrzezny, Zbrzezny, & Kurkowski, 2021). It makes the necessary changes to the routing table in order to maintain a track of the autonomous systems that are required to be traversed on the way to the target system. It adds its AS number to the message and replaces the following router item with its identity. BGP is divided into two types: Internal Border Gateway Protocol (IBGP), which connects BGP routers inside an AS to External Border Gateway Protocol (EBGP), which runs between BGP routers across ASs. On the other hand, are connected by a dedicated link between peers or a third party like the Internet Exchange Point (IXP). Over the years, BGP has experienced multiple revisions and modifications. Version 4 of BGP is now in use. as documented in RFC4271(Deshpande, Thottan, & Sikdar, 2019).

When we talk about attacks, we are talking about cyberattacks that cover all areas of technology, including network protocols even extending to the Internet of Things(IoT) devices, increasingly, IoT devices are becoming areas where cyberattacks are common, Networks in internal networks also threaten BGP

backbones as layers (Özalp, Albayrak, Çakmak & Özdoğan, 2022). This protocol's abnormal behavior may be caused by a variety of factors, including malicious attacks, traffic or equipment issues. In our study, we contributed to the literature in terms of (Kong, Jong, & Ryang, 2019) where author used a novel practical association rule mining approach for anomaly detection in the Intrusion Detection System (IDS). Moreover, the study followed to improve the association rule mining approach, He proposed a realistic technique for mining uncommon association rules from the network packet database, and showed the benefits, but it did not cover the scientific need because the fragility of the rules did not resulted in the detection of anomalies (Safara, Souri, & Serrizadeh, 2020). There are also fundamental differences between the studies (Badhon, Kabir, & Kabir, 2021 ; Telikani, Gandomi, & Shahbahrami, 2020). and the current study, which is different from the previous studies, and those differences lie in the idealism of the proadcast that was followed to contribute to accurate scientific results. our study is to detect the events that triggered an anomaly in the BGP during a time, as well as to detect an anomaly from the BGP throughout that time interval using the training dataset model, and appriori frequent pattern algorithm. moreover, we use additional optimizing tools to verify and visualized the rules that resulted.

2. Material and Method

Today, there are models and methodologies in studies to detect anomalies in BGP protocol. As in current attack detection studies, in addition to anomalies, frequently seen types of attacks are also investigated (Özalp, & Albayrak,2022). Also As we have seen today, the methods of hybrid models are gaining importance in the detection of BGP anomalies (Uluer, Albayrak, Özalp, Çakmak & Altunay, 2022).

2.1. Anomaly Detection

Anomaly detection is a method of processing data that does include an Unsupervision data process that may be used to identify anomalies in a dataset, where are outlier data points in a dataset that contradict the data's typical trend. These data points or data deviate from the typical activity patterns of the dataset In real-world datasets, anomalies and outliers are frequent. They may be caused by data corruption, failed experiments, or human error. Because the existence of anomalies might affect the models performance, the dataset should be devoid of an anomaly in order to train a robust data science model (Alazizi, Habrard, Jacquenet, He-Guelton, & Siblini, 2019).

A methodology that had been used in this study to detect the anomaly of the BGP is using the technique of association rule mining algorithm, where Apriori algorithm used to detect Anomalies, rules based on anomalies value of the attributes on the dataset of BGP, and compare that results and take the best of them. The Fig. 1 shows a flowchart of the methodology that had been used in.

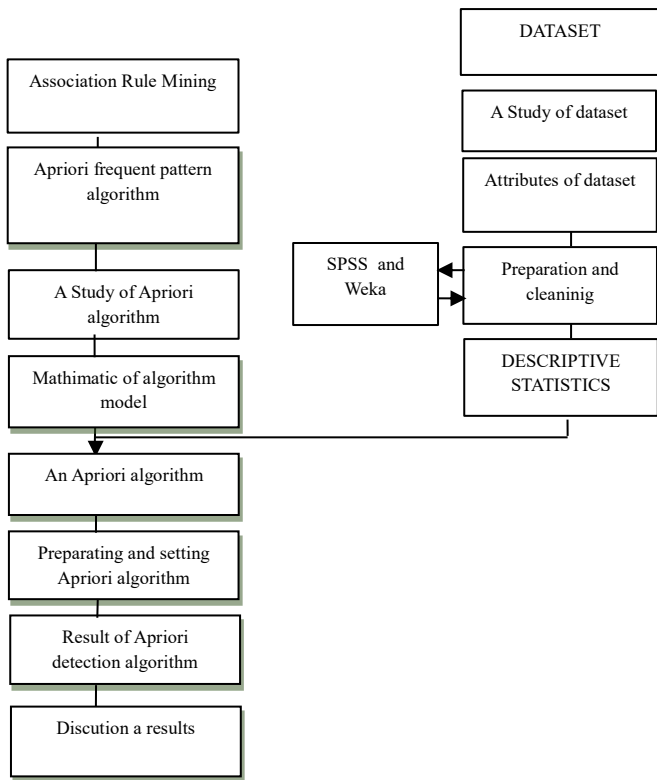


Figure 1: A Methodology of BGP anomaly detection

2.1.1. Dataset

Code Red I, is the most well-known attacks. These attacks served as the training data for the model. Code Red I was used as a test dataset. Based on their Pearson's correlation coefficient value, a few selected features and the Top 5 features were chosen to be able to distinguish between anomaly and non-anomaly BGP update signals. The dataset for this study was downloaded from a website in "CSV" format and was ready to use Kaggle2020 (Moore, Shannon, & Claffy, 2020). Several announcements, average AS- PATH length, and maximum edit-distance are all included in this dataset. Code Red I was one well-known Border Gateway Anomalies that happened in January 2003, September 2001, and July 2000. BGP update messages from the Reseaux IP Europeans' are accessible to the public via the Network Coordination Centre (NCC) and include Code Red I. At the model preparation stage, data is collected, data is integrated, outliers and extreme values are removed(Chandola,Banerjee, & Kumar, 2021)

Data is converted into data mining language, and data is reduced by removing superfluous variables from the model. The dataset was reviewed to improve data quality and discover missing or noise, as well as whether there is a deviation or anomalous value in the study data. It is required to eliminate variables that will not be used in the analysis to prepare the dataset. The dataset was evaluated using Weka preprocessing and SPSS statistics (Awadlesh, 2019).

2.1.2. Association rule algorithm for anomaly detection

The Apriori algorithm, which is one of the top ten data mining methods, is a similar technique to mining association rules. The basic idea is to mine repeated element groups in two stages: first, create a candidate group and then build a descending closed list. There is a wide variety of applications for Apriori algorithms, such as in the business world and the protection of computer networks(Verma, Malhotra, & Singh, 2020).

```

Input: dataset D, Minimum Support  $\epsilon$ , Minimum Confidence  $\epsilon$ 
Output: Rt All association rules
Method:
1- L1 = large 1-itemsets;
2- for(k=2; Lk-1 ≠ ∅; k++) do begin
3- Ck =apriori-gen(Lk-1); //generate new candidates from Lk-1
4- for all transactions T ∈ D do begin
5- Ct=subset(Ck,T); //candidates contained in T.
6- for all candidates C ∈ Ct do
7- Count(C)=Count(C)+1; //increase support count of C by 1
8- End
9- Lk={C ∈ Ct | Count(C) ≥  $\epsilon \times |D|$ }
10- End
11- Lf =  $\cup_k$  Lk
12- Rt=GenerateRules(Lf,  $\epsilon$ )
    
```

associations between entities. It is an important subject of study in data mining and a long-standing issue. The mining of recurrent element sets is divided into two stages: the formation of the item set and the drawing of a decreasing closed list. We use the Apriori algorithm in the Weka application to determine the rang association rule based on minimum support and minimum metric that called confidence.We can distinguish between correlation rules and the best rules that result from Apriori algorithm implementation and focusing on the correlation ratio through the value of confidence, support and left(Naresh, P& Suguna, 2019).

Table 1. Type of relation and association model of apriori algorithm

Scheme	Relation	Instances	Attributes	Top rules	Associator model
weka.associations.APRIORI -P 2 -I -1 -N 10 -T 0 -C 0.9 -D 0.05 -U 1.0 -M 0.1	Code_Red_I-weka.filters.unsupervised.attribute.NumericToNominal-R first-last	7199	42	5	(full training set)

When experimenting, the improved Apriori algorithm was used by applying Weka(Zhang, Yang, & Zhao, 2021) and tuning its properties to implement the process of detecting anomalies value from the BGP Anomaly Detection dataset Code Rede I where the minimum support value was set to 0.95 and set the confidence to be 0.9 and number of cycles performed=1 and the result of the total Frequent Item Set was 39 as summarized in Table 2.

Table 2. Support and confidence of Apriori Algorithm

Criteria	value
Minimum support	0.95
Minimum metric<confidence>	0.9
Number of cycles performed	1
Size of the set of large itemsets L(1)	8
Size of the set of large itemsets L(2)	18
Size of the set of large itemsets L(3)	11
Size of the set of large itemsets L(4)	2

3. Research Results and Discussion

After adjusting the Num Rules property in the Apriori algorithm to the value of 5 and setting the value of the Minimum Support to the value of 0.95 and the Confidence at the value of 0.9 and converting the data type in the Dataset to Numeric to Nominal, we noticed the emergence of the best five anomalous association rules based on the frequency of the occurrence of anomalous values of the associated attributes in them. As the anomalous association rule is 1, it is the result of the recurrence of the anomalous value of a Maximum AS- PATH length15 correlates with the appearance of the anomalous value of a maximum correlation rule 2 is the result of the recurrence of edit distance 12 at Instance 6898, and anomalous the anomalous value of the attribute maximum edit distance 12 correlates with the appearance of the anomalous value of a maximum AS-PATH length15 at Instance 6898. The anomalous association rule 3 is the result of the repetition of the anomalous values of each of the attributaries, maximum edit distance16 maximum AS- PATH length 15 and correlates together with the appearance of the anomalous value of the attributes maximum edit distance 1 at instance 6859, and the anomalous correlation rule 4 is the result of the repeated occurrence of the outliers for each of the attributes maximum edit distance 12 and maximum edit distance16 maximum edit distance15 and maximum AS-PATH length 15

outliers are correlated together with the appearance of the outliers' maximum edit distance 12 and maximum AS- PATH length 15 at instance 6859, and the anomalous correlation rule 5 is the result of the repeated outliers. The best five abnormal association rules resulting from the experiment are explained as follows:

1. Maximum AS-PATH length15 6898 ==> Maximum edit distance12 6898 <conf:(1)> lift:(1.04) lev:(0.04) [288] conv:(288.41).
2. Maximum edit distance12 6898 ==> Maximum AS-PATH length15 6898 <conf:(1)> lift:(1.04) lev:(0.04) [288] conv:(288.41).
3. Maximum edit distance16 Maximum AS- PATH length15 6859 ==> Maximum edit distance12 6859 <conf:(1)> lift:(1.04) lev:(0.04) [286] conv:(286.78).
4. Maximum edit distance12 Maximum edit distance16 6859 ==> Maximum AS- PATH length15 6859 <conf:(1)> lift:(1.04) lev:(0.04) [286] conv:(286.78).
5. Maximum edit distance15 Maximum AS- PATH length15 6839 ==> Maximum edit distance12 6839 <conf:(1)> lift:(1.04) lev:(0.04) [285] conv:(285.95).

Table 3. shows the values of the attributes that appeared in the results of the experiment and the associated rules, so that the minimum support was set at a value of 0.95 and the confidence at a value of 0.9, as well as showing the value of the instance and its corresponding order for each attribute [24]. Depending on the algorithm showing the anomalous association rules and the values of the instance and according to the order specified in the dataset and the assignment of the instance label, the value of 1 was determined for the label instance if there is an anomaly in any attributes in the dataset. The value of -1 for label instance if there is no anomalous value for any attributes in the dataset. Furthermore, the RNN algorithm in which the dataset is configured does not recognize the value -1 and it is denoted by the value 0. Based on the foregoing, the result of the visualization process for the attributes dataset values by using the Weka framework is shown in the figures below. As can be seen in the next figures, and based on the anomalous values and rules resulting from the visualization of the Apriori algorithm experiment, assigning the value -1 to the regular value, represented by the blue color, and the value 1 to the anomalous values, represented by the red color for the label attribute in the class colour visualization process, it appears as follows:

Table 3. Type of relation and association model of Apriori algorithm algorithm

List of Attributes	Minimum	Confidence	Result of Rules	Instance
Maximum AS-PATH length15	0.95	0.9	Maximum AS-PATH length 15 ==> Maximum edit distance 12	6898
Maximum edit distance12			Maximum edit distance 12 ==> Maximum AS-PATH length 15	6898
Maximum edit distance16			Maximum edit distance 16, Maximum AS-PATH length 15 ==> Maximum edit distance 12	6859
Maximum edit distance12			Maximum edit distance 12, Maximum edit distance 16 ==> Maximum AS-PATH length 15	6859
Maximum edit distance15			Maximum edit distance 15, Maximum AS-PATH length 15==> Maximum edit distance 12	6839

In Fig. 3 anomalies appear for each of the attributes maximum AS-PATH length 15 and maximum edit distance 12 that represent the x-axis and the y-axis in red at the point (0,0), as well as they appear more intensely at the point (1,1).

In Fig. 4 anomalies appear for each of the attributes maximum edit distance 12 and Maximum AS-PATH length 15 that represent the x-axis and the y-axis in red at the point (0,0), as well as they appear more intensely at the point (1,1).

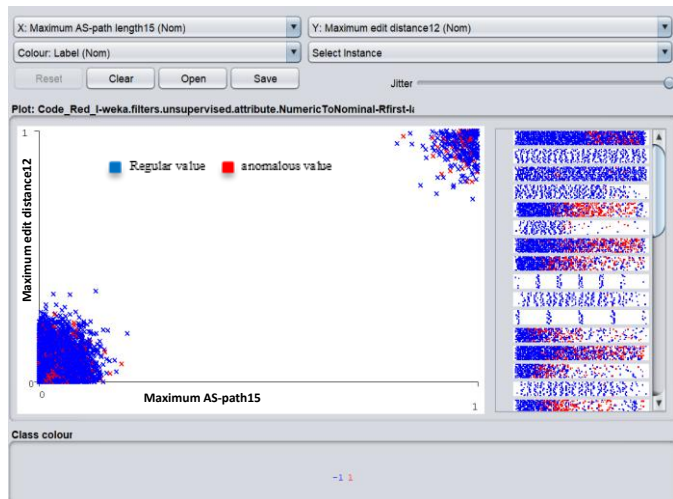


Figure 3: Visualization of the first anomalous rule

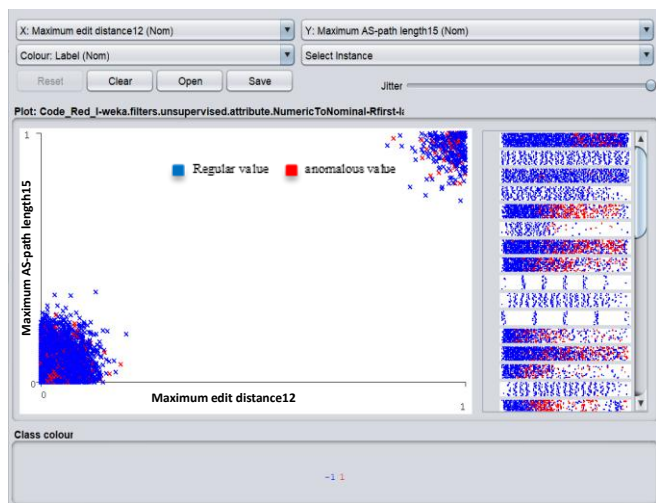


Figure 4: Visualization of the second anomalous rule

In Fig. 5 anomalies appear for each of the attributes maximum AS-PATH length 15 and maximum edit distance 12 that represent the x-axis and the y-axis in red at the point (0,0), as well as they appear more intensely at the point (1,1).

In Fig. 6 anomalies appear for each of attributes maximum edit distance 16 and maximum AS-PATH length 15 that represent the x-axis and the y-axis in red at the point (0,0), as well as they appear more intensely at the point (1,1).

In Fig. 7 anomalies appear for each of the attributes maximum AS-PATH length 15 and maximum edit distance 12 that represent the x-axis and the y-axis in red at the point (0,0), as well as they appear more intensely at the point (1,1)

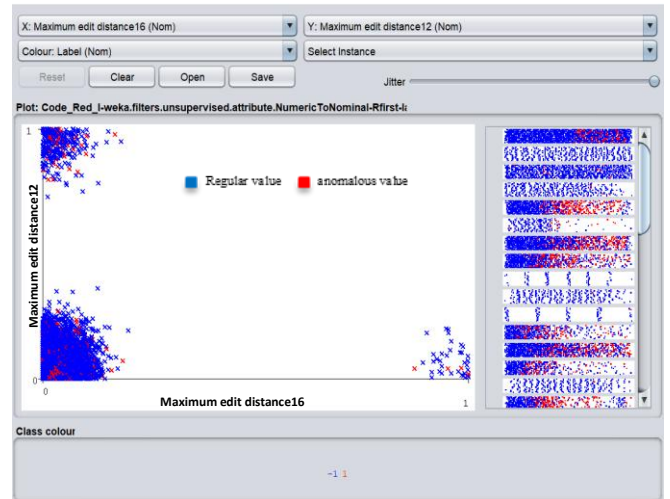


Figure 5: Visualization of the third anomalous rule

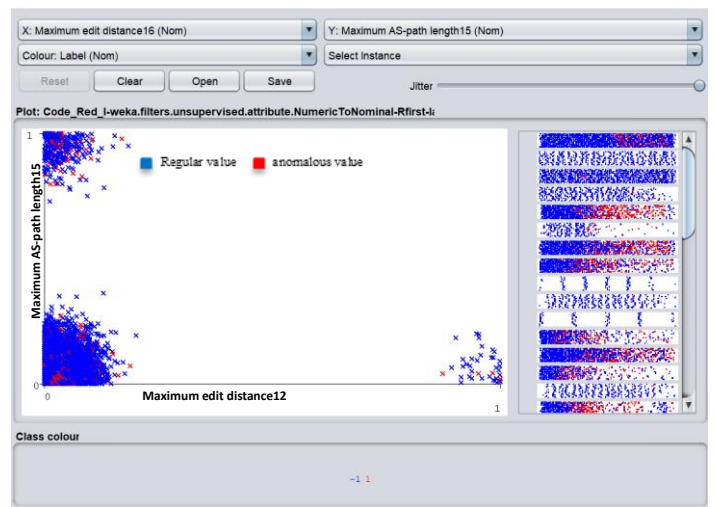


Figure 6: Visualization of the fourth anomalous rule



Figure 7: Visualization of the fifth anomalous rule

4. Conclusion and Future Studies

Attacks, configuration errors, and power outages are examples of abnormal BGP events that should be caught early on, because they might lead to anomalous or pathological routing

behavior at the global or prefix level. Association rule mining is a key research area in data mining. Whereas Apriori association rule mining uses as a collection of rules that are based on hashing method among infrequent item sets to detect BGP anomalous. We provide a framework to systematically evaluate BGP routing data discovering rules of anomalous BGP events.

The framework is specifically trained to learn the rules of aberrant BGP events using data mining techniques. Worm event rules were deduced from BGP data that collected during the Code Red I. This method is effective in locating the flow linked with the unusual events. Thus, Apriori association rule mining algorithm enables network managers and the BGP anomaly detector to make more informed decisions.

References

- Hoarau, K., Tournoux, P. U., & Razafindralambo, T. (2021, October). Suitability of graph representation for bgp anomaly detection. In 2021 IEEE 46th Conference on Local Computer Networks (LCN) (pp. 305-310). IEEE.
- Zhao, X., Band, S. S., Elnaffar, S., Sookhak, M., Mosavi, A., & Salwana, E. (2021). The implementation of border gateway protocol using software-defined networks: A systematic literature review. *IEEE Access*.
- Garcia-Luna-Aceves, J. J. (2022, August). Attaining stable and loop-free inter-domain routing without path vectors. In *Proceedings of the ACM SIGCOMM Workshop on Future of Internet Routing & Addressing* (pp. 58-65).
- Griffin, T. G., & Wilfong, G. (2019). An analysis of BGP convergence properties. *ACM SIGCOMM Computer Communication Review*, 29(4), 277-288.
- Alotaibi, H. S., Gregory, M. A., & Li, S. (2022). Multidomain SDN-Based Gateways and Border Gateway Protocol. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2022.
- Edwards, P., Cheng, L., & Kadam, G. (2019). Border gateway protocol anomaly detection using machine learning techniques. *SMU Data Science Review*, 2(1), 5.
- Szymoniak, S., Siedlecka-Lamch, O., Zbrzezny, A. M., Zbrzezny, A., & Kurkowski, M. (2021). SAT and SMT-Based Verification of Security Protocols Including Time Aspects. *Sensors*, 21(9), 3055.
- Deshpande, S., Thottan, M., Ho, T. K., & Sikdar, B. (2019). An online mechanism for BGP instability detection and analysis. *IEEE transactions on Computers*, 58(11), 1470-1484.
- Kong, H., Jong, C., & Ryang, U. (2019). Rare association rule mining for network intrusion detection. *arXiv preprint arXiv:1610.04306*.
- Safara, F., Souri, A., & Serrizadeh, M. (2020). Improved intrusion detection method for communication networks using association rule mining and artificial neural networks. *IET Communications*, 14(7), 1192-1197.
- Badhon, B., Kabir, M. M. J., Xu, S., & Kabir, M. (2021). A survey on association rule mining based on evolutionary algorithms. *International Journal of Computers and Applications*, 43(8), 775-785.
- Telikani, A., Gandomi, A. H., & Shahbahrami, A. (2020). A survey of evolutionary computation for association rule mining. *Information Sciences*, 524, 318-352.
- Yulanda, R. D., Wahyuningsih, S., & Amijaya, F. D. T. (2019, July). Association rules with apriori algorithm and hash-based algorithm. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1277, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- Khafaji, H. K. (2021, February). A New Algorithm for Extracting Textual Maximal Frequent Itemsets from Arabic Documents. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1773, No. 1, p. 012012). IOP Publishing.
- Sarno, R., Sinaga, F., & Sungkono, K. R. (2020). Anomaly detection in business processes using process mining and fuzzy association rule learning. *Journal of Big Data*, 7(1), 1-19.
- Moore, D., Shannon, C., & Claffy, K. (2020, November). Code-Red: a case study on the spread and victims of an Internet worm. In *Proceedings of the 2nd ACM SIGCOMM Workshop on Internet measurement* (pp. 273-284).
- Luo, X., & Li, Y. (2019). Security enhancement mechanism of modbus TCP protocol. *DEStech Transactions on Computer Science and Engineering*, 10.
- Chandola, V., Banerjee, A., & Kumar, V. (2021). Anomaly detection Algorithms every Data Scientist should know. *ACM computing surveys (CSUR)*, 41(3), 1-58.
- Awadlesh, I. (2019). Weka: IT For Business Intelligence: Classification and Clustering Analysis. Term Paper, April, 19.
- Verma, N., Malhotra, D., & Singh, J. (2020). Big data analytics for retail industry using MapReduce-Apriori framework. *Journal of Management Analytics*, 7(3), 424-442.
- Naresh, P., & Suguna, R. (2019, May). Association rule mining algorithms on large and small datasets: A comparative study. In *2019 International Conference on Intelligent Computing and Control Systems (ICCS)* (pp. 587-592). IEEE.
- Yi, F., Zhang, L., Yang, S., & Zhao, D. (2021, October). A Security-Enhanced Modbus TCP Protocol and Authorized Access Mechanism. In *2021 IEEE Sixth International Conference on Data Science in Cyberspace (DSC)* (pp. 61-67). IEEE.
- Özalp, A. N., & Albayrak, Z. (2022). Detecting Cyber Attacks with High-Frequency Features using Machine Learning Algorithms. *Acta Polytechnica Hungarica*, 19(7).
- A. F. Uluer, Z. Albayrak, A. N. Özalp, M. Çakmak and H. C. Altunay, "BGP Anomali Tespitinde Hibrit Model Yaklaşımı," 2022 30th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/SIU55565.2022.9864921.
- A. N. ÖZALP, Z. ALBAYRAK, M. ÇAKMAK and E. ÖZDOĞAN, "Layer-based examination of cyber-attacks in IoT," 2022 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA), 2022, pp. 1-10, doi: 10.1109/HORA55278.2022.9800047.
- Alazizi, A., Habrard, A., Jacquenet, F., He-Guelton, L., Oblé, F., & Siblini, W. (2019, November). Anomaly detection, consider your dataset first an illustration on fraud detection. In *2019 IEEE 31st international conference on tools with artificial intelligence (ICTAI)* (pp. 1351-1355). IEEE.



Mikrodalga Isıtıcı Kullanılarak Koaksiyel Yuvalı Anten ile Doku Isıtılmasının Nümerik İncelenmesi

Burak Türkan*

Bursa Uludağ Üniversitesi, Gemlik Asım Kocabıyık MYO, Makine Bölümü, Gemlik, 16600, Bursa/TÜRKİYE (ORCID No: 0000-0002-4019-7835)
burakt@uludag.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1186519)

ATIF/REFERENCE: Turkan, B. (2022). Mikrodalga Isıtıcı Kullanılarak Koaksiyel Yuvalı Anten ile Doku Isıtılmasının Nümerik İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 140-145.

Öz

Hipertermik onkolojide tümöre genellikle kemoterapi veya radyoterapi ile kombinasyon halinde lokalize ısıtma uygulanarak hastalık tedavi edilir. Tümöre ince bir mikrodalga antenin yerleştirildiği kısımdan ısıtma sağlanır. Burada kanser hücrelerinin öldürüldüğü pıhtılaşmış bir bölge üretilir. Yapılan bu çalışmada mikrodalga etkisi altında dokunun sıcaklık değişimi, doku deformasyonu ve özgül absorpsiyon oranı (SAR) hesaplanmıştır. 2.45 GHz frekansında koaksiyel yuvalı anten ile karaciğer dokusu modellenerek Comsol programında nümerik olarak çözüm yapılmıştır. Farklı mikrodalga güçleri (10-20-30W) alınarak 2-4 ve 6 dakika sonrasına ait dokunun sonuç simülasyonları elde edilmiştir. Elde edilen sonuçların literatür bilgileri ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Mikrodalga ısıtma, Özgül soğrulma oranı, Mikrodalga hipertermi, Comsol.

Numerical Investigation of Tissue Heating with Coaxial Slot Antenna Using Microwave Heater

Abstract

In hyperthermic oncology, the disease is treated by applying localized heating to the tumor, usually in combination with chemotherapy or radiotherapy. Heating is provided to the tumor from the part where a thin microwave antenna is placed. Here, a coagulated area is produced where cancer cells are killed. In this study, the temperature change, tissue deformation and specific absorption rate (SAR) of the tissue under the microwave effect were calculated. The liver tissue was modeled with a coaxial slot antenna at a frequency of 2.45 GHz and a numerical solution was made in the Comsol program. Result simulations of tissue after 2-4 and 6 minutes were obtained by taking different microwave powers (10-20-30W). It has been seen that the results obtained are compatible with the literature information.

Keywords: Microwave heating, Specific absorption rate (SAR), Microwave Hyperthermia, Comsol.

* Sorumlu Yazar: burakt@uludag.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda kanser tedavisinde kullanılan mikrodalga ile hipertermi konusu önem kazanmıştır. Mikrodalga ile tedavide mikrodalga osilatörünün elektromanyetik enerjisine maruz kalan anten kullanılmaktadır (Jiao vd., 2012). Hipertermik onkolojide kanser, genellikle kemoterapi veya radyoterapi ile kombinasyon halinde tümör dokusuna lokalize ısıtma uygulanarak tedavi edilmektedir. Derin yerleşimli tümörlerin çevreleyen dokuya zarar vermeden seçici olarak ısıtılmasıyla ilgili zorluklardan bazıları, ısıtma gücünün ve mekansal dağılımının kontrolü, sıcaklık sensörlerinin tasarımı ve yerleştirilmesidir. Olası ısıtma teknikleri arasında, RF (radyo frekans) ve mikrodalga ısıtma klinik araştırmacıların büyük ilgisini çekmiştir. Mikrodalga pıhtılaşma tedavisi, tümöre ince bir mikrodalga antenini yerleştirildiği tekniklerden biridir. Mikrodalga ile tümör ısıtılır, 50°C'nin üzerindeki sıcaklığa ulaşılan ve kanser hücrelerinin etkin bir şekilde yok edildiği bir pıhtılaşma bölgesi üretilir (Wongtrairat vd., 2011).

Son yıllarda, mikrodalga ısıtıcıların çeşitli tıbbi uygulamaları geniş çapta araştırılmaktadır. 2.45 GHz ve 915 GHz frekanslarında bir deneyde kullanılan "Cap-choke anten" adlı yeni anten önerilmiştir (Pisa vd., 2001; Hurter vd., 1991). Frekans yansıma katsayısı ve doku içindeki SAR değeri bu antenlerin performansları için önemlidir. Çalışma frekansı genellikle ISM bandına ayrılmış frekanslardan biri olan 2.45 GHz dir (Jesus ve Rubio, 2011).

Hurter vd., (1991) bilgisayar simülasyonunu kullanarak "üç eksenli kısıklı dipol anten" adı verilen yeni bir anten tasarımını araştırdılar ve bunun dipol antenden daha yüksek SAR değerlerine sahip olduğunu ve yerleştirme derinliğinin etkisini azaltmaya yardımcı olduğunu keşfettiler.

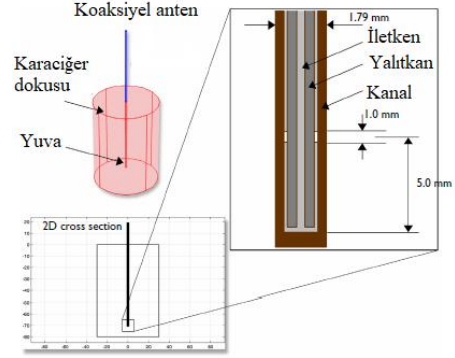
Mikrodalga (MW) ablasyon yöntemi, kanseri tedavi etmek için başka bir alternatiftir ve hastalar için yeni bir tedavi seçeneği olarak ortaya çıkmıştır (Wright vd., 2005). RF ablasyonuna benzer şekilde, MW akımı tipik olarak seçici hedeflenen alanlara Joule ısı üretilmesine neden olan bir anten aracılığıyla kanser dokularına iletilir. Bununla birlikte, RF probundan aktif doku ısıtma bölgesi, elektrotu çevreleyen birkaç milimetre ile sınırlıdır. Bu ablasyon bölgesinin geri kalanı termal iletim yoluyla ısıtılmaktadır (Vogl vd., 2008).

Nümerik simülasyon, yeni varsayımsal tasarımları değerlendirmek için hızlı ve ekonomik bir yol sunduğundan, RF ve MW ablasyonu çalışmalarında yaygın olarak kullanılmaktadır (Berjano ve Hornero, 2004). Bununla birlikte, MW hepatik ablasyon için önceki tüm sonlu eleman analizleri iki boyutta gerçekleştirilmiştir (Yang vd., 2006). Kabiri ve Rezaei (2022) çalışmalarında karaciğer kanseri tedavisinde mikrodalga alan ışınlanması ve lazer emisyonunu kullanmışlardır. Hipertermi tedavisi için 50s ısıtma süresini esas almışlardır. Mikrodalga anten ile tümörün tamamının yok edilebileceğini göstermişlerdir.

Bu çalışmada, mikrodalga gücü değiştirerek koaksiyel yuvalı antenin karaciğer dokusu üzerindeki sıcaklık değişimi, SAR etkisi ve doku deformasyonu Comsol programında nümerik olarak incelenmiştir. Farklı mikrodalga güçlerinin doku üzerindeki etkisi 2, 4 ve 6 dakikalık süreler için araştırılmıştır. Sonuçlar görsel olarak sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

Şekil 1 anten geometrisini göstermektedir. Halka şeklinde ince bir koaksiyel kablodan oluşur. 1 mm'lik yarı, kısa devreli uçtan 5 mm dış iletken üzerinde kesilir. Hijyenik amaçlar için, anten PTFE'den (politetrafloroetilen) yapılmış bir kılıf (kateter) içine yerleştirilmiştir. Geometrik bilgiler ve materyal bilgisi Çizelge 1'de verilmiştir.

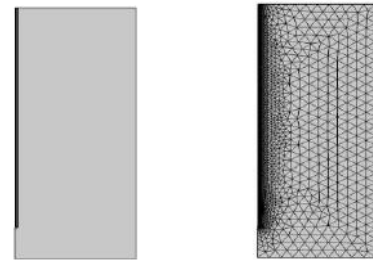


Şekil 1. Mikrodalga pıhtılaşma tedavisi için anten geometrisi

Çizelge 1. Koaksiyel antenin geometrik boyutları ve materyal özellikleri (Jiao vd., 2012)

Özellik	Değer
Merkezi iletkenin çapı	0,29mm
Dış iletkenin iç çapı	0,94mm
Dış iletkenin dış çapı	1,19mm
Kanal çapı	1,79mm
Karaciğer dokusu elektriksel iletkenliği	1.69 (S/m)
Karaciğer dokusu ısı iletkenliği	0.512 (W/m·K)
Karaciğer dokusu yoğunluğu	1060 (kg/m ³)
Karaciğer dokusu özgül ısı	3,60 × 10 ³ (J/kg·K)
Kan yoğunluğu	1000 (kg/m ³)
Kan özgül ısı	4.18 × 10 ³ (J/kg·K)
Kan başlangıç sıcaklığı	37°C

Öncelikle ağdan bağımsızlık çalışması yapılmıştır. Sonuç değerlerinin %1 hassasiyeti esas alınmıştır. Ağ sayısı 3858 seçilmiştir. Matematiksel ifadeler Comsol programı (Comsol Multiphysics 5.3, 2017) kullanılarak çözülmüştür. Analizde çözüm kolaylığı olması için silindirik malzemenin dönme simetrisinden dolayı 2 boyutlu model kullanılmıştır.



Şekil 2. Model geometrisi ve ağ yapısı

2.1. Teorik Analiz

Süreye bağlı olarak ısı transferi denklemi aşağıdaki gibi yazılabilir;

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} + \nabla \cdot (-k \nabla T) = \rho_b C_b w_b (T_b - T) + Q_{met} + Q_{ext} \quad (1)$$

Burada k karaciğerin ısı iletkenlik katsayısı (W/mK), ρ_b kan yoğunluğu (kg/m³), C_b kanın özgül ısısı (j/kgK), T_b kanın sıcaklığı (K), Q_{met} metabolizmanın ısı kaynağı (W/m³), Q_{ext} dış ısı kaynağı (W/m³) dir.

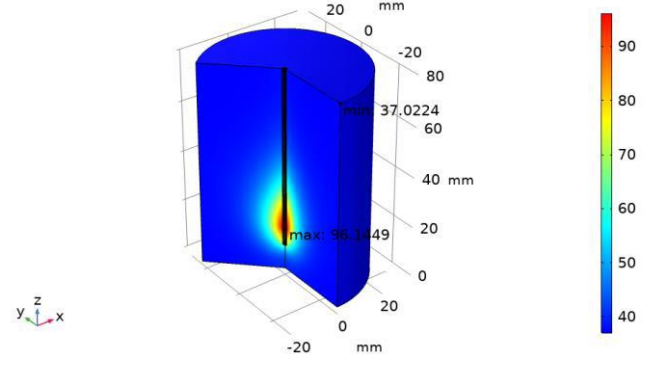
Isı transferi denkleminde ek olarak dokuda meydana gelen deformasyonu hesaplamak için Arrhenius denklemi kullanılmaktadır.

$$\frac{\partial \alpha}{\partial t} = A \exp \quad (2)$$

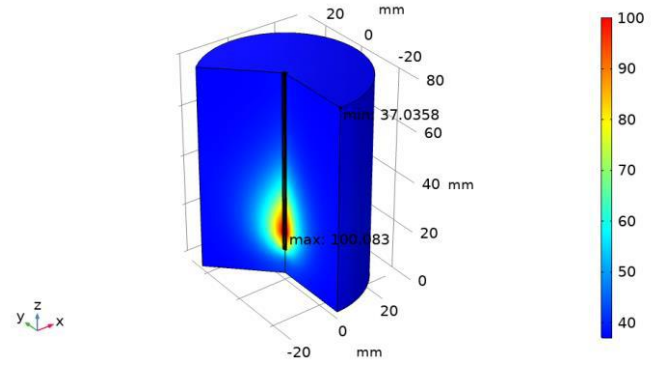
Burada A frekans faktörü (s⁻¹), ΔE aktivasyon enerjisi (J/mol) (Jiao vd., 2012).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Koaksiyel yuvalı anten ile farklı mikrodalga güçleri kullanılarak 2-4 ve 6 dakikalık sürede karaciğer dokusu üzerindeki sıcaklık dağılımı Şekil 3-6 ve 9'da verilmiştir. 10 W-20 W ve 30 W'lık mikrodalga güçlerinde doku içerisindeki sıcaklık değerinin 6 dakika sonra sırası ile 100.08°C, 162.79°C ve 225.35°C'ye ulaştığı görülmüştür. Isıtma gücündeki artış ile doğru orantılı olarak sıcaklık değerlerinde de artış tespit edilmiştir. Sıcaklık değerinin anten kısmına yakın yerde maksimum olduğu, yüzeye doğru ise 37°C'ye yakın olduğu görülmektedir. Burada kan akışından dolayı vücut sıcaklığı düşük kalmaktadır. 10W-20W ve 30W için Şekil 4-7 ve 10'da 2-4 ve 6 dakika sonraki nekrotik (ölü) dokunun değişimi sonuçları verilmiştir. Şekil 4c de 6 dakika sonra ölü dokunun 20mm çapındaki bir alan olduğu görülmektedir. Şekil 7'de ise bu durum yaklaşık olarak iki katı alana etki ettiği söylenebilir. Isı artışı ile sürenin doku içerisindeki deformasyonda önemli bir özellik olduğu tespit edilmiştir.

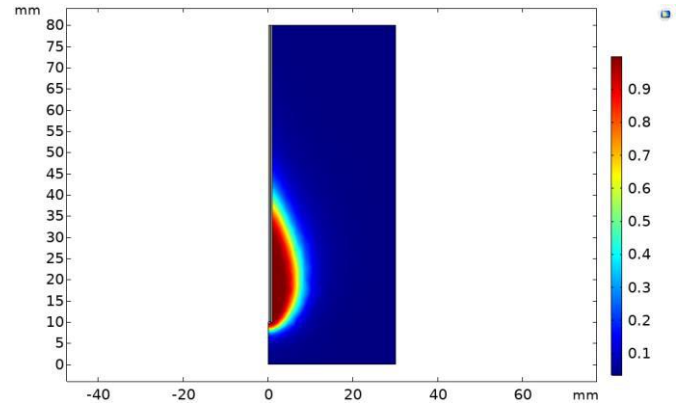


(b)

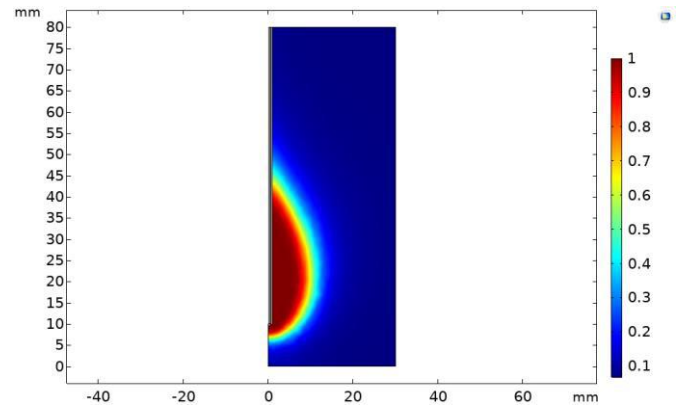


(c)

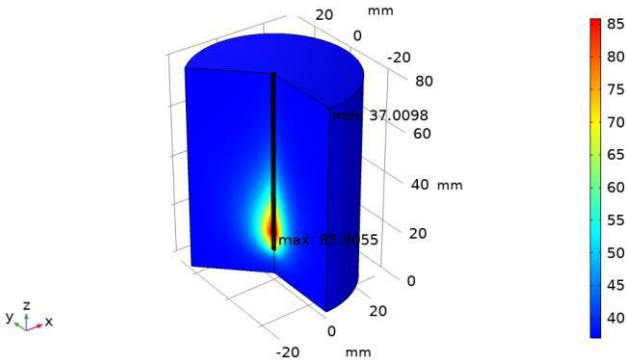
Şekil 3. 10W mikrodalga gücünde doku örneğinin (a)2-(b)4 ve (c)6 dakika sonraki sıcaklık dağılımları



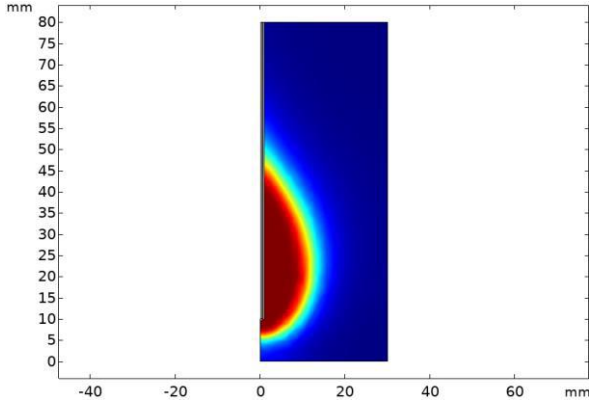
(a)



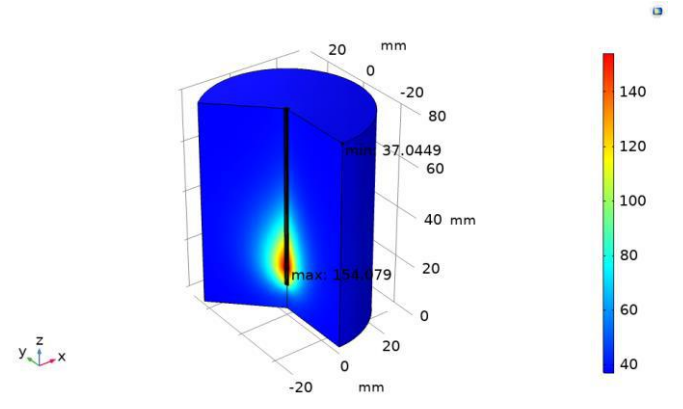
(b)



(a)



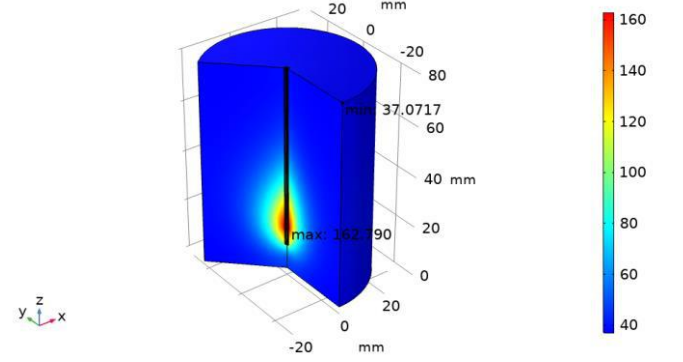
(c)



(b)

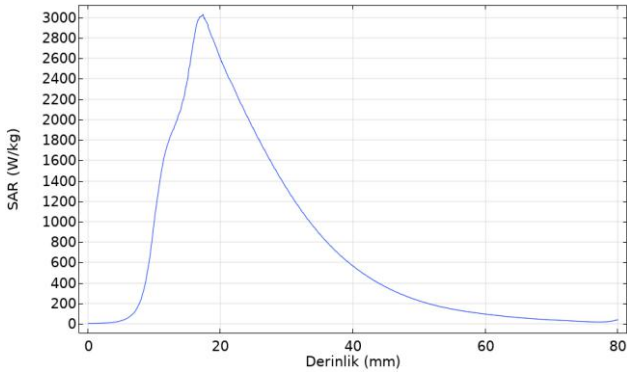
Şekil 4. 10 W mikrodalga gücünde (a)2-(b)4-(c)6 dakika sonraki nekrotik (ölü) doku

Şekil 5-8 ve 11'de 3 farklı mikrodalga gücünde anten ekseninden 2.5mm uzaklıkta ölçülen SAR değerleri verilmiştir. Koaksiyel yuvalı antende, en yüksek olanı antenin tepesine, diğer ikisi anten yuvasına karşılık gelen üç tepe noktası vardır. Bu nedenle, radyasyon koaksiyel yuva, anten yuvasında en zayıf ve antenin üstünde en güçlüdür. Gerçek termoterapide, en iyi ısıtma etkisini elde etmek için antenin en güçlü radyasyon noktasını tümör dokusunun ortasına denk getirilmesi gerekmektedir. Elde edilen sonuçların literatürde verilen veriler ile uyumlu olduğu görülmüştür (Saito vd., 2001).

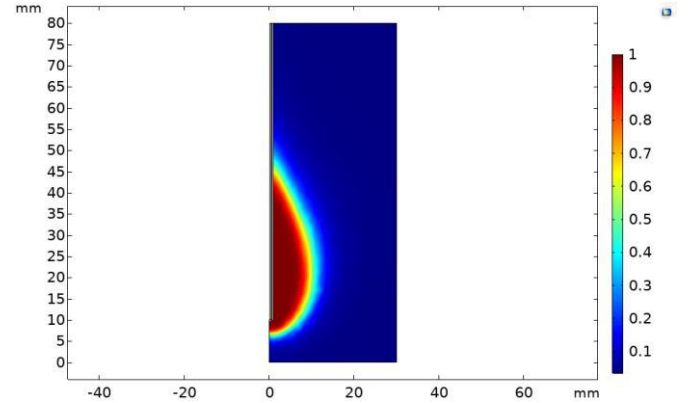


(c)

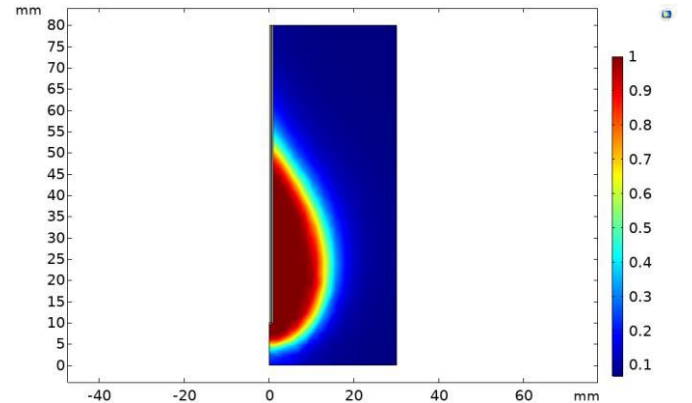
Şekil 6. 20W mikrodalga gücünde (a)2-(b)4-(c)6 dakika sonraki sıcaklık dağılımları



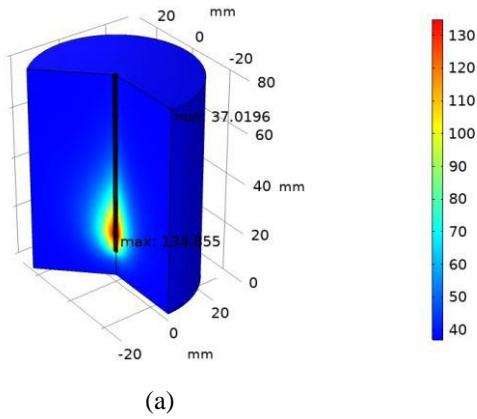
Şekil 5. 10 W mikrodalga gücünde ölçülen SAR değeri



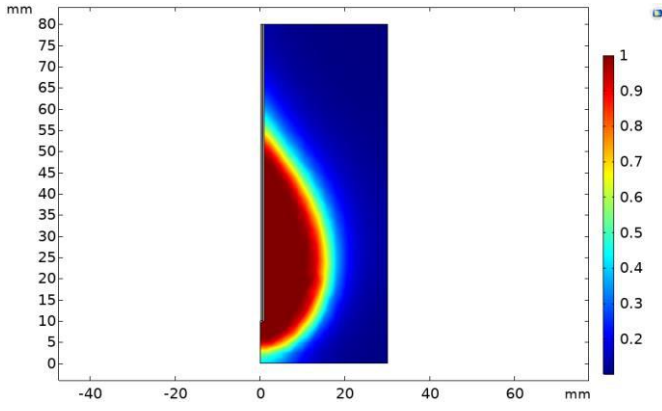
(a)



(b)

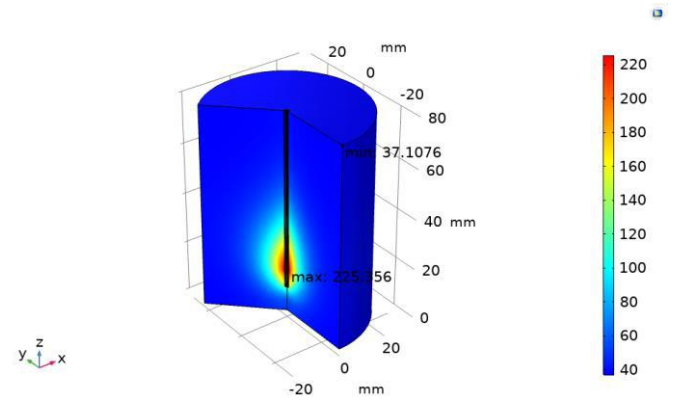


(a)



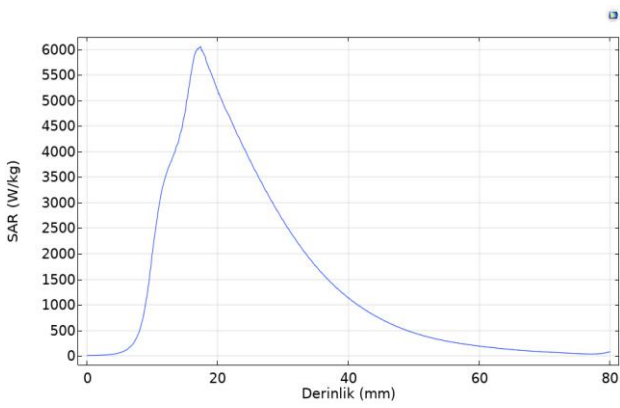
(c)

Şekil 7. 20 W mikrodalga gücünde (a)2-(b)4-(c)6 dakika sonraki nekrotik (ölü) doku

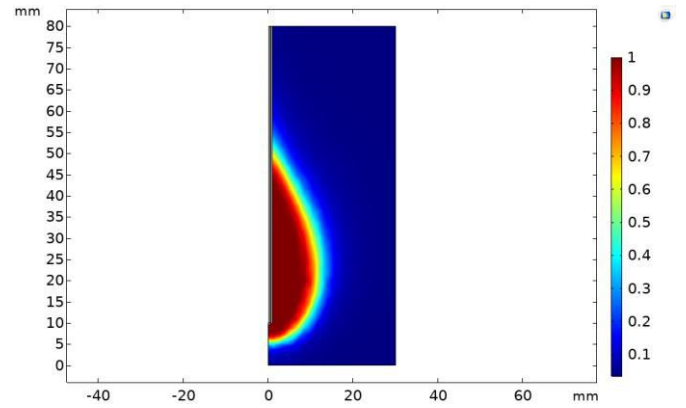


(c)

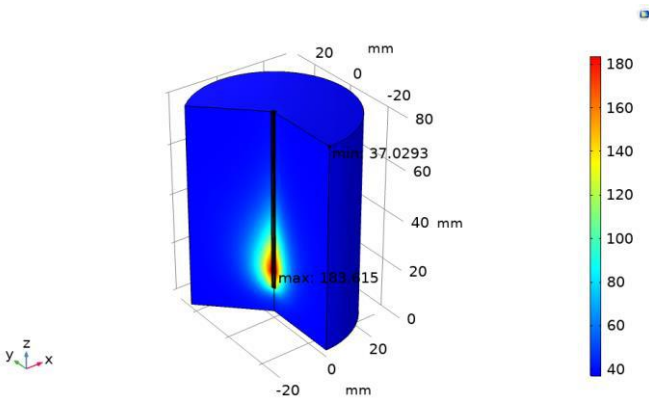
Şekil 9. 30W mikrodalga gücünde (a)2-(b)4-(c)6 dakika sonraki sıcaklık dağılımları



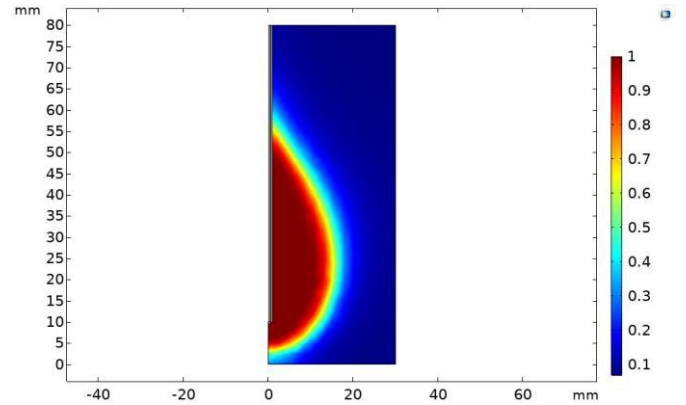
Şekil 8. 20 W mikrodalga gücünde ölçülen SAR değeri



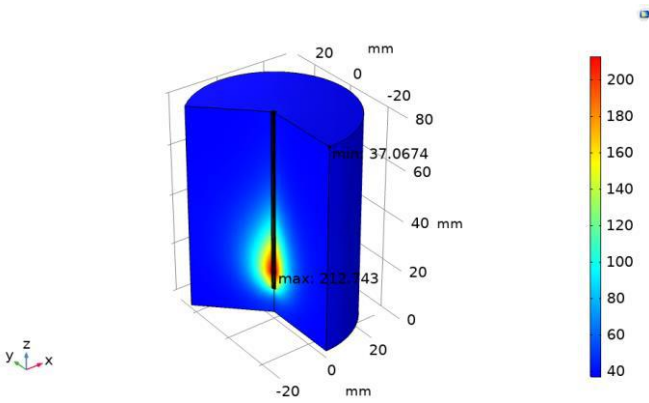
(a)



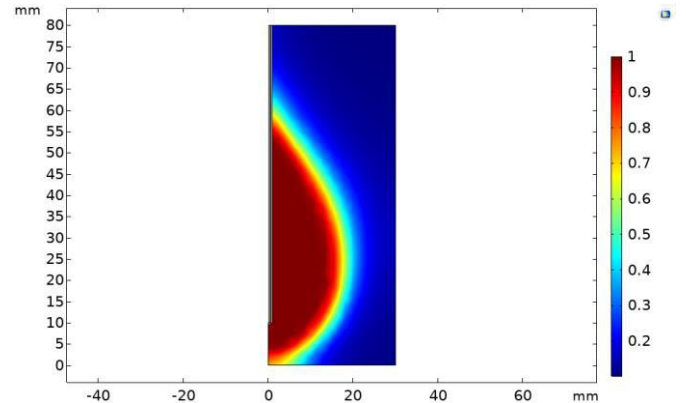
(a)



(b)

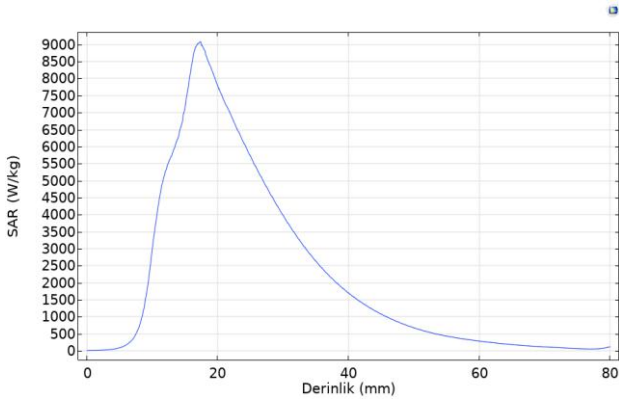


(b)



(c)

Şekil 10. 30 W mikrodalga gücünde (a)2-(b)4-(c)6 dakika sonraki nekrotik (ölü) doku



Şekil 11. 30 W mikrodalga gücünde ölçülen SAR değeri

4. Sonuç

Bu çalışmada koaksiyel yuvalı anten ile mikrodalga ısıtmanın doku sıcaklığındaki değişimi ile ölü doku ve SAR etkisi sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre antenin tümör hücrelerine yakın kısımda olması etkisini daha da artırmaktadır. Simülasyon çalışmaları ile sıcaklık dağılımı önceden tespit edilip sağlıklı dokuya zarar verilmeyen zararlı dokunun ortadan kaldırılması mümkün hale gelebilmektedir. Yapılan çalışmada mikrodalga güç ve süre kontrolünün dokunun sıcaklığı üzerinde etkili bir parametre olduğu görülmüştür. Güç seviyesindeki yükselme SAR değeri, sıcaklık etkisi ve ölü doku miktarında artışa sebep olmuştur.

Mikrodalga hipertermi tedavisi teknolojisi, kanser bölgelerini 43°C ye kadar ısıtmakta ve aynı anda normal dokulara mümkün olduğunca daha az zarar verip sonunda tümör hücrelerini öldürmektedir. Zararlı dokuyu ortadan kaldırmak için ısıtmada antenin etrafında olsa bile üst sıcaklık 200°C'yi geçmemelidir (Jiao vd., 2012; Yadava vd., 2003). Dolayısı ile bu çalışmada 10W ve 20W'lık mikrodalga gücünde 2-4 ve 6 dakika ısıtılsa bile dokunun sıcaklığı 200°C'nin altında kalmaktadır. 30 W'lık ısıtmada ise 2 dakikalık bir işlemin yeterli olduğu görülmüştür.

Kaynakça

- Berjano, E.J., Hornero, F. (2004). Thermal-electrical modeling for epicardial atrial radiofrequency ablation, IEEE Trans. Biomed. Eng., 51(8), pp. 1348-1357.
- Comsol Multiphysics 5.3. (2017). Heat Transfer Module User's Guide.
- Hurter, W., Reinbold, F., Lorenz, W.J. (1991). A Dipole Antenna for Interstitial Microwave Hyperthermia, IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques, 39, pp.1048-1054.
- Jesus M., Rubio, C. (2011). Coaxial Slot Antenna Design for Microwave Hyperthermia using Finite Difference Time-Domain and Finite Element Method, The Open Nanomedicine Journal, 3, pp. 2-9.
- Jiao, T., Wang, H., Zhang, Y., Yu, X., Xue, H., Lv, H., Jing, X., Zhan, H., Wang, J. (2012). A coaxial-slot antenna for invasive microwave hyperthermia therapy, Journal of Biomedical Science and Engineering, 5(4), pp.198-202.
- Kabiri, S., Rezaei, F. (2022). Liver cancer treatment with integration of laser emission and microwave irradiation with the aid of gold nanoparticles. Sci Rep, 12, 9271.

- Pisa, S., Cavagnaro, M., Bernardi, P., Lin, J.C. (2001). A 915-MHz antenna for microwave thermal ablation treatment: physical design computer modeling and experimental measurement, IEEE Trans Biomed Eng, 48, pp.599-601.
- Saito, K., Taniguchi, T., Yoshimura, H., Ito, K. (2001). Estimation of SAR Distribution of a Tip-Split Array Applicator for Microwave Coagulation Therapy Using the Finite Element Method, IEICE Trans. Electronics, vol. E84-C, 7, pp. 948-954.
- Vogl, T.J., Helmberger, T.K., Mack, M.G., Reiser, M.F. (2008). Ablative techniques (percutaneous) Thermal Ablative Techniques, in Percutaneous Tumor Ablation in Medical Radiology, Berlin, Germany: Springer, 2008, pp. 7-32.
- Wongtrairat, W., Phasukkit, P., Tungjitkusolmun, S., Nantivatana, P. (2011). The Effect of Slot Sizes on Non-Asymmetry Slot Antenna for Microwave Coagulation Therapy, International Journal of Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics, 1(3), pp.192-198.
- Wright, A.S., Sampson, L. A., Warner, T.F., Mahvi, D.M., Lee, F.T. (2005). Radiofrequency versus microwave ablation in a hepatic Porcine Model, Radiology., 236, pp.132 -139.
- Yadava, R.L. (2003). RF/microwaves in bio-medical applications. 8th International Conference on Electromagnetic Interference and Compatibility (INCEMIC), Yadava, 18-19 December, pp. 81-85.
- Yang, D., Bertram, J.M., Converse, M.C., O'Rourke, A.P., Webster, J.G., Hagness, S.C., Will, J.A., Mahvi, D.M. (2006). A floating sleeve antenna yields localized hepatic microwave ablation, IEEE Trans. Biomed. Eng., 53(3), pp. 533-537.



Mobil Uygulama Kontrollü Dron ile Otonom Sipariş Dağıtım

Mehmet Taşlı¹, Murat Karakoyun^{2*}

¹ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3098-9230), mehmettasli97@gmail.com

^{2*} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0677-9313), mkarakoyun@erbakan.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1185837)

ATIF/REFERENCE: Taşlı, M. & Karakoyun, M. (2022). Mobil Uygulama Kontrollü Dron ile Otonom Sipariş Dağıtım. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 146-150.

Öz

Günümüzde, insansız hava araçlarının (İHA), başta savunma ve eğlence olmak üzere kullanım alanları her geçen gün genişlemektedir. Ürün taşımacılığı ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanan araçlar ile insanlar tarafından gerçekleştirilmektedir. Bu durum insan faktörünü de hesaba kattığımız zaman birçok sorunu yanında getirmektedir. Ürün taşımacılığı alanında otonom dronların kullanılması zaman, yakıt ve insan gücünden tasarruf sağlayacaktır. Günümüze kadar bu konuda bir çok girişimler meydana gelmiş olsa da bunların büyük çoğunluğu özel firmalar tarafından geliştirilmiş olan, kaynak koduna erişimin veya araçlar üzerinde ihtiyaç halinde gerekli modifikasyonların gerçekleştirilmesinin mümkün olmadığı araçlardır. Aynı zamanda çoğu zaman bu araçların kumanda ile yönetilmeleri gerekmektedir. Bu durum yetkili pilot geliştirilmesi ve insan faktörünün işe katılmasına yol açmaktadır. Bu çalışmada, ArduPilot ve dronlarla Mavlink üzerinden haberleşmeyi sağlayan açık kaynak kodlu bir uygulama hazırlanması amaçlanmıştır. Bu mobil uygulamada; uçuş yazılımı DroneKit kütüphanesi ile ve araçlara görev bilgilerini gönderme yazılımı Flutter kullanılarak hazırlanmıştır. Bu çalışma sonucunda elde edilen uygulama ile kullanıcılar ArduPilot destekleyen ticari dronlar veya kendi inşaa ettikleri dronlar ile otonom bir şekilde ürün taşıyabilmektedirler.

Anahtar Kelimeler: İha, dron, otonom uçuş, mobil uygulama, lojistik, ürün taşıma

Autonomous Order Distribution with Mobile App Controlled Drone

Abstract

Recently, the areas of use of unmanned aerial vehicles (UAVs), especially in defense and entertainment, are expanding day by day. Product transportation is mainly carried out by people using fossil fuel vehicles. This situation brings many problems when we take into account the human factor. The use of autonomous drones in the field of product transportation will save time, fuel and manpower. Although there have been many initiatives in this regard until today, most of them are tools developed by private companies, where it is not possible to access the source code or make the necessary modifications on the tools if needed. At the same time, these vehicles often need to be managed by remote control. This leads to the development of competent pilots and the involvement of the human factor. In this study, it is aimed to prepare an open source application that enables communication with ArduPilot and drones over Mavlink. In this mobile application; the flight software was prepared with the DroneKit library and the software for sending mission information to the vehicles using Flutter. With the application obtained as a result of this study, users can carry products autonomously with commercial drones that support ArduPilot or with drones they have built.

Keywords: Unmanned aerial vehicle, drone, autonomous flight, logistics, product handling

* Sorumlu Yazar: mkarakoyun@erbakan.edu.tr

1. Giriş

İnsansız hava aracı teknolojisinin gelişmesi ile beraber kullanım alanları da genişlemiştir. Eğlence, hizmet, savunma gibi farklı alanlar bu teknolojinin gelişmesinden önemli ölçüde istifade etmeye başlamıştır. Bu trende ayak uydurmak ve dron teknolojisini taşımacılık alanında kullanmak amacıyla, komutlarına mobil bir uygulamadan alan ve sipariş dağıtımını gerçekleştiren bir çalışma yapılmıştır. ArduPilot otopilot yazılımı ile birlikte dron kontrolü sağlanırken, uçuşun gerçekleştirileceği konum bilgileri Flutter ve Dart programlama dili kullanılarak hazırlanan mobil uygulama ile drone aktarılmıştır.

Ürün taşımacılığı alanında dronların kullanılabilmesi amacı ile geliştirilmekte olan bu projede ArduPilot otopilot yazılımları ile çalışmakta olan ve genellikle hobi/eğlence sektörlerinde kullanılmakta olan dronların, ucuz ve aktif bir biçimde son kullanıcıya kolay bir biçimde ulaştırılması hedeflenmiştir. Bu amaç doğrultusunda son kullanıcıların dron ile ürün taşıırken karşılaştıkları en büyük sıkıntılar göz önüne alınmış ve aracın herhangi bir eğitim almamış kişiler tarafından kullanılması durumunda bir çok sıkıntının meydana geldiği fark edilmiştir. Bu nedenle kullanıcıların ürün taşımak için kullandıkları dronları manuel olarak (kumanda vasıtasıyla) kontrol etmek yerine mobil uygulama ile haritadan hedef konumların seçilmesi ve aracın otonom olarak hareket etmesi gibi bir çözüm bulunmuştur.

Günümüzde otonom olarak hareket etmekte olan bir çok dron olmasına rağmen bunların büyük çoğunluğu özel firmalar tarafından geliştirilmiştir. Bu durum kaynak kodlara erişimi kısıtlamakla beraber, hazırlanan yazılımların kısıtlı cihazlar ile uyumlu olması ve modifiye edilememesi gibi sorunlar doğurmaktadır. Bu çalışma kapsamında hazırlanan proje sayesinde açık kaynak kodlu ArduPilot otopilot yazılımını kullanmakta olan herhangi bir araca hedef görev bilgilerinin aktarılması sağlanabilecektir (ArduPilot, 2022).

Flutter ile geliştirilmiş olan bir mobil uygulama sayesinde kullanıcılar harita üzerinden istedikleri konumları seçip, taşınacak olan malzemelerin bilgilerini girdikten sonra aracı istedikleri konumlara göreve gönderebilir ve aracın anlık konum, batarya, görev bilgilerinin mobil uygulama üzerinden gözlemleyebilmektedir. Flutter, Google firması tarafından geliştirilmekte olan çapraz platform uygulama geliştirme kitidir (Flutter, 2022). Bu sayede daha öncesinde dron pilotluğu ile ilgisi olmayan bir çok kişi bir kaç adımda araçlarını uçurabilir ve paketlerini teslim edebilirler. Bu iki uygulamanın birbirleri ile uyum içinde çalışmaları gelecekte otonom uçuş ve ürün taşımacılık sektörlerinde gerçekleştirilecek olan araştırmaların önünü açacağına inanılmaktadır.

Hazırlanan uçuş kodlarının test edilebilmesi amacıyla Emild markasına ait Navio 2 otopilot kartı ile çalışmakta olan 4 motorlu bir dron kullanılmıştır. Navio 2, ArduPilot otopilot yazılımı ile çalışmakta olan, günümüzde bir çok geliştirici tarafından tercih edilen ve sorunsuz bir uçuş için gerekli olan bir çok sensöre sahip bir uçuş kartıdır. Navio 2 uçuş kartı, hem ArduPilot hem de droneKit kütüphanesi ile hazırlanmış olan uçuş kodlarının üzerinde çalışabilmesi için Raspberry Pi 4 ile birlikte kullanılmaktadır.

Literatüre bakıldığında dronların lojistik alanında kullanılması amacıyla bir takım çalışmalar yapıldığı görülmektedir. Ancak bu çalışmalar içerisinde aracın hedef bilgilerinin bir mobil uygulama üzerinden gönderilmesi ve aracın

otonom olarak hareket ettiği ortak bir projeye rastlanılmamıştır. Yapılan çalışmalar genellikle dronlar yardımı ile ürün taşımaya yönelik olmasına rağmen bu araçlar pilotlar tarafından manuel olarak yönetilmektedir. Otonom olarak uçuş gerçekleştiren araçlar ise özel firmalar tarafından geliştirilmiş olup kullanıcılara kaynak kodlarını sunmamaktadırlar. Aynı zamanda kullanıcılar bu araçlar üzerinde istedikleri modifikasyonları gerçekleştirememektedirler. Dronların ağırlıklı olarak kullanıldığı bir diğer alan ise savunma alanıdır. Bu alanda otonom araçlar uzun zamandır kullanılmasına rağmen her geçen gün geliştiriciler sektöre yenilikler kazandırmaktadırlar. Ancak bu alanda yapılan çalışmalarda araçların kontrolleri oldukça karmaşık bir arayüze sahip masaüstü uygulamaları ile gerçekleştirilmektedir. Bu alanda tüm çalışmaların incelenmesi mümkün olmadığından son zamanlarda literatüre kazandırılan bazı çalışmalar ele alınmıştır.

Han vd. tarafından 2019 yılında yapılan çalışmada, dronların ürün taşımacılığı alanında kullanılmasına yönelik geliştirilen bir araştırmada rota hesaplanması işlemlerinde kullanılması için matematiksel bir model geliştirilmiş ve test edilmiştir (Han, Özer, Barış, Özgür, & Aktin, 2019). 2021 yılında Yetiş vd., araştırmalarında İHA'ların kargo araçları ile birlikte çalışarak rota optimizasyonunda kullanılması ile ilgili deneyler gerçekleştirmişlerdir. Elde ettikleri sonuçlara göre bu yöntem ile probleme göre %4-%6.24 kazanç elde ettiklerini belirtmişlerdir. Ancak bu çalışmada dronlar ürün taşımacılığı alanında doğrudan kullanılmaktan ziyade birer araç olarak kalmışlardır (Yetiş, Güngör, & Karaköse, 2021). Düzgün tarafından 2021 yılında gerçekleştirilen bir başka çalışmada ise dronların lojistik alanında kullanılması ile ilgili pratiğe dökülememiş bir çalışma yapılmıştır (Düzgün, 2021). Dronların aktif olarak kullanıldığı bazı çalışmalarda ise dronlar yardımı ile belirli alanların veya yapıların 3 boyutlu modellemelerinin hazırlanması amaçlanmıştır. Bu çalışmalarda araç (drone), üzerine yerleştirilen kamera ile birlikte pilotlar tarafından hedef alanlarda uçurulmakta ve fotoğraflar çekilmektedir (Alptekin & Yakar, 2020; A. Ulvi, Yakar, Yiğit, & Kaya, 2020; C. Ulvi, 2022). Aras, 2021 yılında gerçekleştirdiği çalışmasında dronların kentsel güvenlik alanlarında nasıl kullanılabilirliği üzerinde durmuştur (Aras, 2021). 2022 yılında, Koçyiğit vd. arkeolojik kazılarda arazi hakkında daha detaylı bilgi almak ve kazının yapılacağı alanı belirlemek amacı ile dronları kullanmışlardır. Bu çalışmada Mersin Anamur ilçesinde gerçekleştirilen Anemurium antik kenti kazısında İHA'lar kullanılmıştır (Koçyiğit, Durduran, & Alkan, 2022).

2. Metot

Projenin geliştirilmesine ilk olarak mobil uygulamanın tasarlanması ile başlanmıştır. Mobil uygulamanın geliştirileceği ortam Flutter olarak belirlenmiştir. Flutter'ın seçilmesinin başlıca sebeplerinden bir tanesi, geliştirilen uygulamaların üzerine eklemeler yapılmadan farklı ortamlarda (Android, IOS, Web, Windows) çalıştırılabilmesidir (Documentation, 2022). Bu amaç doğrultusunda uygulama içerisinde yer alması gereken sayfalar ve kullanılacak olan eklentiler belirlenmiştir. Projede tasarlanacak sayfalar sırasıyla:

- Kullanıcı Giriş/Kayıt
- Ana Ekran
- Görev Belirleme
- Geçmiş Görevler
- Ürün İşlemleri

olarak belirlenmiş ve ilk olarak uygulamanın firebase ile olan bağlantısı kurulmuştur. Firebase, Google tarafından geliştirilen ve

desteklenen ücretsiz bir depolama platformudur. Firebase'in; kullanıcı hesap işlemlerinin, görev/ürün bilgilerinin ve geçmiş görev bilgilerinin tutulması için uygun bir platform olması ve çapraz platform çalışabiliyor olmasından dolayı tercih edilmiştir (Firebase, 2022).

Kullanıcıların hedef konumları seçebilmeleri için Google Maps eklentisi projeye dahil edilmiş ve bu eklenti kullanılarak görev belirleme ekranı tasarlanmıştır. Şekil 1 (a) Google Maps eklentisinin mobil uygulama içerisindeki kullanımını göstermektedir. Kullanıcılar harita üzerinde istedikleri konumun üzerine tıklayarak o konuma aktarılacak olan ürünleri seçebilmektedirler. Oluşturulan her görev bir liste üzerinde tutulmaktadır. Kullanıcılar ekranın sol tarafından sağa doğru sürüklemeye hareketi yaparak oluşturdukları görev listesini görebilmektedirler. Aynı zamanda kullanıcıların harita üzerinden seçim yapmak yerine doğrudan adres üzerinden arama yapabilmeleri için Görev Belirleme sayfasına ait olan app bar kısmına adres arama bölümü eklenmiştir. Araca hedef konuma ait olan adres bilgisi yerine enlem ve boylam bilgileri gönderildiği için geo_location kütüphanesi kullanılarak girilen adres bilgileri enlem boylam bilgilerine dönüştürülmektedir. Aynı şekilde harita üzerinden seçim yapıldığı zaman ekrana gelen pencere üzerinde kullanıcıların seçtikleri konumun doğru olduğundan emin olmaları için geo_location kütüphanesi kullanılarak enlem-boylam bilgileri adres bilgilerine dönüştürülmüş ve kullanıcıya gösterilmiştir. Şekil 1'de harita ekranı ve bu ekran üzerinden görev konumlarının belirlenmesini ile ilgili görseller sunulmuştur.

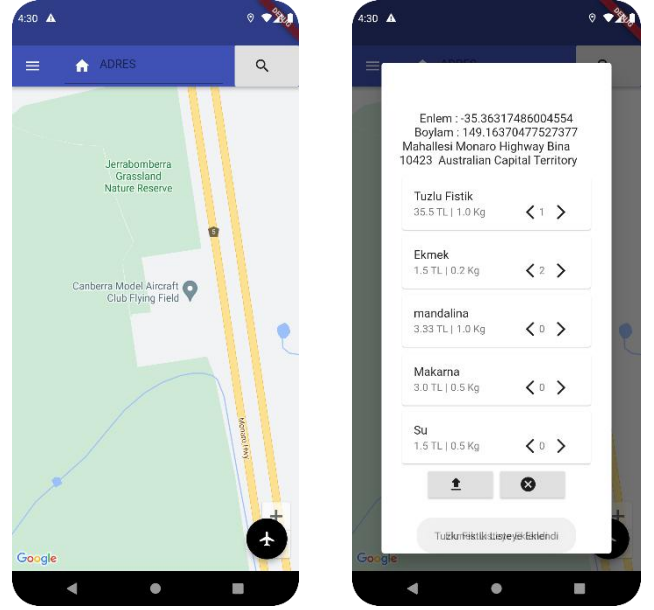
Her dronun taşıyabileceği ağırlık miktarı değişken olduğundan dolayı simülasyon ile gerçekleştirilecek olan denemelerde ortalama olarak 5 kg limit belirlenmiştir. Oluşturulan görevlerde aracın tek seferde taşıyacağı ürünlerin toplam ağırlığı 5 kg'ı geçmesi durumunda görevler Firebase üzerinde kaydedilmez. Bu sayede araca taşıyabileceğinden fazla ağırlık yüklenerek kazalara sebep olmasının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Son olarak Realtime Database üzerinde tutulacak olan görev bilgilerinin bir modeli oluşturulmuştur. Şekil 2'de Realtime Database üzerinde örnek bir görevin tutulma biçimi gösterilmiştir. Bir görevle ilgili tutulacak olan bilgiler:

- Enlem
- Boylam
- Ürün Listesi
- Görev Oluşturma Tarihi
- Görev Bitiş Tarihi
- Kullanıcı ID

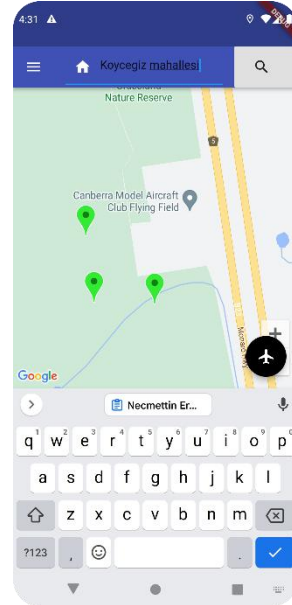
olarak belirlenmiştir.

Mobil uygulamanın bir diğer aşamasında ürün işlemlerinin gerçekleştirildiği sayfa hazırlanmıştır. Şekil 3'te görseli verilen bu sayfa ile kullanıcılar; stokta bulunan ürünlerin isim, fiyat ve ağırlık bilgileri ile ilgili ekleme, silme ve güncelleme işlemleri gerçekleştirebilmektedir. Ürünlere ait bilgiler Firebase'de Cloud Firestore üzerinde tutulmaktadır. Daha önceden kaydedilmiş olan bu bilgiler kullanıcının görebilmesi amacıyla Cloud Firestore'dan uygulamaya alınarak bir listeye aktarılmaktadır. Akabinde, Stack ve Swiper kullanılarak oluşturulmuş olan bir pencerede kullanıcıların hizmetine sunulmaktadır. Stack, oluşturulan widget'ların üst üste dizilmesini sağlayan bir yapıdır. Swiper ise kullanıcıların üst üste dizilmiş olan Widgetlar'ı (bu durumda Container) soldan sağa veya sağdan sola olacak biçimde kaydırarak yer değiştirmelerini sağlayan bir yapıdır.

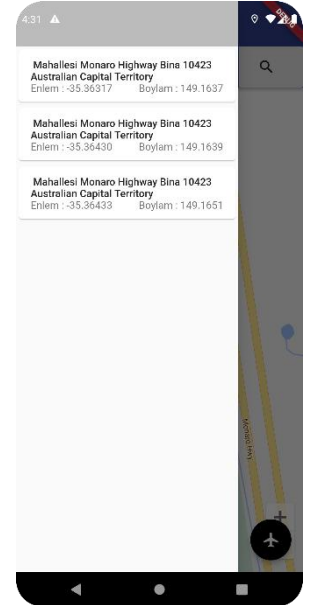


(a) Konum seçimi

(b) Ürün seçimi



(c) Adres arama

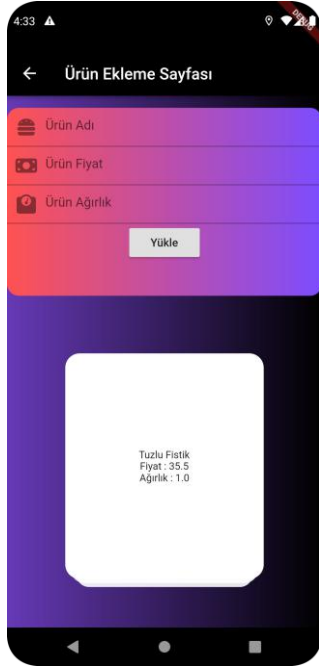


(d) Görev listesi

Şekil 1. Mobil uygulama kullanıcı ekranları



Şekil 2. Realtime Database üzerinde örnek bir görev

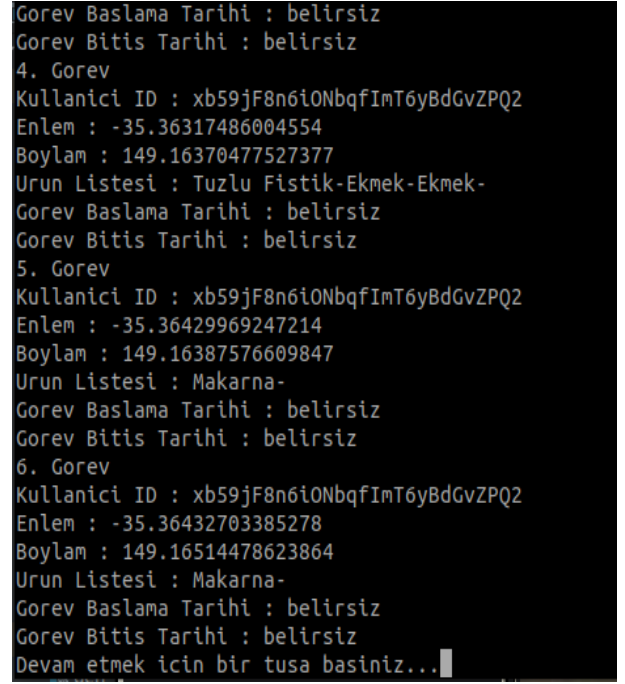


Şekil 3. Ürün ekleme ekranı

Mobil uygulamayı kullanacak olan kullanıcıların kayıt ve giriş yapacağı karşılama ekranı da bir diğer sayfa olarak ele alınmış ve tasarlanmıştır. Bu amaçla Firebase'in Authentication özelliği kullanılarak mail-parola çifti ile hesap oluşturma ve giriş yapma işlemlerinin gerçekleştirildiği bir sayfa oluşturulmuştur. Firebase, kullanıcıların mail adresleri, telefon numaraları veya kullanıcı adları kullanarak hesap oluşturmalarını ve uygulamaya giriş yapmalarını sağlamaktadır. Ayrıca kullanıcıların istemesi durumunda; gmail, facebook veya Apple hesapları kullanılarak, ekstra işlem gerçekleştirilmeden hesap oluşturulabilmektedir. Bu sayede hangi aracı hangi kullanıcının kullandığı kayıt altına alınacak ve karışıklıkların önüne geçilmiş olacaktır. Aynı zamanda 3. şahısların araçlara erişiminin önüne geçilmiş olacaktır.

Projenin ikinci aşamasında Python ve DroneKit kütüphanesi kullanılarak ArduPilot ile çalışmakta olan dronlar için bir uçuş yazılımı hazırlanmıştır. ArduPilot firması geliştiricilere yardım etmek ve geliştirme sürecinde meydana gelebilecek olan kazaları minimuma indirmek amacıyla gerçek araçlar üzerinde çalışmakta olan otopilot yazılımlarını gerçek araçlara ihtiyaç olmadan aynı şekilde simülasyon üzerinde çalıştırılmasına imkan sağlamaktadır (ArduPilot, 2022). Bu sayede geliştiriciler APM2, Gazebo Mission Planner gibi GCS (yer kontrol istasyonu) yazılımları üzerinden gerçek araca sahip olmadan testlerini gerçekleştirebilmektedir (Simülasyon testleri Mission Planner üzerinde gerçekleştirilmiştir). Dronekit, geliştiricilerin ArduPilot ile MavLink üzerinden düşük gecikme hızı ile iletişime geçebilmeleri amacı ile geliştirilmiş olan açık kaynak kodlu bir API'dir (DroneKit, 2022).

Otonom uçuş yazılımının geliştirilmesi işlemine ilk olarak Realtime Database üzerinde bulunan görev bilgilerinin pyrebase kütüphanesi kullanılarak araca indirilmesi ile başlamıştır. Pyrebase, geliştiricilerin python programlama dili kullanarak firebase işlemleri gerçekleştirebilmelerine olanak sağlayan bir kütüphanedir (GitHub-Pyrebase, 2022). Şekil 4'te mobil uygulamada hazırlanan ve uçuş yazılımına gönderilen görev bilgileri gösterilmektedir.



Şekil 4. Uçuş yazılımına gönderilen görev bilgileri

Bir sonraki adım olarak araç hakkında kontrollerin yapıldığı ve kalkışını sağlayacak olan fonksiyon hazırlanmıştır. İndirilmiş görev bilgilerine ait olan enlem ve boylam bilgileri bir listeye eklenmiş ve mavlink düğümü kullanılarak aracın sırasıyla bu konumları ziyaret etmesini sağlayacak fonksiyon hazırlanmıştır. Mavlink dronlar ile haberleşme gerçekleştirilirken kullanılan, hafif ve basit bir haberleşme yöntemidir (Guide, 2022). Tüm bu süreçler Mission Planner üzerinde simüle edilerek kontrol edilmiştir. Bir konum ziyaret edildiği zaman o konuma ait görev bilgilerinin Realtime Database üzerine kaydedilmesini sağlayacak ayrı bir fonksiyon mevcuttur. Gerçekleştirilen görevlerin saklanması sayesinde bir geçmiş görev listesi olduğundan projenin mobil uygulama kısmında bir geçmiş görevler sayfası oluşturulmuştur. Kullanıcılar geçmiş görevlerini seçerek görev oluşturma sayfasına gitmek zorunda kalmadan bu sayfa üzerinden hızlı bir biçimde yeni görevler oluşturabilmektedirler.

Son olarak kullanıcıların araçları hakkında konum, görev bilgilerini anlık olarak seyredebilmeleri amacıyla mobil uygulamanın ana sayfası üzerinde bir alan oluşturulmuştur. Bu alanda kullanıcılar araca ait batarya, konum (enlem-boylam) toplam görev sayısı ve o an gerçekleştirilen görev numarası ve aracın görevde olup olmadığı bilgilerini görebilmektedirler. Hazırlanan otonom uçuş kodu simülasyon testlerinden başarıyla geçtikten sonra gerçek araç üzerinde denemeler gerçekleştirmek amacıyla çalışmalara başlanmıştır.

Gerçek uçuş denemelerinin yapılması amacıyla 4 motorlu bir dron inşa edilmeye başlanmış ve bu amaç doğrultusunda yapılan araştırmalar sonucunda ArduPilot yazılımını destekleyen otopilot kartları arasından sahip olduğu sensörlerin ve kullanılan malzemelerin dayanıklılığı göz önünde bulundurularak Emlid Navio 2 seçilmiştir. Navio 2 Raspberry Pi bilgisayarlar ile birlikte kullanılan açık kaynak kodlu bir otopilot kartıdır. Navio 2 sahip olduğu sensörler sayesinde araca ekstradan sensör takılması gereksinimini ortadan kaldırmaktadır (Navio2, 2022). Bu durum aracın geliştirilmesini kolaylaştırmakta ve gerekli durumlarda yeni düzeneklerin eklenmesini kolaylaştırmaktadır. Aynı zamanda açık kaynak kodlu ArduPilot otopilot yazılımı ile birlikte

çalışabildiği için kullanıcıların kendi geliştirmelerini yapmalarına olanak sağlamaktadır. Navio 2 sadece dronlarda değil aynı zamanda denizaltı, RC araç, helikopter gibi birçok araçta kullanılabilir. DroneKit adlı kütüphane yardımı ile kullanıcılar kendi otonom araç yazılımlarını çalıştırabilir. ArduPilot yazılımın çalışacağı single board computer (SBC) olarak ise Raspberry Pi 3 seçilmiştir. Raspberry Pi, Raspberry Pi vakfı tarafından geliştirilmekte olan tek kart bir bilgisayardır (Vikipedi, 2022). Araçta kullanılacak olan motorlar olarak ise DJI marka fırçasız motorlar kullanılmıştır. Şekil 5'te hazırlanan aracın farklı açılardan çekilmiş görüntüleri sunulmuştur.



(a) Yandan görüntü

(b) Üstten görüntü

Şekil 5. Hazırlanan aracın farklı açılardan görüntüsü

Gerçek araç ile gerçekleştirilen denemelerde pyrebase kurulumu sırasında belirli kütüphanelerin güncellenmesi Emlid yazılımının çalışmamasına sebep olmuştur. Bu nedenle Flask kullanılarak bir API geliştirilmiş ve araca aktarılması gereken görev bilgileri burada tutulmuştur. Bu sayede görev bilgileri araca Firebase üzerinden değil Flask üzerinden HTTP istekleri ile aktarılmıştır. Şekil 6'da, hazırlanan aracın dış mekandaki uçuş testlerine ait bir görüntü sunulmuştur.



Şekil 6. Dış mekan uçuş testleri

3. Sonuç ve Tartışma

Dronlar ile otonom olarak ürün taşınması ve araca gönderilecek olan görev bilgilerinin kullanıcılar tarafından kolayca belirlenebilmesi amacıyla bir mobil uygulama ve uçuş yazılımı hazırlanmıştır. Mobil uygulama, Navio 2 otopilot kartı ile çalışmakta olan bir araç üzerinde test edilmiştir. Hem simülasyon hemde gerçek araçlarla gerçekleştirilen denemeler sonucunda güçlü GPS ve internet sinyali alınması durumunda dronlara görev bilgileri bir mobil uygulama üzerinden aktarılmıştır. Görev bilgilerini alan araç otonom olarak hedef konumlara belirlenen sıra ile ulaşabilmiştir. Elde edilen sonuçlar

doğrultusunda araçta daha güçlü bir GPS anteni ve daha güçlü bataryalar kullanılarak aracın uçuş kalitesinin artırılacağı düşünülmektedir.

Sonraki çalışmalar için proje geliştirilerek sadece ürün taşınması alanında değil aynı zamanda hastaneler arası ilaç/organ vb materyallerin taşınması veya üzerine yerleştirilecek olan bir kamera yardımı ile doğal afet bölgelerinde kayıp/yaralı kişi arama kurtarma çalışmalarında kullanılacağı düşünülmektedir.

4. Teşekkür

Bu çalışmanın hazırlanmasına, 2209-A proje çağrısı kapsamında destek veren TÜBİTAK kurumuna teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Alptekin, A., & Yakar, M. (2020). Heyelan bölgesinin İHA kullanarak modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 17-21.
- Aras, B. B. (2021). Kentsel Güvenlik Sorununun Çözümünde Yeni Bir Yöntem: İnsansız Hava Aracı (İHA). *Bitlis Eren Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Akademik İzdüşüm Dergisi*, 6(1), 19-39.
- ArduPilot. (2022). Retrieved from <https://ardupilot.org/Documentation>, F. (2022). Retrieved from <https://docs.flutter.dev/>
- DroneKit. (2022). Retrieved from <https://dronekit-python.readthedocs.io/en/latest/>
- Düzgün, M. (2021). Investigation of the Criteria Affecting the Decision of Use of Drone Technology In the Logistics Sector by DEMATEL Method. *Journal of Aviation*, 5(2), 249-264.
- Firestore. (2022). Retrieved from <https://firebase.google.com/>
- Flutter. (2022). Retrieved from <https://flutter.dev/>
- GitHub-Pybase. (2022). Retrieved from <https://github.com/thisbejim/Pybase>
- Guide, M. D. (2022). Retrieved from <https://mavlink.io/en/>
- Han, S., Özer, B., Barış, A., Özgür, P., & Aktin, A. T. (2019). A mathematical model for the delivery routing problem via drones. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(1), 89-97.
- Koçyiğit, F. U., Durduran, S. S., & Alkan, T. (2022). CREATING GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) DATABASE WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV) IN ARCHAEOLOGICAL AREAS; THE CASE OF ANEMURIUM ANCIENT CITY. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 10(3), 831-843.
- Navio2. (2022). Retrieved from <https://navio2.emlid.com/>
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2020). İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.
- Ulvi, C. (2022). İHA Video Verileri ile 3B Modelleme. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 24-28.
- Vikipedi. (2022). Retrieved from https://tr.wikipedia.org/wiki/Raspberry_Pi
- Yetiş, H., Güngör, Z., & Karaköse, M. (2021). Araç-İHA İşbirliği ile Kargo Teslimatları İçin Ortak Rota Optimizasyonu. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 33(2), 135-144.



5-10 Mm Kuvars Cevherini Optik Ayırıcı ile Zenginleştirerek Verimlilik ve Üretim Kalitesinin Artırılması: Uygulama Örneği

Ali Kemal Çakır^{1,*}, Ertan Karakaya²

^{1*} Adnan Menderes University, Department of Machinery and Metal Technologies, Aydın Vocational School, Adnan Menderes University, 09100, Aydın, TURKEY (ORCID: 0000-0002-2185-8108), ali.kemal.cakir@adu.edu.tr

² Mikroman Maden Co., Manager of Quality Control Department, Yatağan, Muğla, TURKEY (ORCID: 0000-0000-0000-0000), karakayaertan@gmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1185562)

ATIF/REFERENCE: Çakır, Ali Kemal., & Karakaya, Ertan., (2022). Increasing of Efficiency and Production Quality by Enriching 5-10 Mm Quartz Ore with Optical Separator: A Case Study. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 151-157.

Öz

Üretim tesislerinde, manuel diye tabir ettiğimiz el ile ayıklama yönteminin yerini giderek yaygınlaşan sensor temelli ayırma sistemleri almaya başlamıştır. Özellikle, proseslerde üretim performansını artırmak için üretim takibinin yanı sıra insan gücüne gereksinim olmadan, optik makineler ile bu işlemleri yapmak artık tercih sebebi olmaktadır.

Çalışma kapsamında optik makineleri üzerinden beslenen, istenen (beyaz) ve istenmeyen (koyu) ürün şeklinde ürün spesifikasyonu yapılmıştır. Ürün olarak ise, manuel seçimde zorluk çekilen 5-10 mm ebatlarındaki kuvars malzemeler tercih edilmiştir. Müşteri ürün kalite spektrumuna uymak için iki ayrı besleme ürün seçilmiş olup, farklı besleme hızlarındaki bu ürünlere ait veriler incelenmiştir.

Yapılan çalışma kapsamında optik makinesine giren besleme numunesinin çıkış verileri incelendiğinde, farklı besleme hızlarında (10-20 ton/sa) istenen beyaz renk üründe makine seçim verimliliği 99,3-98,4% olarak bulunmuştur. Yine farklı besleme hızlarında (10-20 ton/sa) istenmeyen ürün olan koyu renkli (Pasa) üründeki verimlilik ise 91,2-83,2% olarak elde edilmiştir. Farklı besleme miktarlarındaki pasa üründeki kaçak diye tarif edilen beyaz ürün oranları ise 8,8-16,8% olarak bulunmuştur. Bu durum besleme miktarlarındaki artıştan kaynaklı olup, koyu üründeki beyaz ürün (nihai ürün) olarak tarif ettiğimiz kaçak oranını arttırmıştır. Kalite kabul kriterine göre ürün içerisinde 1-2% oranında koyu malzeme olması ürünün işletme içindeki Mikronize ve Değirmen Üniteleri için besleme harman reçetesinde kullanılabilceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Optik Sınıflandırma, Optik Makine Verimi, Cevher Zenginleştirme.

Increasing of Efficiency and Production Quality by Enriching 5-10 Mm Quartz Ore with Optical Separator: A Case Study

Abstract

Sensor-based separation systems, which are becoming increasingly common in production facilities, have started to replace the manual sorting method. In particular, it is now preferred to carry out these operations with optical machines without the need for manpower as well as production follow-up, in order to increase the production performance in the processes.

Product specification was made in the form of desired (white) and undesired (dark) products fed through optical machines within the scope of the study. As the product, quartz materials of 5-10 mm dimensions, which are difficult to choose manually, were preferred. Two separate feeding products were selected and the data of these products at different feeding rates were examined in order to comply with the customer product quality spectrum.

When the output data of the feed sample entering the optical machine within the scope of the study was examined, the machine selection efficiency was found to be 99.3-98.4% for the desired white colour product at different feed rates (10-20 tons/h). On the other hand, the productivity in the dark coloured (waste) product, which is an undesirable product at different feed rates (10-20 tons/h), was obtained as 91.2-83.2%.

Keywords: Optical Sorting, Efficiency of Optic Sorting Mechanical, Ore Enrichment.

1. Introduction

The manual sorting method, which we call manual, is an old ore preparation application, and it still maintains its functionality today. However, this sorting method has started to be replaced by sensor-based separation systems, which are becoming increasingly common.

Automatic applications based on the surface and mineralogical properties of the material will allow the evaluation of primary and secondary sources with higher efficiency and purity thanks to these separation systems [1].

The history of sensor-based discrimination in the mining industry goes back to a hundred years. The first commercial applications in agriculture in the 1950s were followed by the raw material applications in the 1970s, and the first automatic separation equipment was brought to the sector for waste recovery in the early 1980s [1]. Since this date, as well as in mining [2-4], it has made great progress and continues to be used in the food [5] and recovery [6] industry.

In optical separation technology, the single or multiple use of sensors that can identify in a wide electromagnetic wavelength spectrum from alternating current (10^4 m) to gamma radiation (10^{12} m), makes it possible to define many different materials [7].

Optical separation technology has been a good alternative to traditional methods in the separation of minerals (intricate, etc.) that are very difficult to identify physically in the mining industry. There are many applications where enrichment studies are carried out with the use of optical separation technology. In one of these studies, Tessier et al. [8] showed that nickel ore can be enriched with an optical separator. Lane et al. [9] defined metals such as copper, lead and zinc spectroscopically and formed a data source for optical separation. Batchelor et al. [10], on the other hand, studied the pilot scale microwave classification of copper ores in their study in 2016. In their study, they found that low average moisture content, co-mineralization of copper and iron sulfides (or bulk sulfide classification) reduced drift and provided better stability performance. Gülcan and Gülsoy [11] investigated the effects of feed rate and particle size on separation performance with the use of magnesite, quartz, lignite, hematite, copper and gold ore samples. Apart from these studies, there are also different studies on the identification and enrichment of limestone [12] and chromite [13] ores with visible light source using optical sorter devices.

Although the visible light region and ore identification and enrichment studies are intensively included in the literature, there are few studies on the effect of feed amounts on the definition of the visible light source according to the physical properties of minerals. The aim of this study is to adjust the machine settings according to the color characteristics of the quartz in order to obtain the desired selection efficiency during the selection of the quartz produced in the composite stone industry with the optical machine, and thus to perform the efficient selection process.

1.1. Field of Study and Feature

The place where the study was carried out is Aydın and Muğla quartz fields, and a facility operating was chosen as an example in these regions. The company to which the selected facility is affiliated is a company that has been mining and processing quartz since 1991. Quartz rocks are blasted and crushed in open pit mines in the firm example. The company operates its own mineral

processing plants for crushing, washing and sorting of raw materials.

1.2. Minerals by Color, Composition and Size Sorted

Precise sorting is needed for quartz minerals in the study area. Therefore, sieving was done by feed material size before sorting: -20+50 mm size stones are processed with a higher priority; -5+10 mm size stones are sent to the sorting line in a separate batch. After crushing and washing (via trommel sieve), the process consists of four basic steps as the sorting process. In the first step, the minerals are sieved according to their size and only -20+50 mm stones pass to the next step. In the second stage, the optical color machine extracts the wastes and colored pebbles from the quartz pieces with a capacity of 10-12 tons/hour. In the third stage, the remaining minerals were divided into two parts, one being the white quartz mineral and the other dark quartz mineral. Finally, these two sections were manually sorted by product type, with residual gravel and waste removed. The composition and sizing processes of the processes are performed as shown in Figure 1.

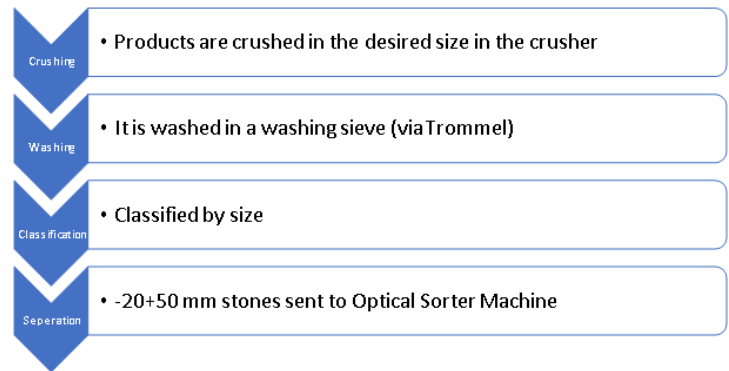


Figure 1. Composition and Sizing Process Sequence.

1.2. Optical Color (Colour) Machine Working Principle

The Optical Color (Visible light sensor) machine works for color detection and mineral extraction. Multiple material properties such as size, shape, gloss and color distribution are processed simultaneously. The lighting unit on the machine consists of technological liquid cooled LED technology. It can provide stable and repeatable sorting results. The material entering the machine is fed evenly through a vibro feeder (vibration feeder) into a channel where it is detected by the COLOR camera. This information is recorded and evaluated by electronic system. At the end of the trough is an injection module with several separate valves. If the sensor system detects the particles to be separated, individual valves are opened at the exact position and the material is expelled by means of compressed air. The extracted material is divided into two fractions in the separation chamber. These are desirable and undesirable products. The image of the Optical Color Machine is shown in Figure 2 and the working principle of the Optical Color machine is shown in Figure 3.



Figure 2. Optical Color Machine

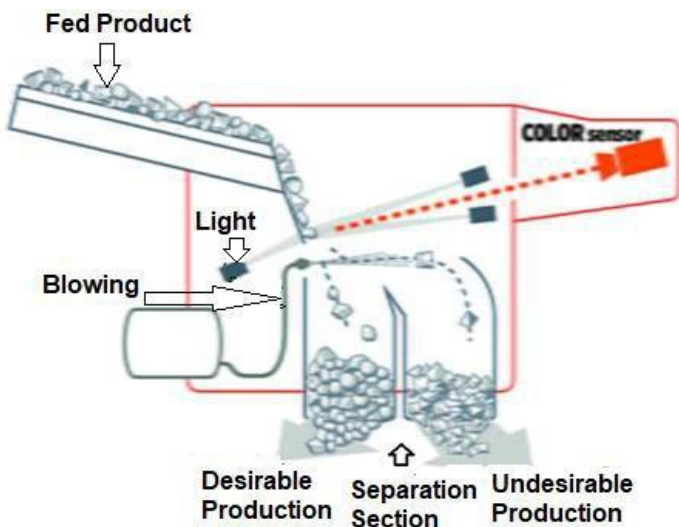
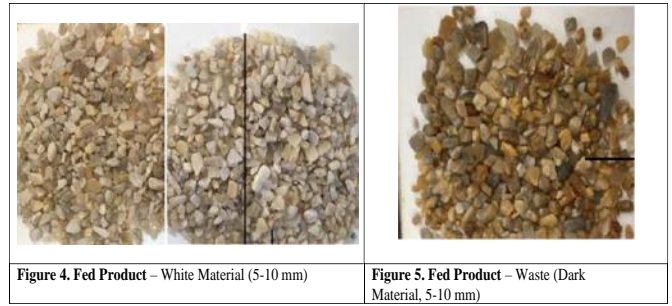


Figure 3. The Working Principle of the Optical Color Machine

2. Application

An optical sorter machine with a visible light sensitive (Color) and linear reading sensor/camera was used within the scope of the study. Product specification will be made in the form of desired (white) and undesired (dark) products fed through optical machines in the study. Firstly, a 5-10 mm white product will be fed to the optical machine, and this product will come out of the optic in white and dark colours with a size of 5-10 mm. Then, the rust (dark) product will be fed to the optical machine, and at the exit of this product, dark and white products in 5-10 mm dimensions will come out. In the control and observation of the products themselves, gram, and percentage ratios of the products on the basis of colour will be examined. Tomra Quartz Color Sorting Optical Machine, shown in Figure 2, was used to distinguish quartz minerals on a colour basis in the study. As seen in Figure 4, white feed quartz minerals of 5-10 mm were fed to the Optical machine, first of all. Then, the Pasa product shown in Figure 5 was fed.



As a result of the classification, the products are shown as dark and white product images in Figure 6 and Figure 7.

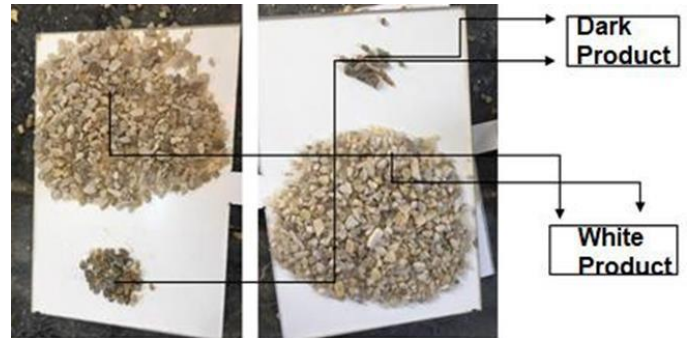


Figure 6. Visual Classification of Output White Product (White-Dark).

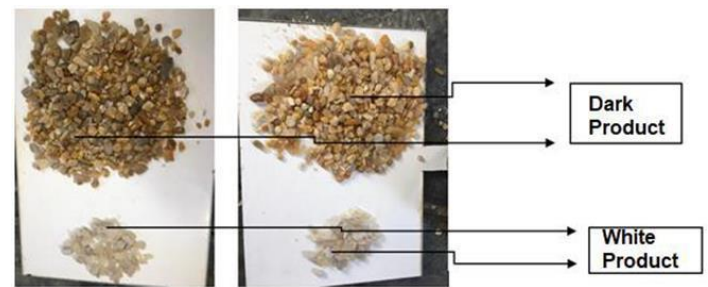


Figure 7. Visual Classification of the Removed Waste Product (Dark - White).

Two separate sensitivity settings were made for each feeding tonnage to the optical machine. Because it is to detect the fugitive product (Final white product) in the dark product by feeding the waste material other than the final product back into the system. In addition, the purpose of feeding two separate products to the system is due to the fact that a maximum of 1-1.5% of the product is allowed to leak (undesirable dark) product in order to meet the product acceptance criteria according to the customer's perspective. At other rates, the product quality will not be sufficient, and it will cause a negative situation in terms of quality in customer preference.

The second feed product, which we describe as rust in the feed product, is the product we describe as dark in the first feed product. Since these products contain white quartz materials, we feed them back to the system to recover them. In this feedback, the sensitive setting of the machine needs to be made again. Because the characteristic of the feeding product has changed (Due to the intense color feature, we change the blowing). In the first feed, the dark color product is blown in the machine sensitive

settings, while in the second feed, the final product, which we call leakage (final product in the unwanted product), is blown.

3. Findings

It is essential to determine the optimum conditions in production feeding. This is also related to the machine to be fed. In this context, it is of great importance to operate optical machines efficiently in the field of study. Machine efficiency is directly proportional to the correct feeding of the production.

The feeding tonnage settings made on the machine must be selected correctly, in order to achieve the desired efficiency during the selection of the final product in the Optic machine. Thus, by making this choice correctly, the color characteristic of the final product is also chosen correctly. In the study, weight meters were used to obtain efficiency values. The data obtained as a result of weighing the products coming out of the optical machine with a calibrated precision scale (Figure 8) are shown in Table 1.



Figure 8. Accuracy Calculation of the Products Coming Out of the Optical Machine by Weighing.

As can be seen from Table 1, while the feed amount in the Optical Unit is 10 tons/h, the white ratio in the rust (dark colored feed material) material is 12%. When the feed tonnage was increased to 15 tons per hour, it was observed that the white ratio in the rust material was 14%. When the feed tonnage is adjusted as 18 tons/h, it is seen that the white ratio in the waste material is 16%. Likewise, when the feed tonnage is adjusted to 20 tons/h, the white ratio in the rust material is 18%.

As can be seen from the values, the increase in the amount of feed increased the white ratio in the rust material up to 18%. In addition, the low amount of dark matter in the product is important according to the product Quality Acceptance criteria. According to the quality acceptance criteria, the presence of 1-2% dark material in the product showed that the product can be used in the feed blend recipe for Micronized and Milling Units in the enterprise.

Table 1. Final Amount and Percentage Calculation of Optical Machine Based Feed Products.

DATE	NAME OF UNIT	Size of Feed Product (mm)	Feed Tonnage (tons/h)	Programme Name	Adjustment of Sensivite	Band Sample of Waste Stone (Dark) Coloured				Band Sample of Final Product (White coloured)			
						Amount of Dark Prod. (gr)	Amount of White Prod. (gr)	Percentage Amount of Dark Prod. (%)	Percentage Amount of White Prod. (%)	Amount of Dark Prod. (gr)	Amount of White Prod. (gr)	Percentage Amount of Dark Prod. (%)	Percentage Amount of White Prod. (%)
15-16.01.2022	TOMRA GRAVEL OPTIC MACHINE	5-10	10	MEDIUM SENSIVITE* 5-10 mm	80-22	562	54	91,2%	8,8%	6	896	0,7%	99,3%
					90-10								
			15	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	92-28	835	140	85,6%	14,4%	14	727	1,9%	98,1%
					88-36								
			15	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	92-28	760	95	88,9%	11,1%	68	994	6,4%	93,6%
					88-36								
			15	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	90-26	765	103	88,2%	11,8%	35	1102	3,1%	96,9%
					88-36								
			15	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	88-24	771	96	88,95%	11,05%	49	989	4,7%	95,3%
					88-36								
			18	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	92-28	780	155	83,4%	16,6%	30	960	3,0%	97,0%
					88-36								
			18	MEDIUM SENSIVITE 5-10 mm	92-28	812	129	86,3%	13,7%	21	1100	1,9%	98,1%
					88-36								
			18	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	92-28	855	133	86,5%	13,5%	27	1182	2,2%	97,8%
					88-36								
			18	MEDIUM SENSIVITE5-10 mm	92-28	906	127	87,7%	12,3%	31	1098	2,7%	97,3%
					88-36								
20	MEDIUM SENSIVITE 5-10 mm	85-30	840	195	81,2%	18,8%	19	1023	1,8%	98,2%			
		80-45											
20	MEDIUM SENSIVITE 5-10 mm	85-30	856	176	82,9%	17,1%	24	1106	2,1%	97,9%			
		80-45											
20	MEDIUM SENSIVITE 5-10 mm	85-30	858	193	81,6%	18,4%	19	1005	1,9%	98,1%			
		80-45											
20	MEDIUM SENSIVITE 5-10 mm	85-30	762	154	83,2%	16,8%	17	1053	1,6%	98,4%			
		80-45											

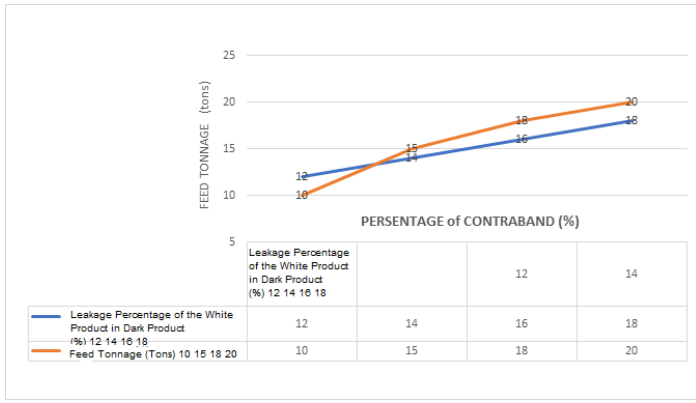


Figure 9. Product Selection and Performance Status of Optical Machine.

The maximum feeding capacity of the machine is 10t/h, and as can be seen from Figure 9, the leakage percentage increases as the feeding tonnage increases. This is an undesirable condition, and a low level of feeding capacity is a desired product quality-oriented result. However, it is ensured that the capacity is determined by considering the optimum quality spectrum, considering the production performance and the increase in costs. In the study, it is seen that the most suitable conditions for providing both the desired maximum capacity and product quality are 10 tons/h feed tonnage, as can be seen in Table 1 values and Figure 9 display. However, when the producer only considers the production performance, when the feed tonnage increases, the number of illegal products in the final product increases. Thus, there will be a decrease in revenues due to material losses that can be sold as the final product. However, there will be no reduction in production costs per ton. In addition, in feeding tonnages to be selected above the machine capacity, there may be an increase in repair costs due to early maintenance due to machine fatigue and increased deformation rate. For these reasons, the decrease in product quality and the increase in costs will not benefit the operator economically and efficiently.

3. Results and Discussions

The machine selection efficiency was found to be 99.3-98.4% for the desired white colour product at different feed rates (10-20 tons/h) when the output data of the feed sample entering the optical machine within the scope of the study was examined. The productivity value in the dark coloured (Waste Product) product, which is an undesirable product at different feed rates (10-20 tons/h), was obtained as 91.2-83.2%. The ratio of white product, which is defined as rust and leakage in the product at different feeding amounts, was found to be 8.8-16.8%. This situation is due to the increase in the amount of feed, and

it increased the leakage rate, which we describe as the white product (final product) in the dark product.

For the most part, businesses are production oriented. For this reason, they attach importance to the increase in ton-based production amounts. However, machine-based efficiency calculation is important and directly affects the production performance of the enterprise. Therefore, while determining the selection criteria depending on the material characteristics of the optical machines, it is useful to determine the most optimum feed amount values. In this context, the use of optical separators in the most optimum conditions in the ore enrichment processes of quartz minerals will increase the product quality and minimize the problems of goods supply and waste material (dark coloured). In addition, it will work with maximum capacity, ensure that the final product is produced without re-feeding, and these processes will be carried out without loss of production, considering the desired quality in the operation of the system.

4. Acknowledgment

We would like to thank Mikroman Maden Company for allowing the use of the study area and supporting the study.

References

- [1]. Gülcan E., Gülsoy Ö.Y., Sensör Temelli Ayırma Sistemleri - Optik Ayırma, Madencilik-Türkiye, s.84- 92, 2013 (In Turkish).
- [2]. C. Çelik, Cevher zenginleştirmede gelişen teknolojiler: Optik zenginleştirme, Madencilik Türkiye, 4 (2010) 40-43 (In Turkish).
- [3]. Uçurum, M., 2015. Kalsit Madenciliğinin Geleceğinde Optik Ayırma Teknolojilerinin Yeri ve Önemi, Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, Sayfalar:40-46, 2015 (In Turkish).
- [4]. Udoudo, O.B., Modelling the Efficiency of an Automated Sensor Based Sorter, Doctoral Thesis, The University of Exeter, Earth Resources Department, 215 Pages, England, 2010.
- [5]. P. Williams, K. Norris, Near-infrared technology in the agricultural and food industries, American Association of Cereal Chemists, Wisconsin, A.B.D., 1987.
- [6]. P. G. Sathish, H. Subrata, T. Atul, A review on automated sorting of source-separated municipal solid waste for recycling, Waste Manage., 60 (2017) 56-74.
- [7]. B. Murphy, J. Zyl, G. Domingo, Underground preconcentration by ore sorting and coarse gravity separation, Narrow Vein Mining Conference, Perth-West Aust., 26-27 Mart, 2012.
- [8]. J. Tessier, C. Duchesne, G. Bartolacci, A machine vision approach to on-line estimation of run-of-mine ore composition on conveyor belts, Miner. Eng., 20 (2007)1129-1144.
- [9]. G. R. Lane, C. Martin, E. Pirard, Techniques and applications for predictive metallurgy and ore characterization using optical image analysis, Miner. Eng., 21 (2008) 568-577.

- [10]. A. R. Batchelor, R. S. Ferrari-John, J. Katrib, O. Udoudo, D. A. Jones, C. Dodds, S. W. Kingman, Pilot scale microwave sorting of porphyry copper ores: Part 1-Laboratory investigations, *Miner. Eng.*, 98 (2016) 303-327.
- [11]. Gülcan E., Gülsoy Ö. Y., Performance evaluation of optical sorting in mineral processing - A case study with quartz, magnesite, hematite, lignite, copper and gold ores. *International Journal of Mineral Processing*, cilt.169, ss.129-141, 2017
- [12]. C. Snehmoy, B. Ashis, S. Biswajit, K. P. Samir, Image-based quality monitoring system of limestone ore grades, *Comput. Ind.*, 61 (2010) 391-408.
- [13]. L. Sophie, D. Godefroid, B. David, Eric P., Optical analysis of particle size and chromite liberation from pulp samples of a UG2 ore regrinding circuit, *Miner. Eng.*, 24 (2011) 1340-1347.



Position Control of Slider-Crank Mechanism

Muhammet Aydın^{1*}

^{1*} Firat University, Faculty of Engineering, Department of Mechatronics, Elazığ, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2746-9477), muhammeta@firat.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1184248)

ATIF/REFERENCE: Aydın, M. (2022). Position Control of Slider-Crank Mechanism. *European Journal of Science and Technology*, (42), 158-162.

Abstract

This paper presents the position control of the slider-crank mechanism in the simulation environment. The slider-crank mechanism was first 3D modeled in the Solidworks environment. This model was afterwards converted to xml format. The slider-crank mechanism's simulink blocks were made using the xml file from the Matlab model, which allowed the 3D model to be imported into Matlab. These Simulink blocks were used to implement the PID control approach for angle control of the model's input limb. In order to achieve this purpose, additional blocks required from the simulink have been added to other existing blocks. It has been determined that the mechanism's target reference point rotates 90 degrees in 0.01367 seconds. It was discovered that the error value was 0.03114. It is evident from the results that the mechanism's PID control method allows for quick position control with a very tiny margin of error. Solidworks is a program that may be used to create the final design of the slider-crank mechanism that will be created using this method. By deciding on the material that will be used to make the mechanism, it is simpler to achieve adequate control coefficients for practical applications when the same operations are repeated. This will free up time for additional study.

Keywords: Position control, Slider-Crank, Mechanism control, Simmechanics, Modeling.

Krank Biyel Mekanizmasının Pozisyon Kontrolü

Öz

Bu makale, simülasyon ortamında krank biyel mekanizmasının konum kontrolünü sunmaktadır. Krank biyel mekanizması ilk olarak Solidworks ortamında 3B modellenmiştir. Bu model daha sonra xml formatına dönüştürülmüştür. Krank biyel mekanizmasının simulink blokları, Matlab modelinden xml dosyası kullanılarak yapıldı ve bu, 3B modelin Matlab'a aktarılmasına izin verdi. Bu Simulink blokları, modelin giriş uzvunun açı kontrolü için PID kontrol yaklaşımını uygulamak için kullanıldı. Bu amaca ulaşmak için mevcut diğer bloklara simulinkten gerekli ek bloklar eklenmiştir. Mekanizmanın hedef referans noktasının 0.01367 saniyede 90 dereceye ulaştığı elde edilmiştir. Hata değerinin ise 0.03114 olduğu tespit edildi. Mekanizmanın PID kontrol yönteminin çok küçük bir hata payı ile hızlı pozisyon kontrolüne izin verdiği sonuçlardan açıkça görülmektedir. Solidworks, bu yöntemle oluşturulacak krank biyel mekanizmasının son tasarımını oluşturmak için kullanılacak bir programdır. Mekanizmayı yapmak için kullanılacak malzemeye karar vererek, aynı işlemler tekrarlandığında pratik uygulamalar için yeterli kontrol katsayılarına ulaşmak daha kolaydır. Bu işlem ek çalışma için zaman kazandıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Konum kontrolü, Krank-Biyel, Mekanizma kontrolü, Simmechanics, Modelleme.

* Corresponding Author: muhammeta@firat.edu.tr

1. Introduction

Mechanisms are devices that allow for the transfer of movement and change one type of movement into another. In many areas nowadays, mechanisms are used. The crank-connecting rod mechanism is one of the systems that finds widespread use. Internal combustion engines often use a crank connecting rod mechanism to convert translational movement to rotational movement, while pumps and compressors typically use a crank connecting rod mechanism to convert rotational movement to translational movement.

In the literature studies carried out so far, the position control of the crank-connecting rod mechanism is made by using the PID controller optimized with the Ziegler Nichols Method [1], the position control of the crank-connecting rod mechanism is carried out with the sliding mode controller and its dynamics are examined [2], proposed of a fuzzy mesh structure for the position control of the crank-connecting rod mechanism [3], the position control of the crank-connecting rod mechanism is made using PID fuzzy control [4], a genetic algorithm-based CTC system is proposed for the position control of the crank-connecting rod mechanism used in the ship propeller [5], the crankshaft using adaptive calculated torque technique -the position of the connecting rod mechanism is controlled [6], the output of the crank-connecting rod mechanism is connected to a pendulum, its control and dynamics are examined [7], the collective parameter approach is preferred, the dynamic behavior of the crank-connecting rod mechanism is modeled with a driving force applied in the crank-pin center, and compared in real time [8], optimum values of crank-connecting rod length were investigated for cutting multi-layered materials [9], an experienced self-adjusting PID control method was proposed for the position control of the crank-connecting mechanism [10], constant speed control to the crank-connecting rod mechanism is recommended for machine tools [11], the crank-connecting rod mechanism is used for the climbing part of the mast climbing robot [12], the crank-connecting rod is proposed as a part of the resonance control unit in the power output system [13], A self-adjusting control method based on generalized minimum variance control is proposed for the rotational speed control of the crank-connecting rod mechanism [14], crank-connecting rod is used in vibrating olive harvesters [15], crank-connecting rod is used in pressing [16], to design task space controllers for crank-connecting rod without using mechanism dynamics and linearization methods in which a new method is proposed [17] are available.

In this study, first of all, the crank-connecting rod mechanism was designed as three-dimensional using Solidworks solid modeling program. The generated crank-connecting rod mechanism was transferred from Solidworks program to Simmechanics. By using the blocks of the automatically formed mechanism, the position control of the input part of the mechanism was carried out with the PID control method.

2. Material and Method

2.1. The Slider-Crank Mechanism in Three Dimensional: Getting a Model

The Solidworks solid modeling program was used to design the slider-crank mechanism in three dimensions, which will be positioned using the PID approach. Four rotating sections were created specifically for this use. The other three movable rods have also been designed because the initial member of the slider-crank mechanism is the fixed element. By integrating the rods with the components that will allow for rotation, the solid model of the slider-crank mechanism was created. The entrance limb was moved to see if the mechanism was functional, and it was noted that the other limbs also moved.

2.2. Converting the Solid Model of the Slider-Crank Mechanism for Simulation

First, the slider-crank mechanism's xml file had to be constructed by exporting it from Solidworks in order to be imported into Matlab/Simmechanics as a solid model. Writing the xml file generated by the `smimport` command on the Matlab main command line resulted in the creation of the mechanism's Simulink blocks. The slider-crank system has been imported into Matlab, as shown in Fig. 1. The Simmechanics simulink blocks, which are created when employing the solid model of the mechanism, are also depicted in Fig. 2.

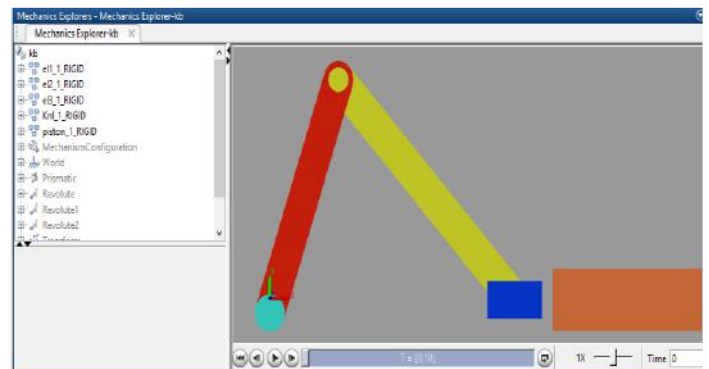


Fig. 1 Slider-Crank mechanism transferred to the Matlab

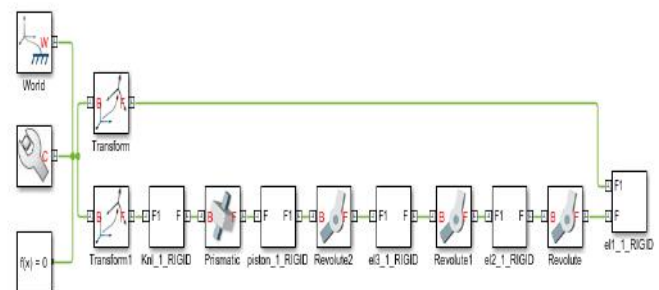


Fig. 2 Simulink blocks of slider crank mechanism

2.3. PID Control of Slider-Crank Mechanism

The mechanism that generates Simulink blocks in the blocks necessary to carry out position control in Simmechanics is added as the first step in the PID control phase. Controlling the placement of the other components of the mechanism entails

checking the position of the input member, or the portion of the mechanism where the motor is located. Only the position control of the entering limb was created because the mechanism only has one degree of freedom. The block diagram for the mechanism's PID control is shown in Fig. 3.

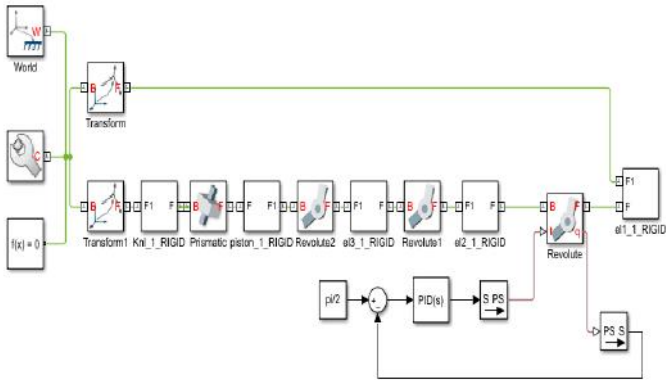


Fig. 3 Block diagram of mechanism with PID

The PID gain coefficients that were determined by calculations on the block model are shown in Fig. 4.

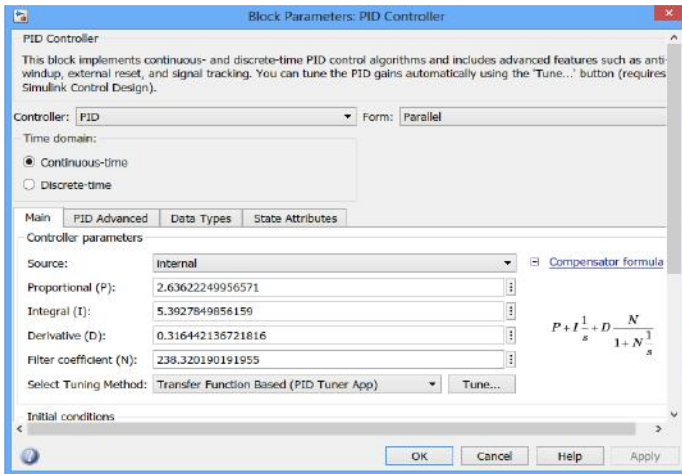


Fig. 4 PID gain coefficients

3. Results and Discussion

The position of the input member of the slider-crank mechanism was asked to attain 90 degrees using the PID control approach. The desired reference position value is given while the settling time is 0.01367 seconds, as can be shown in Fig. 6. The graph shows that 96.94 is the highest value ever attained. A maximum overshoot of 7.71% was obtained, resulting in the reference value that was desired.

Fig. 7 gives a close view of the angle value of the input limb. It is seen in the graph that it is very close to 90 degrees. It takes different values between 89.99 and 89.998 values.

The entry limb's angle value should increase to 90 degrees. The output angle value on the display screen reaches 90 degrees after the PID control is applied, as shown in Fig. 5.

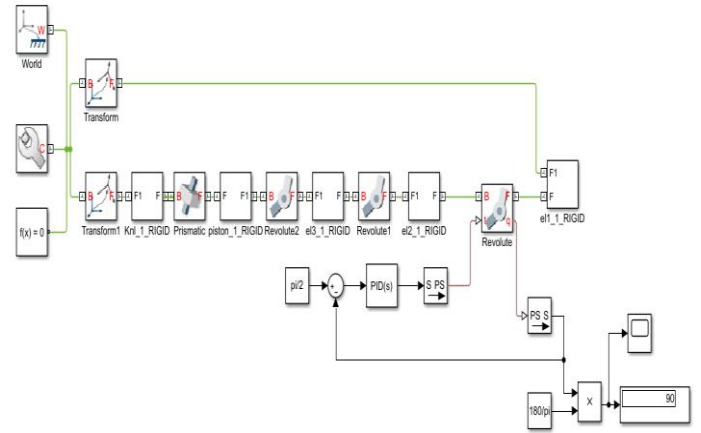


Fig. 5 Block diagram with output angle value

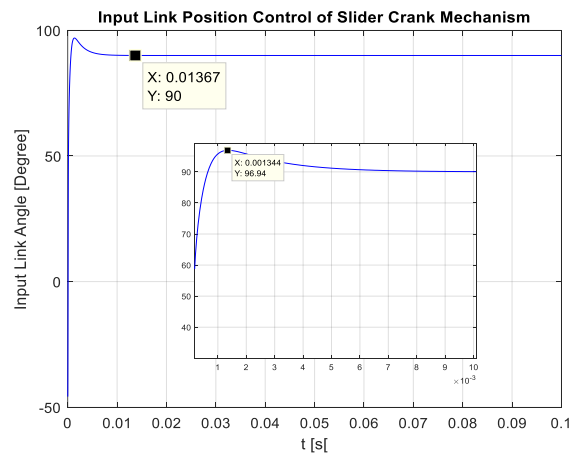


Fig. 6 Input Link Position Control of Slider Crank

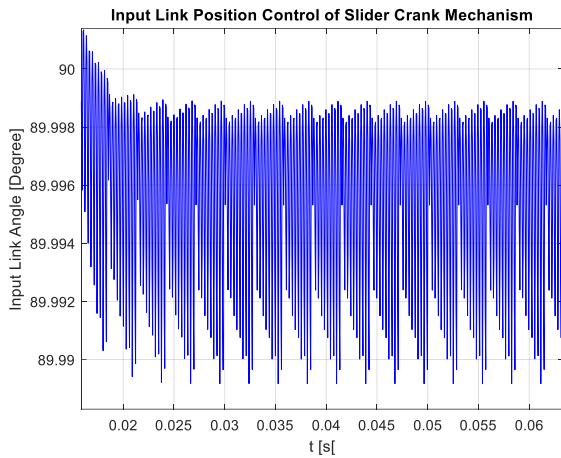
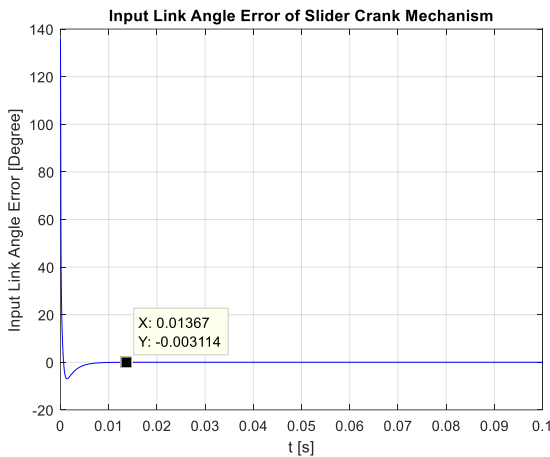


Fig. 7 Close View of Input Link Angle

The input limb's error value is displayed in Fig. 8. At the point of settling, when 90 degrees was attained, the error value was calculated to be 0.003114. It can be observed that this error value is quite modest and within acceptable bounds.



4. Conclusions and Recommendations

In this study, a solid model of the slider-crank mechanism was made, and it was then converted from Solidworks to Matlab/Simmechanics. The mechanism's position was controlled by applying the PID control approach to the blocks created in the Simmechanics environment. It was adequate to execute the position control of the input component using the slider-crank mechanism because it only has one degree of freedom. With a maximum overshoot of 7.71% and an inaccuracy of 0.003114, the movement finished in 0.01367 seconds and met the intended 90 degree reference value.

References

[1] Ahmad, F., Hitam, A. L., Hudha, K., & Jamaluddin, H. (2011). Position tracking of slider crank mechanism using PID controller optimized by Ziegler Nichol's method. *Journal of Mechanical Engineering and Technology (JMET)*, 3(2), 27-41.

[2] Lin, F. J., & Wai, R. J. (2001). Sliding-mode-controlled slider-crank mechanism with fuzzy neural network. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 48(1), 60-70.

[3] Lin, F. J., Fung, R. F., Lin, H. H., & Hong, C. M. (2001). A supervisory fuzzy neural network controller for slider-crank mechanism. *Mechatronics*, 11(2), 227-250.

Fig 8 Input Link Angle Error

Fig. 9 gives a close view of the error value of the input limb. It is seen in the graph that it is very close to 0 degrees. It takes different values between 0.011 and 0.001 values.

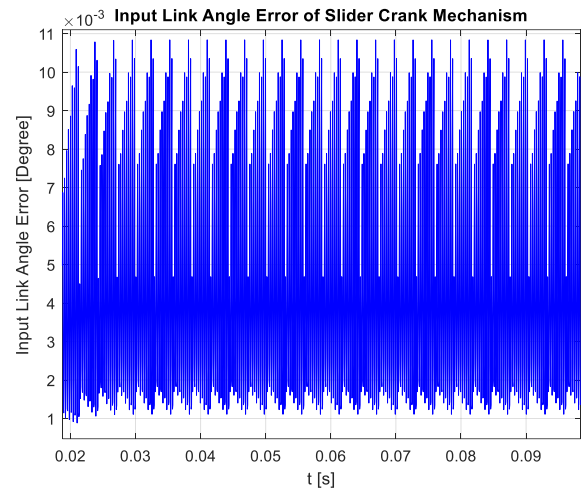


Fig. 9 Close View of Input Link Angel Error

The slider-crank mechanisms that will be created for different reasons can use the application made in this study. These systems' speeds can be controlled using PID control. Simmechanics may be used to translate mechanisms with precise dimensions and specified material properties, and blocks can be used to calculate PID control gain coefficients. Therefore, real-time applications will make use of these gain coefficients.

[4] Lee, C. D., Chuang, C. W., & Kao, C. C. (2004, December). Apply fuzzy PID rule to PDA based control of position control of slider crank mechanisms. In *IEEE Conference on Cybernetics and Intelligent Systems, 2004*. (Vol. 1, pp. 508-513). IEEE.

[5] Faraji, H., & Farzadpour, F. (2013, April). Intelligent position control of slider-crank mechanism in the ship's propeller. In *2013 3rd Joint Conference of AI & Robotics and 5th RoboCup Iran Open International Symposium* (pp. 1-7). IEEE.

[6] Lin, F. J., Lin, Y. S., & Chiu, S. L. (1998). Slider-crank mechanism control using adaptive computed torque technique. *IEE Proceedings-Control Theory and Applications*, 145(3), 364-376.

[7] Kudra, G., Balthazar, J. M., Tusset, A. M., Wasilewski, G., Stańczyk, B., & Awrejcewicz, J. (2022). Dynamics analysis and control of a pendulum driven by a DC motor via a slider-crank mechanism. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 166, 108415.

[8] Sarıgeçili, M. İ., Akçalı, İ. D. (2018). Dynamic Modeling of Slider-Crank Mechanism for Selecting Input Parameters for Desired Piston Speeds: Lumped Mass Approach. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33(4), 67-82.

[9] Atakök, G., & Balci, S. (2022). CNC Kumaş Kesim Makinesindeki Krank-Biyel Mekanizmasının Kinematik

- Analizi ve Kesici Bağlantı Uzunluklarının Performansa Etkisi. *Mühendis ve Makina*, 63(706), 41-54.
- [10]Chuang, C. W., Lee, C. D., & Huang, C. L. (2006, May). Applying experienced self-tuning PID control to position control of slider crank mechanisms. In *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2006. SPEEDAM 2006*. (pp. 652-657). IEEE.
- [11]Flores-Campos, J. A., Perrusquía, A., Hernández-Gómez, L. H., González, N., & Armenta-Molina, A. (2021). Constant speed control of slider-crank mechanisms: A joint-task space hybrid control approach. *IEEE Access*, 9, 65676-65687.
- [12] Lau, S. C., Othman, W. A. F. W., & Bakar, E. A. (2013, November). Development of slider-crank based pole climbing robot. In *2013 IEEE International Conference on Control System, Computing and Engineering* (pp. 471-476). IEEE.
- [13]Sang, Y., Karayaka, H. B., Yan, Y., & Zhang, J. Z. (2014, September). Resonance control strategy for a slider crank WEC power take-off system. In *2014 Oceans-St. John's* (pp. 1-8). IEEE.
- [14]Saito, H., Ishikawa, J., Kamamichi, N., Shiotsuki, T., & Furuta, K. (2009, August). Self-tuning control for rotational speed of slider-crank mechanism. In *2009 ICCAS-SICE* (pp. 29-33). IEEE.
- [15]Işık, E. (2002). Titreşimli zeytin hasat makinalarında kullanılan mekanizmanın kinematik analizi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2), 93-100.
- [16]Halıcıoğlu, R., & Dulger, L. C. (2013). Krank pres mekanizması: kinematik analizi ve benzetimi. 16. *Ulusal Makina Teorisi Sempozyumu, Erzurum*, 451-458.
- [17]Perrusquia, A., Flores-Campos, J. A., Torres-Sanmiguel, C. R., & Gonzalez, N. (2020). Task space position control of slider-crank mechanisms using simple tuning techniques without linearization methods. *IEEE Access*, 8, 58435-58442.



Biyokütlelerden Karbon Bazlı Nanomalzemelerin Sentezi Üzerine Kısa Bir Bakış

Filiz Boran^{1*}, Ömer Çavuş², Erol Alver³

^{1*} Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4315-9949), filizbektas@hitit.edu.tr

² Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8086-8920), omercavus7171@gmail.com

³ Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6010-6910), erolalver@hitit.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1184035)

ATIF/REFERENCE: Boran, F., Çavuş, Ö. & Alver, E. (2022). Biyokütlelerden Karbon Bazlı Nanomalzemelerin Sentezi Üzerine Kısa Bir Bakış. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 163-167.

Öz

Tarımsal atık kaynaklı biyokütleler, katma değerli karbonlu malzemelerin sentezi için bol, doğal ve uygun fiyatlı bir karbon kaynağı sunmaktadır. Bu tarımsal atıkların nano ölçekli ürünlere dönüştürülmesi, grafen tipi nanomalzemelerin ticari üretimi için çevre dostu, uygun fiyatlı, basit ve ölçeklenebilir yeni sentez yöntemlerinin geliştirilmesine dayanmaktadır. Bununla birlikte, tüm tarımsal atıklar, GO üretimi için gerekli olan karbonlu bir ürün görevi görmektedir. Buna dayanarak, bu çalışmada, bu hazırlamak için yeni biyokütle malzemeleri ve ekonomik yaklaşımlar önerilmektedir. Bununla beraber, grafen sentez yöntemlerinin avantaj ve dezavantajları tartışılarak yeşil nanoteknoloji incelenmiştir. Biyokütlelerden karbon bazlı nanomalzemelerin sentezi üzerine yapılan bazı çalışmalar incelenerek grafenin sağlık uygulamalarındaki yeri araştırılmıştır. Lignoselülozik biyokütlelerin karbon temelli nanomalzemelere nasıl dönüştürüldüğü araştırılarak mekanizması tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal atık, Yeşil sentez, Grafen oksit, Grafen, Nanomalzeme.

A Brief Overview of the Synthesis of Carbon-Based Nanomaterials from Biomass

Abstract

Biomass from agricultural waste offers an abundant, natural and affordable carbon source for the synthesis of value-added carbonaceous materials. The conversion of these agricultural wastes into nanoscale products relies on the development of environmentally friendly, affordable, simple and scalable new synthesis methods for commercial production of graphene-type nanomaterials. However, all agricultural waste acts as a carbonaceous product required for GO production. Based on this, in this study, new biomass materials and economical approaches were proposed to prepare GO. In addition, the advantages and disadvantages of graphene synthesis methods were discussed and green nanotechnology was examined. Some studies on the synthesis of carbon-based nanomaterials from biomass were examined and the place of graphene in health applications was investigated. How lignocellulosic biomass was converted into carbon-based nanomaterials was investigated and its mechanism was discussed.

Keywords: Agricultural waste, Green synthesis, Graphene oxide, Graphene, Nanomaterial.

* Sorumlu Yazar: filizbektas@hitit.edu.tr

1. Giriş

Biyokütle, genellikle biyolojik fotosentez yoluyla sentezlenebilen, doğadan türetilen bitkiler veya bitki bazlı materyaller olarak bilinir. Biyokütlenin enerji üretiminde ve başka bir kimyasal üretimde kullanılması, tarıma dayalı ülke için ekonomik büyümeye yardımcı olacaktır. Biokütlelerin değerlendirilmesi fosil yakıta olan bağımlılığın azaltılmasına, tarım, orman yönetimi, petrol ve kimya endüstrisinde daha fazla iş fırsatı yaratılmasına yardımcı olur. Küresel enerji talebinin yaklaşık %25'i biyokütle atıkları tarafından oluşturulduğu için enerji arzında hayati bir rol oynamaktadır (Kamal, Othman, and Jabarullah 2020).

İçinde bulunduğumuz yüzyıl, biyokütle yönetiminde yerel ve ticari açıdan uygun katma değerli ürünlere yönelik artan zorluklara tanık olmuştur. Bu bağlamda, biyokömürün geliştirilmesi için biyokütlenin kullanımı, bitki korumada gübre, boyaların geliştirilmesinde dolgu maddeleri, yarı iletkenler, organik sentezde yeşil kataliz ve su arıtmada adsorban gibi uygulamalar için büyük ilgi görmüştür. Bununla birlikte, nanoyapıların sentezi için yenilenebilir kaynakların kullanımı son yıllarda ilgi odağı haline gelmiştir. Ham biyokütle ve tarımsal atık, katma değerli karbonlu malzemelerin sentezi için bol, doğal ve uygun fiyatlı bir karbon kaynağı sunar. Son zamanlarda, yüksek performanslı elektronik cihazlar, su arıtma ve enerji uygulamaları için biyokütlenin değerli nano ölçekli ürünlere dönüştürülmesi, grafen tipi malzemelerin ticari üretimi için uygun fiyatlı yeni öncülleri belirleme çabasıyla bilim adamları ve endüstriden küresel olarak büyük ilgi görmektedir. Tarımsal mahsullerin üretimi ve hasadı farklı alanlarda kullanılacak tarımsal atıklar üretir. Küresel yıllık biyokütle miktarı 1×10^{10} metrik tondur; bu miktar, 2050 yılına kadar öngörülen küresel ekili alan artışına bağlı olarak artmaya devam edecektir. Ancak tarım çöplüğünün büyük bolluğu ve kötü yönetimi doğaya sorun çıkarmaktadır. Bu nedenle onu alternatif bir şekilde kullanmak gerekir. Son yirmi yılda, fullerenler, grafen ve nanotüpleri içeren karbon araştırmalarında bir dizi atılıma ve ilginç bir şekilde, biyokütle veya tarımsal atıkların termokimyasal yöntemi kullanılarak grafen üretilebildiğine tanık olduk. Bu amaçla, pirinç samanı, pirinç kabuğu, talaş, çay atıkları, kenevir, şeker kamışı küspesi, muz kabuğu, karpuz kabuğu, portakal kabuğu ve ananas yaprağı gibi tarımsal atıkların karbon bazlı nanomalzemelerin hazırlanmasında kaynak olarak kullanımına artan bir ilgi vardır. Yerkabuğunda en bol bulunan 15. elementi olan karbon, güçlü ve ayarlanabilir bir lüminesansa sahiptir ve karbondaki kuantum etkisi hem temel hem de teknolojik olarak son derece önemlidir. Karbon nanotüpler, fullerenler ve grafen gibi karbon nanomalzemeler, yüksek gerilme mukavemeti, korozyona karşı olağanüstü direnç ile mükemmel elektriksel-termal iletkenlik ve kararlılık gibi üstün fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptir (Ahuja vd. 2022; Baweja and Jeet 2019; Kamal Ghadiri vd. 2020; Karna vd. 2017; Mohan, B, and Panicker 2019; Safian, Haron, and Mohamad Ibrahim 2020; Singhal vd. 2022; Tamilselvi vd. 2020). Karbon atıklarının geri dönüştürülmesi ve grafen ile grafen okside dönüştürülmesi birçok ekonomik ve çevresel fayda sağlayabilir ve birçok uygulamada kullanılabilir (Sahila Grace ve Littis Malar 2020). Ayrıca, biyokütle kaynaklarından grafenin sürekli geliştirilmesi ve başarılı bir şekilde uygulanması, yeni işlere ve gelecekteki ekonomiyi beslemek için potansiyel olarak büyük bir gelir kaynağına yol açabilir (Saha ve Dutta 2021).

2. Grafen, Sentez Yöntemleri Avantaj ve Dezavantajları

Günümüzde gözenekli karbon, karbon nanotüpler ve grafen gibi karbonlu malzemeler, yüksek yüzey alanı ve gözenek boyutu, işlevselleştirme kolaylığı ve kimyasal olarak kararlı yapıları nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Arifin vd. 2020). Bunların arasından grafen ve türevleri, benzersiz yapıları ve fiziksel, kimyasal, termal ve diğer özellikleri nedeniyle son zamanlarda dikkat çekmektedir. Grafenin iki boyutlu (2D) altıgen kafesi, sp²-bağlı karbon atomlarından meydana gelen bir ağdan oluşur ve serbest formda kararlı olan "en ince malzemeyi" temsil eder. Sıra dışı mekanik özellikler ve iyi dağılım performansı ile birlikte mükemmel elektronik özellikler, termal iletkenlik ve yüksek yüzey alanı, grafeni kompozit malzemelerin yapısal modifikasyonu ve diğer birçok uygulama için umut verici bir aday yapmaktadır. Karbon bazlı bir diğer nanomalzeme olan grafen oksit (GO), fizik, kimya, biyoloji ve tıp dahil olmak üzere çeşitli bilimsel ve mühendislik alanlarında öngörülen geniş uygulama yelpazesi nedeniyle disiplinler arası büyük ilgi görmüştür. GO sentezlemenin orijinal yöntemi, dumanlı nitrik asit içindeki bir grafit karışımına potasyum kloratın eklenmesine dayanmaktadır. Bu sentetik protokol, konsantrasyon sülfürik asidin yanı sıra dumanlı nitrik asit kullanılarak ve reaksiyon boyunca birden fazla alikot halinde klorat eklenerek geliştirilebilir. Yaygın olarak kullanılan Hummers yönteminde grafit, konsantrasyon H₂SO₄ asidinde KMnO₄ ve NaNO₃'ün işlenmesi boyunca oksitlenir. Tüm bu prosedürler sırasında, aynı zamanda patlayıcı olan NO₂, N₂O₄ ve ClO₂ gibi çok sayıda toksik ve zararlı gaz yayılır. GO hazırlamada en önemli iki adım şunlardır: i) indirgeme (GO'dan oksijen gruplarının çıkarılması), ii) Kimyasal işlevselleştirme (GO'ya başka kimyasal işlevler ekleme). Son birkaç yılda, grafen ve grafen oksit malzemelerin sentezi için elektro-kimyasal, kimyasal, mekanik ve ultrasonik pul pul dökülme, epitaksiyel büyüme, mekanik eksfoliasyon teknikleri, kimyasal buhar biriktirme (CVD) teknikleri gibi çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Bununla birlikte, bu tekniklerin çoğu oldukça karmaşık ve pahalıdır. Ticari olarak temin edilebilen GO örneklerinin çoğu, Hummers yöntemiyle veya bunun değiştirilmiş bir versiyonuyla sentezlenmiştir. Ticari olarak temin edilebilen grafen oksidin gram başına maliyeti yaklaşık 200 dolardır (Hashmi vd. 2020; Somanathan vd. 2015). Dünya grafen pazarının ise 2022 yılına kadar 150 milyon sterlini aşması beklenirken, grafenin potansiyelini gerçekleştirmek için bu endüstriyel zorlukların üstesinden gelinmesi gerektiği bildirilmiştir (Yan vd. 2020). Bununla birlikte, grafen üretimi için ölçeklenebilir bir yöntemin nasıl oluşturulacağı konusunda zorluklar ortaya çıkmaktadır (supriadi vd. 2017). Bu yöntemler ne ölçeklenebilir ne de ekonomiktir. Bu nedenle, süper kapasitörler ve piller gibi elektrik enerjisi depolama cihazları için elektrot malzemelerinin geliştirilmesine yönelik yüksek kaliteli grafen üretimi için ölçeklenebilir, yenilenebilir ve uygun maliyetli bir süreç geliştirmek son derece rağbet görmektedir (Purkait vd. 2017).

2.1. Yeşil Nanoteknoloji

Son zamanlarda, grafen oksidi büyük, düz ve bozulmamış grafen tabakalarına dönüştürme girişimleri sırasında karşılaşılan zorluklar ve problemler birçok teorik ve deneysel araştırmaya yol açmıştır (McDonald-Wharry, Manley-Harris, ve Pickering 2013). Yeşil bazlı nanomalzemelerin sentezine odaklanan dünya çapındaki mevcut araştırma ilgisi dikkate değer bir oranda artmaktadır. Yeşil nanoteknoloji, toplumumuzun karşı karşıya olduğu küresel sürdürülebilirlik anlaşmazlıklarına verimli, uygun

maliyetli, basit ve çevresel olarak tolere edilebilir çözümler sağlama yeteneğine sahip esnek bir platform olarak ortaya çıkmıştır. Mevcut eğilime dayalı olarak, nanomalzemelerin üretiminde hammadde olarak biyokütlenin kullanılması, yerel ve küresel kirliliklerle ilgili problemlerle başa çıkmak için biyotabanlı ekonomi ve yeşil seçenekler olarak kabul edilmiştir (Amir Faiz vd. 2020). Yukarıda bahsedilen yöntemlerin dezavantajları göz önüne alındığında, biyokütleden türetilen karbonlu malzemelerin üretilmesi sadece çevresel olarak sürdürülebilir ve ölçeklenebilir değil, aynı zamanda pahalı kimyasal reaktiflerin kullanılmasına gerek olmadığı için düşük maliyetlidir. GO'nun hazırlanması için biyokütle malzemesinin öncül olarak kullanıldığı, kontrol edilebilir katman aralığı ile elde edilen grafitizasyon karbonu kullanılır. Bu noktada piroliz, biyokütle atıklarından karbon bazlı malzeme üretmek için etkili bir yöntemdir. Biyokütle atıkları (örneğin, kitosan ve glikoz) yüksek potansiyelli bir karbon besleme stoğudur. Esas olarak piroliz teknikleri ile karbonlu malzemelere dönüştürülebilirler. Piroliz proseslerinde, başlangıç materyalini oluşturan karbon zincirleri, katalizörler veya şablonlar varlığında inert atmosfer altında termal ayrışmaya uğrayarak hidrokarbonlara, aktif karbona, CNT'ye ve grafene dönüştürülür. Her kaynağın kullanımının yanı sıra uygun üretim yollarının seçiminin, üretilen grafen ve grafen ile ilgili malzemelerin nihai özelliklerini doğrudan etkilediğine dikkat edilmelidir. Atık kirliliği her geçen gün arttığından, grafen ve türevlerinin üretimi konusunda gerekli araştırmaların yapılabilmesi için bilim camiasının atık yönetimi konusundaki son gelişmelere büyük önem vermesi gerekmektedir. Literatürde, karbon bazlı kuantum noktalarının sentezinde şeker kamışı küspesi gibi tarımsal atıkların toksik olmayan bir başlangıç malzemesi olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Baweja ve Jeet 2019; Berktaş vd. 2020; Zhu, Shi, ve Chen 2015).

2.2. Biyokütlerden Karbon Bazlı Nanomalzemelerin Sentezi Üzerine Yapılan Bazı Çalışmalar

Shams ve arkadaşları, nitrojen atmosferi altında 1200 °C'de kafur yapraklarının termal pirolizi ile grafen elde etti. Primo ve diğerleri, herhangi bir katalizör veya asit yardımı olmadan hazırlanan kitosan filmlerinin tavlama ve pirolizi yoluyla ilk spin kaplama kitosan çözeltisiyle mükemmel elektronik özelliklere sahip N-katkılı grafeni sentezledi. Ayrıca, Chen ve diğerleri, dünya çapındaki muazzam üretimi nedeniyle buğday samanını bir öncü olarak seçti ve hidrotermal ve grafitleştirme işlemlerini kullanarak mükemmel elektrokimyasal özelliklere sahip yüksek kaliteli birkaç katmanlı bozulmamış grafen levhalar elde etti. Ayrıca, Ding ve diğerleri, kağıt hamuru endüstrisi atığı olan siyah likörden iletken ve şeffaf ince grafen filmleri sentezlemek için yeşil, basit ve ölçeklenebilir bir yöntem bildirdi (Berktaş vd. 2020).

2.3. Grafenin Sağlık Uygulamalarındaki Yeri

Grafen özellikle sağlık sektöründe son zamanlarda önemli bir yere sahiptir. Grafen bazlı biyoyumlu malzemelerin toplu üretimine yönelik araştırmalar, biyosensörler, arıtma membranları, sıhhi maddeler vb. gibi geniş uygulama alanları nedeniyle hız kazanmıştır. Modern çağdaki tıp ve sanitasyon endüstrisindeki en büyük zorluklardan biri, çeşitli bakteri suşlarının evriminin ve adaptasyonunun sınırlandırılmasıdır. İlaçlara ve diğer antibiyotiklere karşı bakteriyel dirençteki tutarlı iyileşme, araştırmacıları daha iyi tarama ile yeni antibakteriyel ajanlar aramaya zorlamıştır. Grafen ve grafen türevleri,

mükemmel antibakteriyel ve antimikrobiyal özellikler sergiler, terapötik teslimatları sırasında meydana gelebilecek bakteriyel ve mikrobiyal enfeksiyonları önlemek/en aza indirmek için temel bir husustur. Grafenin keskin kenarları aracılığıyla bakteri hücre zarlarını parçalayabildiği ve böylece onu bakterisidal uygulamalar için umut verici bir aday haline getirebildiği daha önceki araştırmalardan kanıtlanmıştır. İnorganik nanopartiküllerle gömülü grafenik yapılar, antibakteriyel performansları ve memeli hücrelerine karşı düşük sitotoksiteleri ile de iyi bilinmektedir (Baweja ve Jeet 2019; Valentini vd. 2018).

2.4. Lignoselülozik Biyokütleden Karbon Temelli Nanomalzemelere Dönüşüm

Lignoselülozik biyokütle, hücre duvarında bulunabilen karmaşık lifli bir malzemedir. Üç ana yapısal birim selüloz, hemiselüloz ve ligninden oluşur. Lignoselülozik biyokütle, çeşitli uygulamalarda potansiyel bir sürdürülebilir hammadde (Kamal vd. 2020). Lignin açısından zengin biyokütle, yüksek sabit karbon içeriğinin bir sonucu olarak yüksek termal stabiliteye ve düşük reaktiviteye sahip kömürler verir (Rajagopal, Komiyama, ve Borhan 2021). Literatürde "biyokarbonlar" olarak da adlandırılan lignoselülozik biyokütlerin sahip olduğu selüloz ((C₆H₁₀O₅)_n) ve hemiselüloz bileşenlerinin, grafenin altıgen kristal yapısıyla ilgili bağları olduğu ve dolayısıyla bu bileşenlerin tek tabakalı grafen tipi malzeme elde etmek için potansiyel olarak indirgenebileceği bildirilmiştir (Karami vd. 2022; McDonald-Wharry vd. 2013; Tamilselvi vd. 2020). Sentetik mekanizmada, grafen bazlı nanomalzemelerin oluşumu iki adımdan oluşmaktadır. İlk başta glikoz üretmek için selülozun hidrolizlenmesi ve grafen bazlı nanomalzemeleri elde etmek için glikozun takip eden döngüsel yoğunlaştırılmasıdır. Tüm süreç şu şekilde detaylandırılabilir: İlk olarak, deiyonize su, hidrotermal koşullar altında yüksek sıcaklık ve basınçta büyük miktarda H⁺ ve OH⁻ üretmektedir. Böylece, selülozun hidrolizi, herhangi bir asit veya selüloz yokluğunda, H⁺'nin etkisi altında art arda gerçekleşir. Daha sonra, selülozdan glikoz, selobiyoz ve levoglukozan gibi çeşitli bileşenler üretilir. Hidroliz reaksiyonunun ilerlemesiyle, glikozun ürün verimi giderek yükselir ve glikoz ana ürüne dönüşür. Sonuç olarak, glikozun hidroksil grupları, bitişik hidrojen atomları ile reaksiyona girerken, formil grupları hidroksil grupları ile reaksiyona girerek hidrotermal koşul altında glikozun dehidrasyonuna yol açar. Aynı zamanda, glikozların karbon atomları, grafen yapısının temel birimi olan aromatik halkaları oluşturmak için kovalent olarak birbirine bağlanır. Böylece, glikozlar, döngüsel yoğunlaşma yoluyla grafen kuantum noktalarına (GQD) dönüştürülür. Aynı zamanda, karbonizasyon ile karbonhidratların kalıntılarında karbür çökeltileri de oluşur. Sonunda, çökeltileri reaksiyon ürünlerinden ayırarak santrifüjleme yoluyla grafen bazlı nanomalzemeler elde edilir (Abhilash, Swetha, ve Meshram 2022).

4. Sonuç

Tüm tarımsal atıklar, GO üretimi için gerekli olan karbonlu bir ürün görevi görmektedir (Hashmi vd. 2020). Ayrıca, GO hazırlamak için yeni biyokütle malzemeleri ve ekonomik yaklaşımlar bulmak büyük bir zorluktur (Zhu vd. 2015). Çeşitli biyokütle malzemeleri arasında mısır koçanı, pirinç kabuğu, Ayçiçek sapı çalışmalarında GO'nun hazırlanması için kullanılan ucuz, çevre dostu ve yenilenebilir doğal bir malzemedir. Bu tarımsal atıklar arasından, pirinç tanelerinin koruyucu kaplaması olan pirinç kabuğu, pirinç ve yenilenebilir atıkların öğütülmesinin

bir yan üründür ve çeltik pirincinin kuru ağırlığının ağırlıkça %16-25'ini oluşturur. Dünyada yılda yaklaşık 120 milyon ton pirinç kabuğu üretilmektedir. Pirinç kabuğunun düşük yoğunluğu ve daha az ticari ilgisi nedeniyle, silika nanoparçacık sentezi dışında yüksek değerli uygulamaları genellikle fark edilmeden bırakılır. Pirinç kabuğu külü (ortam atmosferinde yanmış pirinç kabuğu yan ürünü); silika, aktif karbon, zeolitler, grafen vb. sentezinde geniş uygulamalara sahiptir. Pirinç kabuğu, evsel ve endüstriyel işlemede kullanımı sadece alternatif bir çözüm sağlamakla kalmaz bertaraf sorununa değil, aynı zamanda yakma veya depolama konularına ve bunların katma değerli ürünlere dönüştürülmesinde daha fazla faydaya değerir (Abhilash vd. 2022; Arifin vd. 2020).

5. Teşekkür

Bu çalışma, Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı tarafından finanse edilen ve Yüksek Öğretim Kurumu tarafından koordine edilen Bölgesel Kalkınma Odaklı Misyon Farklılaşması ve İhtisaslaşması Programı kapsamında Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından (Proje No: MUH19004.22.001) desteklenmiştir.

Kaynakça

- Abhilash, Vaidyanathan Swetha, and Pratima Meshram. 2022. "An Overview on Chemical Processes for Synthesis of Graphene from Waste Carbon Resources." *Carbon Letters* 32(3):653–69.
- Ahuja, Vishal, Arvind Kumar Bhatt, Sunita Varjani, Kwon Young Choi, Sang Hyoun Kim, Yung Hun Yang, and Shashi Kant Bhatia. 2022. "Quantum Dot Synthesis from Waste Biomass and Its Applications in Energy and Bioremediation." *Chemosphere* 293(September 2021):133564.
- Amir Faiz, M. S., C. A. Che Azurahaman, Y. Yazid, A. B. Suriani, and M. J. Siti Nurul Ain. 2020. "Preparation and Characterization of Graphene Oxide from Tea Waste and Its Photocatalytic Application of TiO₂/Graphene Nanocomposite." *Materials Research Express* 7(1).
- Arifin, Nur Fatimah Tajul, Norhaniza Yusof, Ahmad Fauzi Ismail, Juhana Jaafar, Farhana Aziz, and Wan Norhayati Wan Salleh. 2020. "Graphene from Waste and Bioprecursors Synthesis Method and Its Application: A Review." *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences* 16(3):342–50.
- Baweja, Himani, and Kiran Jeet. 2019. "Economical and Green Synthesis of Graphene and Carbon Quantum Dots from Agricultural Waste." *Materials Research Express* 6(8).
- Berktaş, İlayda, Marjan Hezarkhani, Leila Haghghi Poudeh, and Burcu Saner Okan. 2020. "Recent Developments in the Synthesis of Graphene and Graphene-like Structures from Waste Sources by Recycling and Upcycling Technologies: A Review." *Graphene Technology* 5(3–4):59–73.
- Hashmi, Ayesha, Ajaya K. Singh, Bhawana Jain, and Ambrish Singh. 2020. "Muffle Atmosphere Promoted Fabrication of Graphene Oxide Nanoparticle by Agricultural Waste." *Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures* 28(8):627–36.
- Kamal, Afiqah Samsul, Rapidah Othman, and Noor H. Jabarullah. 2020. "Preparation and Synthesis of Synthetic Graphite from

Biomass Waste: A Review." *Systematic Reviews in Pharmacy* 11(2):881–94.

- Kamal Ghadiri, Seid, Hossein Alidadi, Nahid Tavakkoli Nezhad, Allahbakhsh Javid, Aliakbar Roudbari, Seyedeh Solmaz Talebi, Ali Akbar Mohammadi, Mahmoud Shams, and Shahabaldin Rezania. 2020. "Valorization of Biomass into Aminofunctionalized Bio Graphene for Efficient Ciprofloxacin Adsorption in Water-Modeling and Optimization Study." *PLoS ONE* 15(4):1–19.
- Karami, Maryam, Qahtan A. Yousif, Mojgan Ghanbari, Kamran Mahdavi, and Masoud Salavati-Niasari. 2022. "Green Fabrication of Graphene Quantum Dots from Cotton with CaSiO₃ Nanostructure and Enhanced Photocatalytic Performance for Water Treatment." *International Journal of Hydrogen Energy* 47(11):7228–41.
- Karna, Priya, Madhav Ghimire, Sanjay Mishra, and Sunil Karna. 2017. "Synthesis and Characterization of Carbon Nanospheres." *OALib* 04(05):1–7.
- McDonald-Wharry, John, Merilyn Manley-Harris, and Kim Pickering. 2013. "Carbonisation of Biomass-Derived Chars and the Thermal Reduction of a Graphene Oxide Sample Studied Using Raman Spectroscopy." *Carbon* 59:383–405.
- Mohan, Anu N., Manoj B, and Sandhya Panicker. 2019. "Facile Synthesis of Graphene-Tin Oxide Nanocomposite Derived from Agricultural Waste for Enhanced Antibacterial Activity against *Pseudomonas Aeruginosa*." *Scientific Reports* 9(1):1–12.
- Purkait, Taniya, Gunet Singh, Mandeep Singh, Dinesh Kumar, and Ramendra Sundar Dey. 2017. "Large Area Few-Layer Graphene with Scalable Preparation from Waste Biomass for High-Performance Supercapacitor." *Scientific Reports* 7(1):1–14.
- Rajagopal, Rajapandian, Masaharu Komiyama, and Azry Borhan. 2021. "Preparation of Graphene Oxide from Lignin by Gel Combustion Method and Its Performance as Supercapacitor." *E3S Web of Conferences* 287:04007.
- Safian, Muhammad Taqi-udeen, Umirah Syafiqah Haron, and Mohamad Nasir Mohamad Ibrahim. 2020. "A Review on Bio-Based Graphene Derived from Biomass Wastes." *BioResources* 15(4):9756–85.
- Saha, Jhantu Kumar, and Animesh Dutta. 2021. *A Review of Graphene: Material Synthesis from Biomass Sources*. Springer Netherlands.
- Sahila Grace, A., and G. S. Prabha Littis Malar. 2020. "Synthesis and Characterization of Graphene Oxide from Coconut Husk Ash." *Oriental Journal of Chemistry* 36(02):348–52.
- Singhal, Kavita, Sameena Mehtab, Minakshi Pandey, and M. G. H. Zaidi. 2022. "Sustainable Development of Graphene Oxide from Pine Leaves for Electrochemical Energy Storage and Corrosion Protection." *Current Research in Green and Sustainable Chemistry* 5(September 2021):100266.
- Somanathan, Thirunavukkarasu, Karthika Prasad, Kostya Ostrikov, Arumugam Saravanan, and Vemula Krishna. 2015. "Graphene Oxide Synthesis from Agro Waste." *Nanomaterials* 5(2):826–34.

- supriadi, cipta panghegar, Evvy Kartini, Wagiyo Honggowiranto, and Kris Tri Basuki. 2017. "Synthesis and Characterization of Carbon Material Obtained from Coconut Coir Dust by Hydrothermal and Pyrolytic Processes." *International Journal of Technology* 8(8):1470.
- Tamilselvi, R., M. Ramesh, G. S. Lekshmi, Olha Bazaka, Igor Levchenko, Kateryna Bazaka, and M. Mandhakini. 2020. "Graphene Oxide-Based Supercapacitors from Agricultural Wastes: A Step to Mass Production of Highly Efficient Electrodes for Electrical Transportation Systems." *Renewable Energy* 151:731–39.
- Valentini, F., A. Calcaterra, V. Ruggiero, Di Giacobbe, and M. Botta. 2018. "Graphene as Nanocarrier in Drug Delivery." *JSM Nanotechnol Nanomed* 6(1):1060.
- Yan, Yuxin, Fathima Zahra Nashath, Sharon Chen, Sivakumar Manickam, Siew Shee Lim, Haitao Zhao, Edward Lester, Tao Wu, and Cheng Heng Pang. 2020. "Synthesis of Graphene: Potential Carbon Precursors and Approaches." *Nanotechnology Reviews* 9(1):1284–1314.
- Zhu, Linlin, Tiejun Shi, and Ying Chen. 2015. "Preparation and Characteristics of Graphene Oxide from the Biomass Carbon Material Using Fir Powder as Precursor." *Fullerenes Nanotubes and Carbon Nanostructures* 23(11):961–67.



Polimerik Süngerlerin Post Modifikasyonunda LbL Tekniğinin Yeri Hakkında Bir Derleme

Merve Okutan^{1*}

^{1*} Hitit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Çorum, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3110-0675), merveokutan@hitit.edu.tr

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15 - 18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1182982)

ATIF/REFERENCE: Okutan, M. (2022). Polimerik Süngerlerin Post Modifikasyonunda LbL Tekniğinin Yeri Hakkında Bir Derleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (42), 168-175.

Öz

Çok yönlü ve çok katmanlı tabaka tabaka (LbL) kaplamalar uzun yıllardan beri araştırmacıların ilgisini çeken bir konudur. Bu durumu ortaya çıkaran temel sebepler, yaklaşımın çok yönlülüğü ve istikrarlı bir şekilde artmaya devam eden geniş bir uygulama yelpazesine sahip olmasıdır. Kontrollü yüzey modifikasyonu ileri malzemeler geliştirmenin de anahtarı olduğundan, nano ölçekte yapılandırılmış malzemelerden LbL esaslı olanların hazırlanması ve uygulama alanlarının araştırılması giderek daha popüler hale gelmektedir. Bu çalışmalarda ele alınan uygulama alanları arasında -çevre kirliliğinin önlenmesi/iyileştirilmesi, ekolojik denge ve çevresel kaynakların korunması, ekonomik sürdürülebilirliğin gözetilmesi vb. de öne çıkarılarak- atık arıtımı, membran uygulamaları, süperhidrofobik kaplamalar, ultraviyole koruyucu kaplamalar, elektroaktif kaplamalar, hücre uygulamaları vb. bulunmaktadır. Süperhidrofobiklik ve süperhidrofobik özelliğe sahip malzemeler, kendi kendini temizleme özellikleri nedeniyle hem akademiye hem de endüstride büyük ilgi görmektedir. Nanoteknolojinin ortaya çıkmasıyla birlikte, süperhidrofobikliğe ulaşmak için yüzey mimarisinin ve yüzey kimyasının kontrol edilmesini sağlamak mümkündür. Süperhidrofobik yüzeylerin benzersizliği sayesinde bu konudaki ilerlemelerin gelecekte onlarca yıl sürmesi beklenmektedir. Bu derleme çalışması son yıllarda kontrolü daha da zor hale gelen çevresel problemlerden birisi olan sulardaki yağsı kirliliklerin/organik atıkların giderimine yönelik olarak önerilen süngerik sorbentlere odaklanmaktadır. Bu bağlamda, süngerik sorbentlere LbL tekniği ile kazandırılmış çeşitli özellikler yanında temelde hidrofobik/süperhidrofobik karakter kazandırılmış polimerik süngerlere ilişkin avantaj/dezavantajlar irdelenerek yapılan çalışmalar gözden geçirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tabaka tabaka kaplama, Polimerik sünger, Hidrofobik.

A Review On The Role Of LbL Technique In Post Modification Of Polymeric Sponges

Abstract

Multipurpose and multilayered layer-by-layer (LbL) coatings have been a topic of interest to researchers for many years. The main reasons for this situation are the versatility of the approach and the wide range of applications that continue to increase steadily. Since the controlled surface modification is also the key to developing advanced materials, the preparation of nano-structured materials based on LbL and the investigation of their application areas are becoming more and more popular. Among the application areas covered in these studies -preventing/improving environmental pollution, protecting ecological balance and environmental resources, observing economic sustainability, etc. also highlighting- waste treatment, membrane applications, superhydrophobic coatings, ultraviolet protective coatings, electroactive coatings, cell applications, etc. exists. Superhydrophobicity and materials with superhydrophobic property are of great interest in both academia and industry due to their self-cleaning properties. With the progress of nanotechnology, it is possible to control surface architecture and surface chemistry to achieve superhydrophobicity. Thanks to the uniqueness of superhydrophobic surfaces, advancements in this area are expected to continue for decades. This review study focuses on sponge

* Sorumlu Yazar: merveokutan@hitit.edu.tr

sorbents recommended for the removal of oily pollutants/organic wastes in water, which is one of the environmental problems that have become more difficult to control in recent years. In this context, the advantages/disadvantages of polymeric sponges with essentially hydrophobic/superhydrophobic character, as well as the various properties that have been imparted to sponge sorbents with the LbL technique, have been reviewed.

Keywords: Layer by layer coating, Polymeric sponge, Hydrophobic.

1. Giriş

Katı yüzeylerin ıslatılabilirliği ve ıslatılabilirliğin kontrolü; fizik, kimya, biyoloji, malzeme ve mühendislik gibi pek çok çalışma alanı için önem taşıyan bir konudur. Temelde ıslatılabilirlik yüzey üzerine damlatılan suyun sahip olduğu temas açısıdır ki bu açı 90°'den büyükse yüzey hidrofobik ve 150°'den büyük ise de süperhidrofobik olarak tanımlanır. Doğa her zaman araştırmacıların ilgisini çeken ve onu taklit ederken yeni teknolojilere erişilmesine imkan sağlayan fenomenlerle dolu olması nedeniyle kuvvetli bir motivasyon kaynağı olmuştur. Doğada yer alan nilüfer yaprakları, su eğrelti otu (*salvinia molesta*) ve su böceklerinin bacakları gibi örneklerden ilham alınarak, hem akademik hem de endüstriyel uygulamalar açısından ilgi çekici olan süperhidrofobik yüzeyler, parçacıklar, süngerler, aerojeller vb. araştırmacılar tarafından çalışılmakta ve tasarlanmaya devam edilmektedir. Çünkü süperhidrofobik özellik malzemenin yapışma direnci, buzlanma direnci, kirlenme direnci ve kendi kendini temizleme gibi özelliklerinin öne çıktığı anten ve camlara karın yapışmaması, deniz taşıtları için kirlenme önleyici boyalar, leke dirençli kıyafetler, kendi kendini temizleyen taşıt ön camları, yağ-su ayırma işlemleri, mikro akışkanlar, kontrollü ilaç salınımı gibi uygulamalar açısından elzemdir (Darmanin & Guittard, 2015; L. Li vd., 2016; X. M. Li vd., 2007).

Bu uygulama alanlarının belki de en önemlilerinden birisi, küresel bir öncelik haline gelen bir araştırma alanı olması sebebiyle, su kaynaklarında kirliliğe sebep olan yağ ve petrol türevlerinin giderimidir. Ham petrol sızıntıları, petrokimya ve metalürji endüstrileri, ilaç fabrikaları ve toksik organik çözücüler küresel ölçekte ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır. Yerinde yakma, kimyasal oksidasyon, yüzeyden sıyırma, filtrasyon ve sorpsiyon da dahil olmak üzere petrol sızıntıları, yağsı maddeler ve organik döküntüler için bazı temizleme tekniklerine ilişkin çalışmalar literatürde bulunmaktadır. Bunların arasında yerinde yakma, kimyasal dispersantlar, yüzeyden sıyırma gibi teknikler kullanım sonrası ikincil kirlilikler oluşturmaları, yüksek işletme maliyetleri ve yüksek enerji gereksinimleri gibi dezavantajlara sahiptir. Diğer taraftan su veya polar olmayan organik bir çözücünün sadece birinin geçişine izin veren membranlar veya ızgaraların kullanıldığı filtrasyon ile doğrudan suyu iterken yağ tıkanan aerjel, sünger/köpük gibi fonksiyonel malzemelerin kullanımına dayanan sorpsiyon teknikleri ise etkili, ucuz ve minimum çevresel etkiye sahip olanlardır (Vásquez vd., 2019). Büyük miktarda suya uygulanmasını zorlu kılan, temizlenecek suyun toplanmasının ardından yerçekimi etkisiyle ayrılmasını gerektiren filtreleme ile karşılaştırıldığında ise yine sorpsiyon tekniği daha basit ve etkili olması sebebiyle, petrol sızıntılarını ve organik çözücülerini gidermek için yaygın olarak tercih edilen bir yöntem haline gelmiştir (Zhang vd., 2020).

Yağ ve çözücülerin sorpsiyonu için yüksek yağ sorpsiyon kapasitesine ve yağ-su seçiciliğine sahip, yeniden

kullanılabilecek ucuz ve çevre dostu malzemeler gerekmektedir (Kong vd., 2018). Bilindiği üzere sorbentler fiziksel veya kimyasal etkileşim için geniş yüzey alanı sağlayarak, kirlilik oluşturan bileşeni adsorplayarak ve/veya absorplayarak geri kazanan malzemelerdir. Sularda meydana gelen sızıntı/dökülme/deşarj kaynaklı kirliliğin temizliğinde önemli bir rol oynarlar ve iki şekilde kullanılabilirler: engeller gibi çevreleme araçlarına yedek olarak su veya karadaki dökülmelerin son izlerini temizlemek için pasif bir temizleme aracı olarak veya çok küçük dökülmeler için birincil kurtarma aracı olarak. Sorbentler doğal veya sentetik malzemeler olabilirler. Doğal sorbentler organik (ağaç kabuğu veya ahşap fiberi, kuş tüyü, turba yosunu, saman vb.) ve inorganik malzemeler (kil, perlit, vermikülit vb.) olarak gruplandırılabilir. Sentetik sorbentler ise polimer esaslı ve karbon esaslı ürünlerden oluşmaktadır. Sorbentlerin kullanımında ana kısıtlama yüksek sermaye maliyeti ve sorbent malzemenin özelliklerine bağlı olarak düşük sorpsiyon kapasitesidir. Bazı sorbentler de hem yağ hem de suyu tutmalarından dolayı bir süre sonra suda batabilirler. Sentetik organik sorbentlerden polimerik olanlar (poliüretan, polipropilen, polietilen ve çapraz bağlı polimerler) hidrofilik ve oleofilik karakter taşımaları sebebiyle yağ dökülmelerine karşı yaygın olarak kullanılan ticari malzemelerdir. Bununla birlikte bu sorbentlerin tek başına sorpsiyon kapasitesi çok da yüksek değildir (Fingas, 2011; H. Li vd., 2012). Bugüne kadar, inorganik sorbentler, doğal organik sorbentler ve sentetik organik sorbentler gibi çeşitli malzeme türleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Ancak sorpsiyon kapasitesi, yeniden kullanılabilirlik ve düşük maliyetle büyük miktarda üretilebilme ölçütlerini de karşılayabilecek ideal yağ emici maddeler elde etmek hala zorlu bir süreçtir.

2. Polimerik Süngerler/Köpükler ve Kullanım Alanları

Polimerik süngerler/köpükler bir polimer matrisi ve bir gaz fazından oluşan iki fazlı malzemelerdir. Görünüşte basit olan bu tanım nihai fiziksel özellikler açısından muazzam bir karmaşıklık engellemektedir; çünkü her bir fazın özellikleri, fazların geometrik konfigürasyonu (boyutlar veya dağılım açısından) ve aralarındaki etkileşimlerde önemli bir rol oynamaktadır. Bu malzemeler, yastıklar ve şilteler, termal ve akustik yalıtım, paketleme, mobilya, mühendislik malzemeleri, konut dekorasyonu ve elektronik cihazlar vb. dahil olmak üzere çok çeşitli uygulamalarda kullanım alanı bulan malzemelerdir. Metalik ve inorganik (örneğin seramik ve cam) gözenekli alternatifleriyle karşılaştırıldığında, polimerik gözenekli malzemeler önemli ölçüde daha hafif (düşük yoğunlukları nedeniyle), daha düşük maliyetli ve daha geniş bir basınç dayanımı yelpazesine sahip olduklarından (elastikten esneğe, yarı rijitten rijite kadar) ilgi çekici olmakla birlikte, sprey köpürtme dahil olmak üzere bir dizi yöntem kullanılarak önemli ölçüde düşük sıcaklıklarda üretilebilirler. Bununla birlikte, nano-hüresel

polimerler ile polimer ve nanokompozit köpüklerin geliştirilmesi, elektromanyetik kalkanlama, enerji depolama, su iyileştirme uygulamaları gibi konularda köpük özelliklerinin daha fazla anlaşılması ve kullanılması, potansiyel uygulamalarını genişletmektedir.

Son zamanlarda, yağı emip suyu itebilen hidrofobik ve oleofilik karakterdeki polimerik köpüklerin geliştirilmesi vasıtasıyla yüksek verimli ayırma yaklaşımları önerilmektedir. Birbirine bağlı açık gözenekli yapılarıyla ilişkili olarak, yağ veya suya karşı olağanüstü afinitelerinden dolayı (veya itmeden dolayı) fonksiyonel yüzeyler ve gözenekli yapılarıyla bazı polimerik sorbentler yağ veya çözücü temizliğinde, ağır metal iyonlarını sudan uzaklaştırmada ve gümüş/bakır gibi nanopartiküller ekleyerek bakterisit su filtreleri geliştirmek gibi uygulama alanlarında kullanılmaktadır (Barroso-Solares vd., 2018; Sakhadeo & Patro, 2022; Suethao vd., 2020).

Köpük şeklindeki poliüretan (PU) ve melamin (MF) gibi ticari olarak temin edilebilen malzemeler; elastisite, boyut kontrollü üretim, düşük maliyet, geniş bir özgül alana ve emilim için yeterli boşluğa sahip olmaları gibi sebeplerle dikkat çekmektedirler. Örneğin MF, melamin ve formaldehitin kondenzasyon polimerizasyonu sonucunda elde edilen bir kopolimerdir. İşlenmemiş MF hidrofilitiktir ve bu durum yağ ile suyu ayırabilmesi için kimyasal modifikasyonlarının yapılmasını gerektirir. Temel olarak hidrofilik MF'nin hidrofobik hale getirilebilmesi için hidrofobik fonksiyonel grupların aşılması, MF yüzeyine hidrofobik karakter sağlayacak monomerlerin polimerizasyonu, karbonizasyon veya indirgenmiş grafen oksit, Fe₃O₄ vb. nanomalzemelerin sünger yapısına emdirilmesi gibi teknikler kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu gibi yöntemler hem pahalı modifikasyon ajanlarının ve toksik kimyasalların, hem de UV ışını, ultrases, mikrodalgı ve bazı inert gazlar altında yüksek ısıl işlem kullanılmasını gerektirebilir. Tüm bu dezavantajlar MF'nin endüstriyel olarak hidrofobik modifikasyonunu dolayısıyla yağ-su ayırmak amacıyla yaygın kullanımını sınırlamaktadır (Feng vd., 2017). MF modifikasyonu için literatürde farklı yaklaşımlar uygulanmıştır. Li ve çalışma arkadaşları, bakır nanoparçacıklarının MF üzerine bakır asetatın hidrazin hidrat ile indirgenmesiyle eş anlı olarak kaplandığını rapor etmişlerdir. Elde ettikleri modifiye MF'nin petrol, zeytinyağı, dizel, soya yağı, aseton, karbon tetraklorür, kloroform, toluen ve sikloheksan için 60-145 g/g aralığında değişen absorpsiyon kapasitesine sahip olduğunu tespit etmişlerdir (Z. Li vd., 2019). Sun ve çalışma arkadaşları, MF'ye modifikasyonla oleofilik özelliğin yanı sıra anti bakteriyel özellik kazandırmayı amaçlamışlardır. Grafen oksit içeren çözelti ortamına AgNO₃ ve p-fenilendiamin eklemişler, grafen oksitin indirgenmesini ise dopamin kullanarak sağlamışlardır. Nanokompozit emdirilen MF'nin absorpsiyon kapasitesinin farklı yağ ve organik çözücüler için 30-50 g/g arasında olduğunu belirtmişlerdir (Sun vd., 2019). Shang ve çalışma arkadaşları MF, paslanmaz çelik ızgara, naylon ağ ve pamuk kumaş gibi ticari ürünleri PDA ve 1H,1H,2H,2H-perflorodekantiyol varlığında modifiye etmişlerdir. Çalışmalarıyla, substrat türü farklı olsa da oda sıcaklığında su/etanol/amonyak/dopamin karışımına daldırılarak substrat yüzeyinde lotus yaprağına benzer bir yapının elde edilebileceğini göstermişlerdir. Modifiye MF için absorpsiyon kapasitesinin petrol, petrol eteri, n-hekzan, aseton, etanol, soya yağı, motor yağı, metil silikon yağı, diklorometan, triklorometan ve tetraklorometan için 60-80 g/g aralığında değiştiğini belirlemişlerdir (Shang vd., 2016).

Yaygın araştırılan bir diğer malzeme olarak poliüretan köpük (PUF) büyük ölçekte imalata uygun, düşük maliyetli, düşük görünür yoğunluk ve yüksek fiziksel/kimyasal dayanıma sahip, hava koşullarına karşı yüksek dayanıklılık ve düşük ısıl iletkenlik sergileyen, esnek ve gözenekli hidrofilik bir polimerdir. Özellikle gözenekli yapıları, mükemmel elastisitetleri ve yüzeydeki çeşitli kimyasal modifikasyonlardan kaynaklanan kayda değer bir sorpsiyon kabiliyetine sahip olmaları nedenleriyle PUF kompozitleri yağ-su ayırma sorbenti olarak yoğun bir şekilde araştırılmaktadır (Kong vd., 2018). Bununla birlikte PUF heterojen bir yağ-su sistemine daldırıldığında hem suyu hem de yağı çekebildiği için düşük yağ seçiciliğine sahiptir. Çünkü di-/poli- fonksiyonel hidroksil (poliol) veya amino içeren bileşiklerin di-/poli-izosiyanatlarla reaksiyonu sonucunda oluştuğu için PU'nun hem yağı hem de suyu emmesini sağlayan çok sayıda eter, ester, karbamat ve amit grubu bulunmaktadır. Sorbent olarak verimli olabilmesi için, yüksek sorpsiyon kapasitesine sahip olmanın yanı sıra, bu malzemelerin suyu itmesi, yani hidrofobik karaktere sahip olması, bir diğer ifadeyle suyun gözeneklerine girmesine izin vermemesi gerekmektedir. Aynı zamanda bu malzemeler oleofilik karaktere de sahip olmalı yani yağı çekmelidir. Bu nedenle, polar olmayan PUF yüzeyi oluşturup, heterojen bir sistemde polar olmayan sıvıların sorpsiyon işleminde etkinliğini artıran ve sonuç olarak su gibi polar sıvıların sorpsiyon kapasitesini azaltan bir modifikasyonun uygulanması gerekmektedir. Bu bağlamda gözenekli morfolojiye sahip PUF yüzeyinin yapıda bulunan hidrofilik gruplarla etkileşime geçecek moleküllerle kaplanması yöntemi uygulanabilir bir seçenektir. Fenner ve çalışma arkadaşları sorpsiyon çevrimlerinden sonra sorbent emme kapasitesini korumak için diizosiyanat kullanarak hidrofobik ve oleofilik özelliklere sahip sorbentlerin üretimi için grafen oksit (GO) ile PU köpüklerin kolay ve ucuz şekilde kaplanması üzerine çalışmışlardır. Ayrıca GO'nun iki farklı çözücü (etanol ve petrol eteri) içindeki dağılımı ve PU kaplama üzerindeki etkilerini karşılaştırmışlardır. Hazırladıkları GO katkılı köpüklerin petrol için sorpsiyon kapasitesini yaklaşık olarak 60 g/g olarak belirlemişlerdir. Li ve arkadaşları PUF yapısını oleofilik/hidrofilik yapmak amacıyla yüzeyi yağ ve apolar çözücülere karşı afiniteye sahip bir monomer olan laurilmetakrilat ile kaplamışlar ve modifiye edilmiş PUF küplerin su emiliminin %24-50 azaldığını, dizel veya gazyağı emiliminin %18-27 arttığını rapor etmişlerdir. Wu ve arkadaşları silika solü ve gazolin ile modifiye edilen PUF sorbentinin hem statik hem de dinamik koşullar altında 100 g'dan fazla motor yağını adsorbe edebilirken yalnızca 0,1 g'dan daha az su tuttuğunu rapor etmişlerdir (Fenner vd., 2018; Keshavarz vd., 2015; H. Li vd., 2012; D. Wu vd., 2014).

Literatüre göre, daha düşük yüzey enerjisine sahip olan malzemelerin su ile verdikleri temas açılarının daha yüksek olması ve hali hazırda hidrofobik olan bir yüzeyin pürüzlülüğünün artırılmasıyla hidrofobik karakterin iyileştirilebilmesi bilgilerinden yola çıkılarak; pürüzlü bir mikroyapı ve düşük yüzey enerjisine sahip malzemelerin kombinasyonuyla süperhidrofobik yüzeyler hazırlamanın mümkün olduğu açıktır. Seçilen yüzeylerin hidrofobik/süperhidrofobik hale getirilmesi için uygulanan işlemler arasında yukarıdan aşağıya yaklaşımlar olarak adlandırılan litografi, kalıp-esaslı teknikler ve plazma işlemleriyle aşağıdan yukarıya yaklaşımlar olarak adlandırılan kimyasal depozisyon, koloidal oluşum, kendi kendine oluşma, LbL yaklaşımı, sol-jel metodu gibi pek çok farklı teknik bulunmaktadır (Darmanin & Guittard, 2015; L. Li vd., 2016; X. M. Li vd., 2007).

3. Tabaka Tabaka (LbL) Tekniğinin Esasları

Tabaka tabaka (LbL) kaplama yöntemi, farklı malzemeler arasındaki sinerjinin basit ve düşük maliyetli bir şekilde elde edilebildiği nano yapıları filmlerin üretiminde kullanılan bir yaklaşımdır (Crespilho vd., 2006). Decher ve çalışma arkadaşları tarafından, substratın doğası ve boyutundan büyük ölçüde bağımsız olan basit bir yaklaşımla, seçilen tabakaların düzenli birleşmesi ile nano yapıları filmlerin üretimi için geliştirilmiştir. Bu teknikle, elektrolit çözeltileri veya polielektrolitlerdeki yüklü malzemelerin sıralı bir şekilde adsorplanıp bir destek üzerine biriktirilmesi ile çok tabakalı kompozit filmler hazırlanabilir ve hemen hemen her kimya ve şekle sahip düz veya desenli, şeffaf veya pürüzlü substrat yüzeyinde fonksiyonel kaplamalar kolayca oluşturulabilir (Deniz, 2018; Kharlampieva vd., 2009; Seyrek & Decher, 2012).

Kaplama şeklindeki ince filmlerin oluşturulması, yüzeyi pozitif veya negatif olarak şartlandırılmış substratın kendi yükünün zıttı ile başlamak koşulu ile karşıt yüklü kaplama çözeltilerinin daldırarak kaplama (Deniz & Deligöz, 2019; Okutan vd., 2020; Okutan & Deligöz, 2019), sprey kaplama (Arslan vd., 2020), döndürerek kaplama (De Saint-Aubin vd., 2012) vb. yöntemlerle substrat üzerine biriktirilmesi, aralara ek yıkama ve gerekli ise kurutma adımlarının eklenmesiyle gerçekleştirilir. Her adımda substrat yüzeyine bir miktar kaplama çözeltisi biriktirilir ve yüzey yükü tersine çevrilmiş olunur. Bu zıt yüklü tabakalar birbirlerine genellikle hidrojen bağları, elektrostatik etkileşimler, yük transfer etkileşimleri, kovalent bağ, metal koordinasyon bağları vb. ile bağlanırken, polielektrolitler kullanılması durumunda oluşan polielektrolit komplekslerinde hidrofobik etkileşimler, Van der Waals etkileşimleri vb. de oluşabilmektedir. (Deniz & Deligöz, 2019; Saqib & Aljundi, 2016).

LbL yaklaşımını çekici kılan özelliklerden birisi; küçük organik moleküller, polimerik elektrolitler, elektroaktif

polimerler, organik boyalar, yarı iletken kuantum noktaları, karbon esaslı malzemeler, elektrokimyasal olarak aktif türler, inorganik nanomalzemeler ve biyolojik olarak aktif moleküller gibi çok çeşitli fonksiyonel moleküllerin nanoyapılı filmler içine dahil edilmesi olasılığıdır. Kaplama malzemesi olarak seçilen ajanın yığın özellikleri ve biriktirme ortamı şartları (derişim, iyonik kuvvet, pH, sıcaklık vb.) elde edilecek olan filmin kalınlığını, bileşenlerin kendi aralarında ve substratla olan etkileşimini, uygulamada kullanılacak olan nihai malzemenin yanıt davranışını ve film yüzey özelliklerini etkilemektedir (Kharlampieva vd., 2009; Lengert vd., 2020). Silikon substratın poliallilamin hidroklorür ve poli akrilik asit; poli akrilik asit kaplı ZrO_2 parçacıkları ve poliallilamin hidroklorür; florlanmış polivinilpiridin, Nafion, polidialildimetilamonyum klorür ve poli (sodyum 4-stiren sülfonat) gibi farklı polielektrolit çiftleriyle LbL kaplanmasıyla substrat yüzeyinin pürüzlülüğünün artmasından dolayı su temas açısında farklı oranlarda bir artma gözlemlendiğine ancak yine de malzemenin daha hidrofobik veya süperhidrofobik hale evrildiğine ilişkin sonuçlar literatürde karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca aynı çalışmalar yapısı gereği daha düşük yüzey enerjisine sahip florlu polianyon ve polikasyonlar kullanılması durumunda ileri bir hidrofobikleştirme işlemine gerek kalmadığını rapor etmişlerdir (Han vd., 2005; Jisr vd., 2005; X. M. Li vd., 2007; Zhai vd., 2004).

Tablo 1’de verildiği üzere farklı açılardan su kirliliğini ele alan LbL esaslı çalışmalar mevcuttur. Ayrıca, alev geciktirme (K. Y. Guo vd., 2020; Jordanov vd., 2020; Maddalena vd., 2021; Yang vd., 2015; Zhou vd., 2015; Zilke vd., 2020), is önleme (Pan vd., 2015), elektriksel iletkenlik, basınç sensörü (Huang vd., 2017; Ma vd., 2018; X. Wu vd., 2016), hareket sensörü (Hanif vd., 2021; Tang vd., 2019), termal iletkenlik (Wang & Wu, 2018), elektromanyetik girişim (Lu vd., 2022; Xu vd., 2015) gibi farklı özelliklerin iyileştirilmesine yönelik PUF ve MF gibi çeşitli polimerik süngerlerin LbL kaplama ile modifikasyonuna ilişkin çeşitli çalışmalar da yapılmış ve üstün özellikte malzemeler elde edildiği rapor edilmiştir.

Tablo 1. Literatürde su kirliliğini ele alan LbL esaslı örnek çalışmalar

Çalışma konusu	Referans
Petrol rafinerisi atıklarının işlenmesinde polietilen imin/titanyum esaslı LbL filmlerin fotokatalitik aktivitesinin incelenmesi	(Mansouri vd., 2014)
Pamuk kumaş üzerine alev geciktirici ve süperhidrofobik özellik gösteren LbL kaplamanın sırasıyla alkilamonyum fonksiyonel silseskioksan/fitik asit kompleksi ve hiyerarşik yapıları titanyum oksit@polidimetilsiloksan kompozitiyle sağlanması	(W. Guo vd., 2020)
Gözenekli polisülfon membran üzerine çekirdek-kabuk yıldız blok kopolimerinin LbL uygulaması ile su arıtım membranlarının hazırlanması	(Diep vd., 2016)
ITO substrat üzerine sodyum montmorillonitin, poli emeraldin tuzu ve polietilen imine karşı LbL kaplanmasıyla elde edilen elektrokimyasal sensörün ağır metal dedeksiyonu için kullanılması	(Ferreira vd., 2014)
ITO substrat üzerine üzerine katyonik altın nanoküreler ve nanoçubuklarla anyonik sodyum montmorillonit kil mineralinin ek polielektrolitlerle LbL yoluyla kaplanmasıyla hazırlanan elektrokimyasal sensörün ağır metal dedeksiyonu için kullanılması	(De Almeida vd., 2020)
Polisülfon membran üzerine atık lignosülfat ve polietileniminin LbL kaplanması yoluyla kirlenme önleyici membran yüzeylerinin elde edilmesi	(Gu vd., 2019)
Tek ve harman polielektrolitlerin karbon nanotüp katkısıyla NF 90 ticari nanofiltrasyon membranı üzerine LbL kaplanmasıyla permeat akısı, sodyum/klor iyon rejeksiyonu gibi performans parametrelerinin iyileştirilmesi	(Ergün vd., 2020)
Sürdürülebilir su ıslahı için polidopamin esaslı LbL kaplamaların nanofiltrasyon membranı üzerine kaplanması	(Meng vd., 2020)

Bununla birlikte; LbL yaklaşımı pratik polimerik sünger sorbentlerin üretiminde ve çevreci uygulamalarında henüz güçlü bir görünüm kazanmamış olsa da, teknik yeni nesil süngerik sorbentlerin çok işlevli kaplamalarının yapılması adımı evrensel bir araç olabileme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, bu derlemede, LbL tekniği kullanılarak fonksiyonelleştirilmiş polimerik sünger sorbentlere vurgu yapılarak, yaygın olarak kullanılan sorbentlerle karşılaştırıldığında çevre kirliliğinde kullanımı irdelenmiştir.

4. LbL Tekniği İle Modifiye Edilmiş Polimerik Süngerler ve Yağ-Su Ayırma Verimlilikleri

Zhu ve çalışma arkadaşları, petrol döküntülerinin acil bertarafında absorbent malzemelerle ilişkili yangın riskini de göz önünde bulundurarak, PUF'u kitosan ve nano-montmorillonit ile LbL kaplayarak hidrofobik bir yüzey elde etmek için polidimetilsiloksan ile modifiye etmişlerdir. Kaplanmış köpüklerin, iyi yağ emme kapasitesi, yağ-su ayırımı için yüksek seçicilik ve geri dönüştürülebilirlik sergilediğini; kalorimetrik ve termogravimetrik analiz sonuçlarına istinaden kaplamanın yanıcılığının azaltılabileceğini ve PUF'ların termal stabilitesinin iyileştirebileceğini ortaya koymuşlardır. Tabaka sayısındaki artışın, modifiye PUF'a daha yüksek yağ emme kapasitesi, alev geciktirme özelliği ve termal stabilite sağladığını tespit etmişlerdir. Hiç kaplama yapılmamış olan PUF'a göre 3, 5 ve 8 çift tabaka kaplama yapılması durumunda ortalama yağ absorpsiyon kapasitesinin sırasıyla %12,45; %43,44 ve %52,51 oranında arttığı; su temas açısının ise 101,18°'den 120,12°'ye yükseldiği rapor edilmiştir. İnorganik malzeme oranı maksimum bozunma hızını 1075 s'den 1091 s'ye düşürmüş ve piroliz ürünleri miktarı da azalmıştır (Zhu vd., 2022).

Pan ve çalışma arkadaşları, süperoleofilik ve hidrofobik esnek modifiye PUF imal etmek için pozitif yüklü kitosan ve negatif yüklü titanat nanotüpler ile LbL kaplama yapmışlar, ardından dodesil merkaptan modifikasyonu kullanılarak yüzeyin daha hidrofobik hale gelmesini sağlamışlardır. Köpük yüzeyinin pürüzlülüğünün kaplanan çift tabaka sayısı ile arttığı rapor edilmiştir. Modifiye edilmiş PUF, ağırlığının 29 katına kadar çeşitli yağları hızlı ve seçici bir şekilde emebilmiş ve emilen yağlar basit bir sıkma işlemi ile toplanabilmiştir. Ayrıca, 50 absorpsiyon döngüsünden sonra, modifiye PUF yüksek absorpsiyon kapasitesini koruyabilmiştir (Pan vd., 2015).

Guo ve çalışma arkadaşları, mekanik olarak esnek, süperhidrofobik ve alev geciktirici PUF nanokompozitleri hazırlamak için son derece basit bir su bazlı kaplama yaklaşımı önermişlerdir. LbL kaplama tekniği, hibrit amonyum polifosfat/grafen oksit çiftinin elektrostatik etkileşimler yoluyla tabakalaştırılmasında kullanılmış ve ardından yüzey silan ile fonksiyonelleştirilerek PUF yüzeyi süperhidrofobik hale getirilmiştir. PUF'un su temas açısı 88°'den 158,4°'ye kadar yükseltilmiştir. Yaklaşık 2 s'lik alev dedeksiyon yanıt süresi ve 200°C'deki yanıt süresi ile (115,2 s) literatürdeki benzerlerine göre öne çıktığı ve bu malzemenin yangın güvenliği ve önleme çalışmalarına yeni bir bakış açısı sunacağı rapor edilmiştir (K. Y. Guo vd., 2020).

Son olarak Huang ve Yuan, indirgenmiş grafen oksit ve demir bazlı metal-organik kafes yapılarıyla PUF'u LbL kaplayıp, e-ISSN: 2148-2683

hidrazin hidrat buharında indirgeme yoluyla duman bastırma ve yağ adsorpsiyon özelliğini geliştirmek için modifiye etmişlerdir. LbL tekniğinin kullanımının duman üretim hızı ve miktarını azalttığını, yağ adsorpsiyon deneylerinin ise kaplanmış PUF'un yüksek yağ adsorpsiyon kapasitesine, tekrarlanabilirliğe, yağ-su seçiciliğine sahip olduğunu ve 10 döngüden sonra bile adsorpsiyon kapasitesini koruduğunu rapor etmişlerdir (Huang & Yuan, 2021).

5. Sonuçlar ve Öneriler

Polimerik sünger/köpük gibi malzemelerin gözenekli yapısı nedeniyle sahip olduğu umut verici yağ-su ayırma malzemesi olma olasılığı, hidrofilik karakter ve zayıf seçicilik gibi dezavantajlarla sınırlanabilir. Yağ-su seçiciliğinin sağlanarak süperhidrofobik yüzeylerin oluşturulmasında pek çok yaklaşım kullanılmaktadır, ancak bu yüzeylerin oluşturulmasında kritik standardın ne olduğu konusunda hala belirsizlikler vardır. Buna rağmen süperhidrofobik malzeme alanı giderek daha fazla ilgi görmekte ve potansiyel uygulamalarına yönelik çalışmalar artmaktadır. Bu derleme çalışmasında, süperhidrofobik malzemelerin hızlı gelişimi ve geniş potansiyel uygulamaları göz önüne alınarak, bu malzemelerin önemi ve malzemelerin hazırlanmasında LbL tekniğinin rolü hakkında bir literatür taraması yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalar incelendiğinde, sulardan yağsı kirliliklerin/petrol atıklarının/organik çözücülerin gideriminde sorbent olarak sünger/köpük kullanılacağı durumlarda ve özellikle PUF gibi yanma dayanımı düşük olup yanarken ortama büyük miktarda duman salan örneklerde yanma direncinin malzemeye kazandırılabilmesi amacıyla LbL tekniğinden yararlanıldığı görülmektedir. LbL adımıyla kullanılacak olan her bir tabaka yanma dayanımı gösterebilecek anyonik ve katyonik kaplama çiftleri olabileceği gibi, bu bileşenlerden herhangi birisi ya taşıdığı fonksiyonel grupların yüzey gerilimi açısından ya da zincir polaritesinden dolayı kaplamaya daha hidrofobik bir davranış kazandırabilmektedir. Ayrıca, çoklu tabakaların arasına birleştirilmiş nanomalzemelerle pürüzlülük iyileştirilebilmekte ve Cassie-Baxter modeline göre daha hidrofobik yapılar elde edilebilmektedir. Yani kısacası, LbL tekniğinin seçimi; istenilen özelliğe yönelik seçilebilecek bileşenlerin geniş bir yelpazeye sahip olması, LbL tabakalarının kalınlık kontrolünün moleküler düzeyde kolaylıkla yapılabilmesi ve işlemin yapboz gibi aşama aşama nihai ürünün inşasına izin vermesi gibi önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu tekniğin genellikle hidrofilik karaktere sahip olan polielektrolitler gibi anyonik ve katyonik bileşen çiftleri kullanımıyla gerçekleştirilmesi ek bir hidrofobikleştirme adımı zorunlu kılar. Gözenekli malzemeler ele alındığında, farklı gözenek ve hücre boyutuna sahip olabilen her çift tabakanın nanodan mikroya ve makro ölçeğe kadar değişebilen boyutu gözenek daralmasına yol açarak sorpsiyon kapasitesini etkileyebilir. Bu teknikte üretilmiş malzemelerde, stres transferi ve stres konsantrasyonu bölgeleri olan ara tabaka arayüzlerinin varlığı, delaminasyon ve çatlak ilerlemesiyle ilgili mekanik sorunları arttırabilir. Dezavantajlarından birisi de sorbent üretim süresinin tabakaların sıralı adsorpsiyonuna yönelik kullanılan tekniğe de bağlı olmak koşuluyla (daldırarak kaplama, spreycaplama gibi) uzaması olabilir.

Tüm avantaj ve dezavantajları ele alındığında farklı malzemelerin sinerjistik etkilerinin aynı teknik içerisinde basit bir şekilde son ürüne kazandırılabilmesi sebebiyle LbL yönteminin

süperhidrofobik kaplamaların yapımında tercih edilebileceği ancak ön koşulun ilk etapta mekanik dayanımın artırılması olduğu değerlendirilmiştir. Zira, mekanik özellikler, sulardan yağsı kirliliklerin artırılması gibi zorlu ortamlarda ele alınan uygulamalar açısından kirliliklerin sorbentten uzaklaştırılması adımıyla kullanılan teknikler de düşünüldüğünde malzeme için oldukça önemli olacaktır.

6. Teşekkür

Bu çalışma, Hitit Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje No: MUH19001.20.002.

Kaynakça

- Arslan, M., Dönmez, G., Ergün, A., Okutan, M., Albayrak Arı, G., & Deligöz, H. (2020). Preparation, Characterization, and Separation Performances of Novel Surface Modified LbL Composite Membranes from Polyelectrolyte Blends and MWCNT. *Polymer Engineering & Science*, 60(2), 341–351. <https://doi.org/10.1002/pen.25289>
- Barroso-Solares, S., Pinto, J., Fragouli, D., & Athanassiou, A. (2018). Facile oil removal from water-in-oil stable emulsions using PU foams. *Materials*, 11(12), 1–12. <https://doi.org/10.3390/ma11122382>
- Crespilho, F. N., Zucolotto, V., Oliveira, O. N., & Nart, F. C. (2006). Electrochemistry of layer-by-layer films: A review. *International Journal of Electrochemical Science*, 1(5), 194–214.
- Darmanin, T., & Guittard, F. (2015). Superhydrophobic and superoleophobic properties in nature. *Materials Today*, 18(5), 273–285. <https://doi.org/10.1016/j.mattod.2015.01.001>
- De Almeida, J. C., de Barros, A., Odone Mazali, I., & Ferreira, M. (2020). Influence of gold nanostructures incorporated into sodium montmorillonite clay based on LbL films for detection of metal traces ions. *Applied Surface Science*, 507(December 2019), 144972(1-9). <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2019.144972>
- De Saint-Aubin, C., Hemmerlé, J., Boulmedais, F., Vallat, M. F., Nardin, M., & Schaaf, P. (2012). New 2-in-1 polyelectrolyte step-by-step film buildup without solution alternation: From PEDOT-PSS to polyelectrolyte complexes. *Langmuir*, 28(23), 8681–8691. <https://doi.org/10.1021/la301254a>
- Deniz, M. (2018). Elektroaktif polimerlerin sentezi, karakterizasyonu ve uygulama alanlarının araştırılması. İstanbul Üniversitesi.
- Deniz, M., & Deligöz, H. (2019). Flexible self-assembled polyelectrolyte thin films based on conjugated polymer: Quartz crystal microbalance dissipation (QCM-D) and cyclic voltammetry analysis. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 563, 206–216. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2018.12.014>
- Diep, J., Tek, A., Thompson, L., Frommer, J., Wang, R., Piunova, V., Sly, J., & La, Y. H. (2016). Layer-by-layer assembled core-shell star block copolymers for fouling resistant water purification membranes. *Polymer*, 103, 468–477. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.11.048>
- Ergün, A., Tümer, E. H., Cengiz, H. Y., & Deligöz, H. (2020). Monitoring the Salt Stability of Layer-by-Layer Self-Assembled Films From Polyelectrolyte Blends by Quartz Crystal Microbalance-Dissipation and Their Ion Separation Performances. *Polymer Engineering and Science*, 60(5), 1006–1018. <https://doi.org/10.1002/pen.25356>
- Feng, Y., Wang, Y., Wang, Y., & Yao, J. (2017). Furfuryl alcohol modified melamine sponge for highly efficient oil spill clean-up and recovery. *Journal of Materials Chemistry A*, 5(41), 21893–21897. <https://doi.org/10.1039/c7ta06966a>
- Fenner, B. R., Zimmermann, M. V. G., da Silva, M. P., & Zattera, A. J. (2018). Comparative analysis among coating methods of flexible polyurethane foams with graphene oxide. *Journal of Molecular Liquids*, 271, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.08.113>
- Ferreira, M., De Barros, A., Ferreira, M., & Constantino, C. J. L. (2014). Nanocomposites based on LbL films of polyaniline and sodium montmorillonite clay. *Synthetic Metals*, 197, 119–125. <https://doi.org/10.1016/j.synthmet.2014.09.001>
- Fingas, M. (2011). Physical Spill Countermeasures. In *Oil Spill Science and Technology* (pp. 303–337). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-85617-943-0.10012-7>
- Gu, L., Xie, M. Y., Jin, Y., He, M., Xing, X. Y., Yu, Y., & Wu, Q. Y. (2019). Construction of antifouling membrane surfaces through layer-by-layer self-assembly of lignosulfonate and polyethyleneimine. *Polymers*, 11(11), 9–11. <https://doi.org/10.3390/polym11111782>
- Guo, K. Y., Wu, Q., Mao, M., Chen, H., Zhang, G.-D., Zhao, L., Gao, J.-F., Song, P., & Tang, L.-C. (2020). Water-based hybrid coatings toward mechanically flexible, super-hydrophobic and flame-retardant polyurethane foam nanocomposites with high-efficiency and reliable fire alarm response. *Composites Part B: Engineering*, 193(April), 108017. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2020.108017>
- Guo, W., Wang, X., Huang, J., Zhou, Y., Cai, W., Wang, J., Song, L., & Hu, Y. (2020). Construction of durable flame-retardant and robust superhydrophobic coatings on cotton fabrics for water-oil separation application. *Chemical Engineering Journal*, 398(May), 125661. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.125661>
- Han, J. T., Zheng, Y., Cho, J. H., Xu, X., & Cho, K. (2005). Stable Superhydrophobic Organic-Inorganic Hybrid Films by Electrostatic Self-Assembly. *The Journal of Physical Chemistry B*, 109(44), 20773–20778. <https://doi.org/10.1021/jp052691x>
- Hanif, Z., Tariq, M. Z., Choi, D., La, M., & Park, S. J. (2021). Solution-processed deposition based on plant polyphenol for silver conductive coating and its application on human motions detecting sensor. *Composites Science and Technology*, 201(July 2020), 108550. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2020.108550>
- Huang, Y., He, X., Gao, L., Wang, Y., Liu, C., & Liu, P. (2017). Pressure-sensitive carbon black/graphene nanoplatelets-silicone rubber hybrid conductive composites based on a three-dimensional polydopamine-modified polyurethane sponge. *Journal of Materials Science: Materials in*

- Electronics, 28(13), 4945–4954. <https://doi.org/10.1007/s10854-017-6693-0>
- Huang, Y., & Yuan, B. (2021). Reduced graphene oxide/iron-based metal–organic framework nano-coating created on flexible polyurethane foam by layer-by-layer assembly: Enhanced smoke suppression and oil adsorption property. *Materials Letters*, 298, 129974. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2021.129974>
- Jisr, R. M., Rmaile, H. H., & Schlenoff, J. B. (2005). Hydrophobic and Ultrahydrophobic Multilayer Thin Films from Perfluorinated Polyelectrolytes. *Angewandte Chemie International Edition*, 44(5), 782–785. <https://doi.org/10.1002/anie.200461645>
- Jordanov, I., Kolibaba, T. J., Lazar, S., Magovac, E., Bischof, S., & Grunlan, J. C. (2020). Flame suppression of polyamide through combined enzymatic modification and addition of urea to multilayer nanocoating. *Journal of Materials Science*, 55(30), 15056–15067. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-05074-8>
- Keshavarz, A., Zilouei, H., Abdolmaleki, A., & Asadinezhad, A. (2015). Enhancing oil removal from water by immobilizing multi-wall carbon nanotubes on the surface of polyurethane foam. *Journal of Environmental Management*, 157, 279–286. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.04.030>
- Kharlampieva, E., Koziorskaya, V., & Sukhishvili, S. A. (2009). Layer-by-layer hydrogen-bonded polymer films: From fundamentals to applications. *Advanced Materials*, 21(30), 3053–3065. <https://doi.org/10.1002/adma.200803653>
- Kong, L., Li, Y., Qiu, F., Zhang, T., Guo, Q., Zhang, X., Yang, D., Xu, J., & Xue, M. (2018). Fabrication of hydrophobic and oleophilic polyurethane foam sponge modified with hydrophobic Al₂O₃ for oil/water separation. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 58, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.09.050>
- Lengert, E. V., Koltsov, S. I., Li, J., Ermakov, A. V., Parakhonskiy, B. V., Skorb, E. V., & Skirtach, A. G. (2020). Nanoparticles in Polyelectrolyte Multilayer Layer-by-Layer (LbL) Films and Capsules—Key Enabling Components of Hybrid Coatings. *Coatings*, 10(11), 1131. <https://doi.org/10.3390/coatings10111131>
- Li, H., Liu, L., & Yang, F. (2012). Hydrophobic modification of polyurethane foam for oil spill cleanup. *Marine Pollution Bulletin*, 64(8), 1648–1653. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.05.039>
- Li, L., Li, B., Dong, J., & Zhang, J. (2016). Roles of silanes and silicones in forming superhydrophobic and superoleophobic materials. *Journal of Materials Chemistry A*, 4(36), 13677–13725. <https://doi.org/10.1039/C6TA05441B>
- Li, X.-M., Reinhoudt, D., & Crego-Calama, M. (2007). What do we need for a superhydrophobic surface? A review on the recent progress in the preparation of superhydrophobic surfaces. *Chemical Society Reviews*, 36(8), 1350. <https://doi.org/10.1039/b602486f>
- Li, Z., Zhang, T., Qiu, F., Yue, X., Yang, D., Li, P., & Zhu, Y. (2019). Facile one-step fabrication of highly hydrophobic, renewable and mechanically flexible sponge with dynamic coating for efficient oil/water separation. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 95, 515–524. <https://doi.org/10.1016/J.JTICE.2018.09.006>
- Lu, J., Liao, C., Cheng, L., Jia, P., Yin, Z., Song, L., Wang, B., & Hu, Y. (2022). Cleaner production to a multifunctional polyurethane sponge with high fire safety and low toxicity release. *Journal of Cleaner Production*, 333(October 2021), 130172. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.130172>
- Ma, Z., Wei, A., Ma, J., Shao, L., Jiang, H., Dong, D., Ji, Z., Wang, Q., & Kang, S. (2018). Lightweight, compressible and electrically conductive polyurethane sponges coated with synergistic multiwalled carbon nanotubes and graphene for piezoresistive sensors. *Nanoscale*, 10(15), 7116–7126. <https://doi.org/10.1039/C8NR00004B>
- Maddalena, L., Gomez, J., Fina, A., & Carosio, F. (2021). Effects of Graphite Oxide Nanoparticle Size on the Functional Properties of Layer-by-Layer Coated Flexible Foams. *Nanomaterials*, 11(2), 266. <https://doi.org/10.3390/nano11020266>
- Mansouri, A. M., Shahrezaei, F., Zinatizadeh, A. A. L., Azandaryani, A. H., Pirsaeheb, M., & Sharafi, K. (2014). Preparation of poly ethyleneimine (PEI)/nano titania (TiO₂) multilayer film on quartz tube by layer-by-layer self-assembly and its applications for petroleum refinery wastewater treatment. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(5), 2501–2510. <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2014.05.014>
- Meng, F., Song, F., Yao, Y., Liu, G., & Zhao, S. (2020). Ultrastable Nanofiltration Membranes Engineered by Polydopamine-Assisted Polyelectrolyte Layer-by-Layer Assembly for Water Reclamation. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 8(29), 10928–10938. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c03318>
- Okutan, M., & Deligöz, H. (2019). Effect of external salt addition on the structural, morphological and electrochemical properties of flexible PEDOT:PSS based LbL multilayered films. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 580, 123695. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.123695>
- Okutan, M., Evecan, D., Yıldırım, S., Özkan Zayim, E., & Deligöz, H. (2020). Investigating the effect of electrolyte types with various ionic liquids on the electrochromic performance of PEDOT:PSS based LbL multilayers. *Microelectronic Engineering*, 234, 111454. <https://doi.org/10.1016/j.mee.2020.111454>
- Pan, H., Wang, W., Pan, Y., Song, L., Hu, Y., & Liew, K. M. (2015). Formation of Layer-by-Layer Assembled Titanate Nanotubes Filled Coating on Flexible Polyurethane Foam with Improved Flame Retardant and Smoke Suppression Properties. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 7(1), 101–111. <https://doi.org/10.1021/am507045g>
- Pan, Y., Zhan, J., Pan, H., Yuan, B., Wang, W., Song, L., & Hu, Y. (2015). A facile method to fabricate superoleophilic and hydrophobic polyurethane foam for oil–water separation. *Materials Letters*, 159, 345–348. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2015.07.013>
- Sakhadeo, N. N., & Patro, T. U. (2022). Exploring the Multifunctional Applications of Surface-Coated Polymeric Foams—A Review. *Industrial & Engineering Chemistry*

- Research, 61(16), 5366–5387. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.1c04945>
- Saqib, J., & Aljundi, I. H. (2016). Membrane fouling and modification using surface treatment and layer-by-layer assembly of polyelectrolytes: State-of-the-art review. *Journal of Water Process Engineering*, 11, 68–87. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2016.03.009>
- Seyrek, E., & Decher, G. (2012). Layer-by-Layer Assembly of Multifunctional Hybrid Materials and Nanoscale Devices. In *Polymer Science: A Comprehensive Reference* (Vol. 7, pp. 159–185). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53349-4.00182-5>
- Shang, B., Wang, Y., Peng, B., & Deng, Z. (2016). Bioinspired polydopamine particles-assisted construction of superhydrophobic surfaces for oil/water separation. *Journal of Colloid and Interface Science*, 482, 240–251. <https://doi.org/10.1016/J.JCIS.2016.07.081>
- Suethao, S., Shah, D. U., & Smitthipong, W. (2020). Recent progress in processing functionally graded polymer foams. *Materials*, 13(18), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ma13184060>
- Sun, S., Tang, S., Chang, X., Wang, N., Wang, D., Liu, T., Lei, Y., & Zhu, Y. (2019). A bifunctional melamine sponge decorated with silver-reduced graphene oxide nanocomposite for oil-water separation and antibacterial applications. *Applied Surface Science*, 473(September 2018), 1049–1061. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2018.12.215>
- Tang, Y., Guo, Q., Chen, Z., Zhang, X., & Lu, C. (2019). In-situ reduction of graphene oxide-wrapped porous polyurethane scaffolds: Synergistic enhancement of mechanical properties and piezoresistivity. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 116(August 2018), 106–113. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2018.10.025>
- Vásquez, L., Campagnolo, L., Athanassiou, A., & Fragouli, D. (2019). Expanded Graphite-Polyurethane Foams for Water–Oil Filtration. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 11(33), 30207–30217. <https://doi.org/10.1021/acsami.9b07907>
- Wang, X., & Wu, P. (2018). Melamine foam-supported 3D interconnected boron nitride nanosheets network encapsulated in epoxy to achieve significant thermal conductivity enhancement at an ultralow filler loading. *Chemical Engineering Journal*, 348, 723–731. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.04.196>
- Wu, D., Fang, L., Qin, Y., Wu, W., Mao, C., & Zhu, H. (2014). Oil sorbents with high sorption capacity, oil/water selectivity and reusability for oil spill cleanup. *Marine Pollution Bulletin*, 84(1–2), 263–267. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.05.005>
- Wu, X., Han, Y., Zhang, X., Zhou, Z., & Lu, C. (2016). Large-Area Compliant, Low-Cost, and Versatile Pressure-Sensing Platform Based on Microcrack-Designed Carbon Black@Polyurethane Sponge for Human-Machine Interfacing. *Advanced Functional Materials*, 26(34), 6246–6256. <https://doi.org/10.1002/adfm.201601995>
- Xu, Y., Li, Y., Xu, W., & Bao, J. (2015). An ultra-light and high electromagnetic shielding effectiveness material based on melamine foam with its skeleton metallized. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 26(2), 1159–1171. <https://doi.org/10.1007/s10854-014-2520-z>
- Yang, J.-C., Cao, Z.-J., Wang, Y.-Z., & Schiraldi, D. A. (2015). Ammonium polyphosphate-based nanocoating for melamine foam towards high flame retardancy and anti-shrinkage in fire. *Polymer*, 66, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2015.04.022>
- Zhai, L., Cebeci, F. Ç., Cohen, R. E., & Rubner, M. F. (2004). Stable Superhydrophobic Coatings from Polyelectrolyte Multilayers. *Nano Letters*, 4(7), 1349–1353. <https://doi.org/10.1021/nl049463j>
- Zhang, J., Chen, R., Liu, J., Liu, Q., Yu, J., Zhang, H., Jing, X., Liu, P., & Wang, J. (2020). Superhydrophobic nanoporous polymer-modified sponge for in situ oil/water separation. *Chemosphere*, 239, 124793. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2019.124793>
- Zhou, Q., Huang, J., Wang, J., Yang, Z., Liu, S., Wang, Z., & Yang, S. (2015). Preparation of a reduced graphene oxide/zirconia nanocomposite and its application as a novel lubricant oil additive. *RSC Advances*, 5, 91802–91812. <https://doi.org/10.1039/C5RA17440F>
- Zhu, G., Wang, J., Yuan, X., & Yuan, B. (2022). Hydrophobic and fire safe polyurethane foam coated with chitosan and nanomontmorillonite via layer-by-layer assembly for emergency absorption of oil spill. *Materials Letters*, 316(February), 132009. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.132009>
- Zilke, O., Plohl, D., Opwis, K., Mayer-Gall, T., & Gutmann, J. S. (2020). A Flame-Retardant Phytic-Acid-Based LbL-Coating for Cotton Using Polyvinylamine. *Polymers*, 12(5), 1202. <https://doi.org/10.3390/polym12051202>



Production and Characterization of Waste Corncob Reinforced Polyester Composite

Ramazan Orhan¹, Ercan Aydoğmuş²

¹Firat University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2287-4238), rorhan@firat.edu.tr
²Firat University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Elazığ, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1643-2487), ercanaydogmus@firat.edu.tr

(2nd International Conference on Applied Engineering and Natural Sciences ICAENS 2022, October 15-18, 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1183062)

ATIF/REFERENCE: Orhan, R., & Aydoğmuş, E. (2022). Production and Characterization of Waste Corncob Reinforced Polyester Composite. *European Journal of Science and Technology*, (42), 176-179.

Abstract

In this study, waste corncobs are ground and used in the polyester composite. Homogeneous distribution is provided by mixing it into unsaturated polyester (UP) as a filler under laboratory conditions. Then, methyl ethyl ketone peroxide (MEKP) and cobalt octoate (Co Oc) catalysts are added to the mixture. After mixing the additives and fillers used in certain amounts for a short time, the polyester composites are poured into standard molds and waited for curing. The density, Shore D hardness, and thermal decomposition behavior of the composite obtained after curing have been investigated. As the amount of corncob in the mixture increases, the density of the polyester composite decreases. Besides, the rise in the ratio of this filler in the mixture also increases the porosity of the polyester composite. In the thermal conductivity measurements, it is seen that the thermal conductivity coefficient of the polyester composite increases, albeit slightly, according to the increasing amount of filler. Also, corncob reinforcement reduces both Shore D hardness and activation energy of the polyester composite. According to the results obtained, it was observed that the use of corncob reinforcement above 3 wt.% negatively affected the surface morphology and mechanical properties of the composite. While obtaining an economical and light polyester composite, attention should be paid to the amount of filler so that both thermal and mechanical properties are not weakened.

Keywords: Polyester composite, Waste corncob, Thermal conductivity, Activation energy, Density, Hardness.

Atık Mısır Koçanı Takviyeli Polyester Kompozit Üretimi ve Karakterizasyonu

Öz

Bu çalışmada atık mısır koçanları öğütülerek polyester kompozitte kullanılmıştır. Laboratuvar koşullarında dolgu maddesi olarak doymamış polyester (UP) içerisine karıştırılarak homojen dağılım sağlanır. Daha sonra karışıma metil etil keton peroksit (MEKP) ve kobalt oktoat (Co Oc) katalizörleri eklenir. Belirli miktarlarda kullanılan katkı ve dolgu maddeleri kısa süre karıştırıldıktan sonra polyester kompozitler standart kalıplara dökülerek kürlenmesi için beklenir. Kürlenme sonrası elde edilen kompozitin yoğunluğu, Shore D sertliği ve termal bozunma davranışı incelenmiştir. Karışımdaki mısır koçanı miktarı arttıkça polyester kompozitin yoğunluğu azalır. Ayrıca karışımdaki dolgu maddesinin oranının artması polyester kompozitin gözenekliliğini de artırmaktadır. Isıl iletkenlik ölçümlerinde, artan dolgu miktarına göre polyester kompozitin ısıl iletkenlik katsayısının az da olsa arttığı görülmektedir. Ayrıca mısır koçanı takviyesi, polyester kompozitin hem Shore D sertliğini hem de aktivasyon enerjisini azaltmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre ağırlıkça % 3'ün üzerinde mısır koçanı takviyesi kullanımının kompozitin yüzey morfolojisini ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilediği görülmüştür. Ekonomik ve hafif bir polyester kompozit elde edilirken hem termal hem de mekanik özelliklerin zayıflamaması için dolgu miktarına dikkat edilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Polyester kompozit, Atık mısır koçanı, Termal iletkenlik, Aktivasyon enerjisi, Yoğunluk, Sertlik.

1. Introduction

Today, studies on the production of polyester composites are becoming widespread. Many biomass wastes are used especially to reduce their density and thermal conductivity. Nanoparticles such as graphene and carbon nanotubes are used to strengthen their mechanical properties [1]. Besides, biomass with a fibrous structure can also increase the mechanical strength of the composite. However, it is necessary to pay attention to the amount of fillers used to improve the surface morphology, pore structure and surface hardness of the composite obtained [2].

In studies in the literature, fillers such as borax, colemanite, ulexite, clay, tincal, aerosil, alumina, pumice, perlite, and diatomite were used in polyester composites. Generally, light fillings are preferred to reduce the density of the obtained composite. High-density inorganic additives are used to increase the hardness and density of the produced polyester composite [3-8].

Besides, some polymeric wastes and recycling products are also used in the production of polyester composites. Thus, both environmentally harmful wastes are eliminated and economical composites are obtained [9,10].

It is known that fillers physically strengthen the structure of the composite. Some biomass wastes, modified castor, and palm oils can react chemically. With the use of these, biocomposites can be produced. Thus, fewer petrochemicals are used and environmentally friendly composites are obtained [11-13].

In this study, corncob with a fibrous structure is used as a filler in the polyester composite. Such biomass wastes are preferred to obtain low-density and economical polyester composite. Both the surface morphology and mechanical properties of polyester are improved by the use of filler at an optimum ratio. Also, the thermal stability of the polyester composite should be considered. The density, porosity, hardness, flexibility, and thermal conductivity coefficient of the composite produced according to the purpose of use can be changed by the filler ratio.

2. Material and Method

Waste corn cobs used in experimental studies were obtained after harvesting in Elazığ. Unsaturated polyester (UP), methyl ethyl ketone peroxide (MEKP), and cobalt octoate (Co Oc) were supplied from Turkuaz Company.

After drying at 75 °C for 3 hours, the waste corn cobs were ground to -50/100 mesh particle size and prepared as a filling material. After adding the prepared filler into the unsaturated polyester, it was mixed at 1000 rpm for 5 min. Then, certain amounts of MEKP and Co Oc components were added to the mixture and mixed at 1000 rpm for 2 min, and cast into standard molds. After the obtained polyester composite was cured for 24 hours, necessary tests and analyzes were carried out [14,15].

Figure 1 shows the grain structure of the waste corn cob after drying and grinding. In Figure 2, the polyester composite production process is briefly described. Table 1 lists the amounts of each component used in the composite.

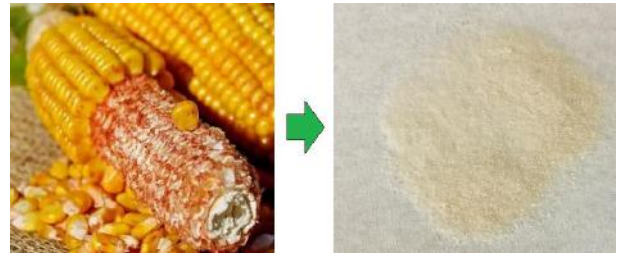


Figure 1. Waste corncob and its ground powder

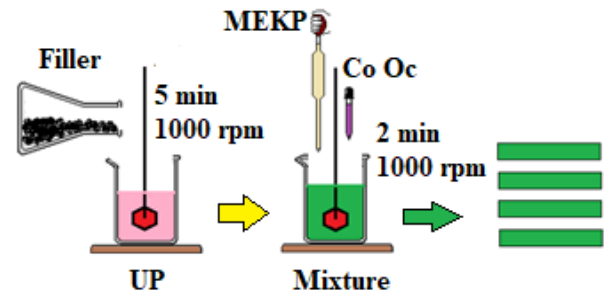


Figure 2. Polyester composite production scheme

Table 1. Quantities of additives and fillers used

UP (g)	MEKP (g)	Co Oc (g)	Filler (g)
9.80	0.15	0.05	0.00
9.70	0.15	0.05	0.10
9.65	0.15	0.05	0.15
9.50	0.15	0.05	0.30
9.30	0.15	0.05	0.50

3. Results and Discussion

According to the results obtained, it is seen that corncob reinforcement reduces the density of the polyester composite (Fig.3). Similarly, as the amount of filler increases, Shore D hardness of the composite decreases (Fig. 4). Fig. 5 shows the variation of the thermal conductivity coefficient of the polyester composite. It is understood from this graph that the thermal conductivity coefficient is increasing, albeit slightly.

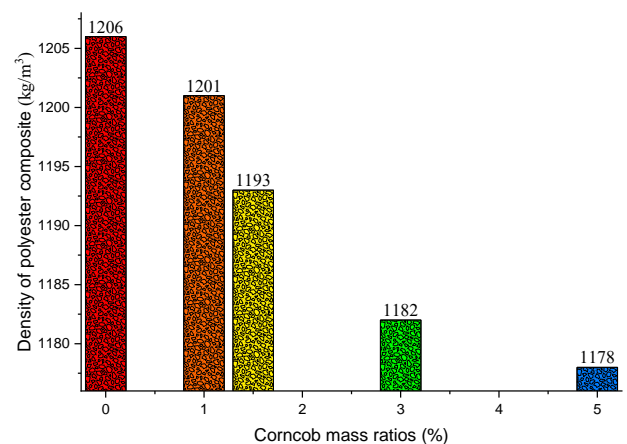


Figure 3. The effect of corncob ratio on the density of composite

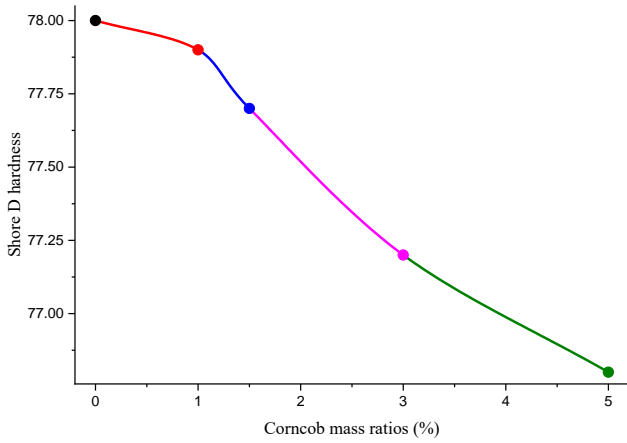


Figure 4. The effect of corncob ratio on the hardness of composite

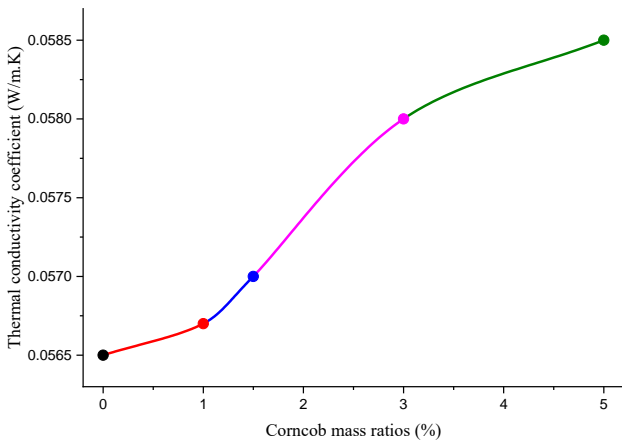


Figure 5. The effect of corncob ratios on the thermal conductivity coefficient of the composite

Activation energies calculated in thermal decomposition experiments of the polyester composite are given in Table 2. It is stated that the activation energy of the polyester composites obtained decreases as the filler increases. Activation energy (E_a) values have been calculated according to the Coats-Redfern method. In this method, the highest correlation coefficients were obtained with the three-dimensional diffusion equation. Activation energies of corncob reinforced polyester composites in the range of 0.2 to 0.8 conversion ratio were calculated in thermal decomposition experiments (inert environment) carried out from about room temperature to 10 °C/min heating rate up to 600 °C.

Table 2. Calculated activation energies of composites

Mass ratios (%)	Activation energy (E_a : kJ/mol)
0	114.53
1	110.85
3	107.64
5	104.91

4. Conclusions and Recommendations

In the production of polyester composite, 3 wt.% corncob reinforcement has been determined as the optimum ratio. The use of a higher rate of biomass filler negatively affects both the hardness and activation energy of the composite. Also, a high ratio of corncob reinforcement adversely affects the surface morphology and pore structure of polyester composites produced.

The use of biomass wastes such as waste corncob as filler in resins such as polyester and epoxy can be suitable for obtaining low-density, economical, easy-to-process, and flexible composites. Besides, it is recommended to distribute the biomass homogeneously and to keep the curing time longer than pure polymer in composite production.

References

- [1] Yanen, C., and Aydoğmuş, E. Characterization of Thermo-Physical Properties of Nanoparticle Reinforced the Polyester Nanocomposite, *Dicle University Journal of the Institute of Natural and Applied Science*, 10(2), 121–132, 2021.
- [2] Das, S., Chaudhuri, A., & Singha, A. K. Fabrication, microstructural and mechanical properties of arecanut leaf sheath fibre reinforced polyester resin composites. *The Journal of The Textile Institute*, 113(9), 1942-1949, 2022.
- [3] Orhan, R., Aydoğmuş, E., Topuz, S., and Arslanoğlu, H. Investigation of thermo-mechanical characteristics of borax reinforced polyester composites, *Journal of Building Engineering*, 42, 103051, 2021.
- [4] Dağ, M., Yanen, C., and Aydoğmuş, E. Effect of Boron Factory Components on Thermophysical Properties of Epoxy Composite, *European Journal of Science and Technology*, 36, 151–154, 2022.
- [5] Yanen, C., Dağ, M., and Aydoğmuş, E. Investigation of Thermophysical Properties of Colemanite, Ulexite, and Tincal Reinforced Polyester Composites, *European Journal of Science and Technology*, 36, 155–159, 2022.
- [6] Aydoğmuş, E., and Arslanoğlu, H. Kinetics of thermal decomposition of the polyester nanocomposites, *Petroleum Science and Technology*, 39(13–14), 484–500, 2021.
- [7] Şahal, H., and Aydoğmuş, E. Investigation of Thermophysical Properties of Polyester Composites Produced with Synthesized MSG and Nano-Alumina, *European Journal of Science and Technology*, 34, 95-99, 2022.
- [8] Şahal, H., Aydoğmuş, E., and Arslanoğlu, H. Investigation of thermophysical properties of synthesized SA and nano-alumina reinforced polyester composites, *Petroleum Science and Technology*, 1–17, 2022.
- [9] Aydoğmuş, E., Arslanoğlu, H., and Dağ, M. Production of waste polyethylene terephthalate reinforced biocomposite with RSM design and evaluation of thermophysical properties by ANN, *Journal of Building Engineering*, 44, 103337, 2021.
- [10] Aydoğmuş, E., Dağ, M., Yalçın, Z. G., and Arslanoğlu, H. Synthesis and characterization of EPS reinforced modified castor oil-based epoxy biocomposite, *Journal of Building Engineering*, 47, 103897, 2022.
- [11] Aydoğmuş, E. Biohybrid nanocomposite production and characterization by RSM investigation of thermal decomposition kinetics with ANN, *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12, 4799-4816, 2022.

- [12]Şahal, H., and Aydoğmuş, E. Production and Characterization of Palm Oil Based Epoxy Biocomposite by RSM Design, *Hittite Journal of Science and Engineering*, 8(4), 287-297, 2021.
- [13]Aydoğmuş, E., Dağ, M., Yalçın, Z. G., and Arslanoğlu, H. Synthesis and characterization of waste polyethylene reinforced modified castor oil-based polyester biocomposite, *Journal of Applied Polymer Science*, 139, e525256, 2022.
- [14]Demirel, M. H., and Aydoğmuş, E. Production and Characterization of Waste Mask Reinforced Polyester Composite, *Journal of Inonu University Health Services Vocational School*. 10(1), 41-49, 2022.
- [15]Demirel, M. H., and Aydoğmuş, E. Waste Polyurethane Reinforced Polyester Composite, Production and Characterization, *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 9(1), 443–452, 2022.



Optimization of Gas Distribution in Istanbul Using Minimum Spanning Tree with Probabilistic Approach

Mehmet Savsar¹, Abdulrahman A. Hetari²

¹Uskudar University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, İstanbul, Turkey. msavsar@gmail.com

²Uskudar University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Industrial Engineering, İstanbul, Turkey. a.556688@hotmail.com

(2nd International Conference on Engineering and Applied Natural Sciences ICEANS 2022, October 15-18, 2022, Konya, Turkey)

(DOI: 10.31590/ejosat.1202232)

ATIF/REFERENCE: Savsar, M. & Hetari, A. A. (2022). Optimization of Gas Distribution in Istanbul Using Minimum Spanning Tree with Probabilistic Approach. *European Journal of Science and Technology*, (42), 180-186.

Abstract

The minimum spanning tree (MST) is a method that aims to find the minimum distance for connecting all vertices or nodes in a network of cities or any other centers. For finding the minimum distance that connects all nodes, two different types of algorithms have been commonly used: Kruskal and Prim algorithms. Our objective in this research is to find the most cost-efficient process for linking the natural gas pipeline's pathways in Istanbul using minimum spanning tree with randomness or uncertainty in the distances between different districts, which are represented by vertices. The goal is to minimize total pipeline distance which connects all districts in metropolitan area of Istanbul. The method proved to be very useful in solving this problem.

Keywords: Minimum Spanning Tree, Prim Algorithm, Kruskal Algorithm, Gas Distribution Network, Optimization.

İstanbul Gaz Dağıtımının Olasılıksal Yaklaşımla Minimum Yayılma Ağacı Kullanılarak Optimizasyonu

Öz

Minimum yayılan ağaç (MST), bir şehir ağındaki veya diğer merkezlerdeki tüm köşeleri veya düğümleri birbirine bağlamak için minimum mesafeyi bulmayı amaçlayan bir yöntemdir. Bütün merkezleri birbirine bağlayan minimum mesafeyi bulmak için yaygın olarak iki farklı algoritma türü kullanılmıştır: Kruskal ve Prim algoritmaları. Bu araştırmadaki amacımız, İstanbul'daki doğal gaz boru hattının güzergâhlarını, köşelerle temsil edilen farklı ilçeler arasındaki mesafeleri, rastgelelik veya belirsizlik altında minimum yayılma ağacı kullanarak en uygun maliyetli birbirine bağlamaktır. Hedef, İstanbul metropoliten bölgesindeki tüm ilçeleri birbirine bağlayan toplam boru hattı mesafesini en aza indirmektir. Burada açıklanan yöntem, bu sorunu çözmede çok yararlı olduğunu kanıtladı.

Anahtar Kelimeler: Minimum Yayılan Ağaç, Prim Algoritması, Kruskal Algoritması, Gaz Dağıtım Şebekesi, Optimizasyon

1. Introduction

The natural gas is essential for generating various useful resources in all countries. Generating electricity or providing distributed or central heating for homes and other facilities in cities essentially depends on the gas distribution network. The distribution of natural gas is defined as moving the gas from the distribution point to various consumer points in a network. There has been so many researches for design of an optimal natural gas network distribution through the use of minimum spanning tree method, all with varying results of efficiency depending in the measurement and novelty of the distribution points in the graph. References (1-5) provide some related research papers.

Our aim is to distribute the natural gas between 30 district points in the metropolitan city of Istanbul, using the minimum spanning tree (MST) technique, so that we can get the most optimized pathways in a very cost efficient manner. The consumers in those 30 districts are in total of about 4.6 million according to a report from the main natural gas company in Turkey (IGDAŞ).

There are three types of natural gas systems: Linear, Tree structured and Cyclic. According to our algorithms result we will find out which system suits the pipeline pathways. There are several algorithms that exist and can be used to get different degrees on effective results, namely Kruskal, Prim and Boruvka algorithms. We will be utilizing the prim algorithm, due to the fact that the tool we use is limited in regards to the available algorithms to be processed.

The prim algorithm was founded in 1957 by Robert C. Prim and rediscovered by Edsger Dijkstra in the same year. And thus, the algorithm is also known as DJP algorithm. In this paper we will try to cover the 30 districts in Istanbul and construct an MST that nets us a suitable algorithm result.

In the present day, our issues deal with the distribution of gas throughout a city, utilizing it as one of the main sources of energy and consumed for various other purposes. Using an MST procedure, we attempt to connect every district of Istanbul based on minimum total distance resulting in minimum total cost.

MST has been used for optimizing connection points between several distribution points, various path-line systems such as electrical pathway, water supply pipelines, transportation routes and Network lines.

Our goal when using the MST is to optimize the length of the route, or path lines of the pipes that are distributing from its nodes towards the consumers. Two of the methods of calculating distribution probabilities are utilized to find the most accurate and precise distance, namely normal distribution and uniform distribution. In this paper, we will discuss in detail the methodology used and how we optimized our results

2. Methodology

The Minimum spanning tree consists of nodes and lines, where each nodes represents a district in the city and the lines are the distances between pairs of specific districts. In a gas distribution network, connecting lines between the nodes end up forming a loop or a cycle in the network if they end up connecting the node to itself. We can denote the nodes by N and the lines by L in the network (N, L) that we are creating. In the pipeline network, the natural gas flows in an oriented direction, i.e. in one

directions. If all the pipelines are connected, then such graph would be called a directed graph.

We have 30 districts and as such 30 nodes to work with, and we have 52 lines connecting these nodes. A spanning tree has the lines equal to the total number of the nodes subtracted by 1, i.e., $L=N-1$. Each directed graph has too many spanning trees, through the use of the algorithms you get the optimum network for distribution, resulting in an MST.

We obtained the fixed distances between district centers using google map's "measure distance" feature. This is a feature in Google maps to measure the straight line distance between two points that one chooses. It is not very precise, yet simple to use. You have to access it by right clicking on the point you would like to start measure form and choose "Measure Distance". Figure 1 illustrates the measuring process. We tried to be as accurate as possible, there was no maps that showed the distribution network of the current gas pipelines in Turkey, most likely for security reasons. Thus, we used some of the main centers of IGDAŞ service in all the relative districts as a reference for an estimation of their exact distribution location.

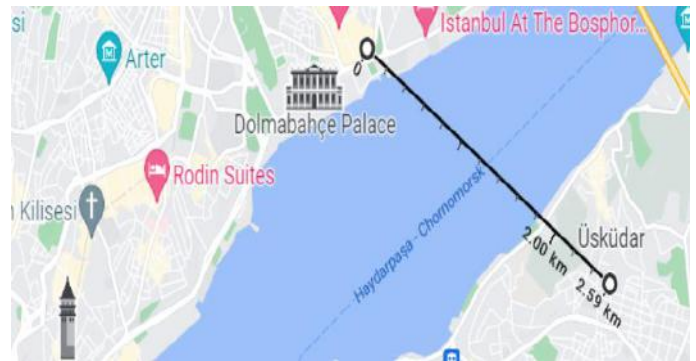


Figure 1. "Measure distance" command used in google maps

Since the distances were not accurate and precise, we assumed 20% less or more error value by utilizing some probabilistic concept to convert the actual constant distances into random values. This was unavoidable as we did not have any other way to get exact values. We applied to different probability distributions, which were normal and uniform distributions to represent the distances. For the uniform distribution related probability distribution function (pdf) and cumulative distribution function (cdf) formulas are as below. Figures 2 and 3 illustrate related functions.

$$f(x) = 1 / (b - a) \quad a \leq x \leq b$$

$$F(x) = \int f(x)dx = (x-a)/(b-a) \quad x \geq a$$

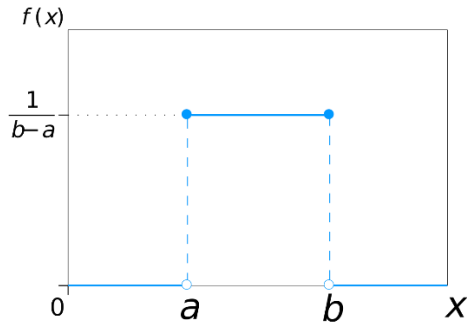


Figure 2. Uniform probability density function

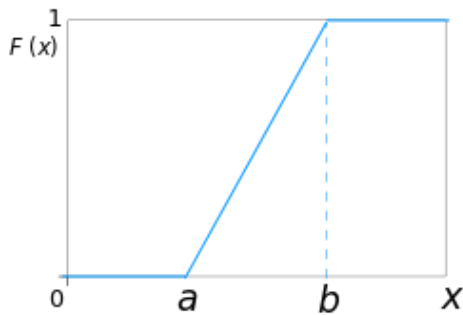


Figure 3. Uniform probability cumulative function

Next, we generated a uniform random variable X between a and b , which represents the distance between a and b , using inverse transformation. To generate the random distance X between a and b , the cumulative distribution function which is between 0 and 1 is set to a uniform random number between 0 and 1 (denoted as U) and by inverse transform, we determine X as a function of U .

$$F(x) = (x - a) / (b - a) = U,$$

where U can be found using excel function $RAND()$

$$U = RAND ()$$

We can calculate the uniform distribution using this formula, for the 52 arcs we have. The random number generation has been repeated for 16 times, i.e., a sample of 16 random networks are generated and the MST algorithm is applied to each to determine the average total distance that is best representative of the system. The random distance is obtained using the inverse transformation as follows:

$$x = a + U(b - a)$$

We find the optimum distance by trying 16 iterations and determining the MST for each followed by their average with the least error coefficient.

In case if the normal distribution is assumed for the random distances between districts, the fixed distance obtained by google is assumed to be the mean value and the standard deviation sigma is set as 20% of the mean.

$$\sigma = 0.2 * (\bar{x})$$

Figure 4 shows the normal probability distribution function, for which the integral of the cumulative, and consequently its inverse is not straightforward. Fortunately, excel has a function to

generate random variates from normal distribution as: $NORM.INV(Probability, Mean, Std. Dev.)$, where probability is the U value. The function returns a random number from normal distribution with the specified mean and the standard deviation. The random distances are generated according this procedure for the complete gas distribution network.

We generate $Distance = X_{ij}$ between all pairs of centers i and j . This procedure or sampling is repeated for 16 iterations. Finally, we substitute the values of X_{ij} into the subgraph, and apply the prim algorithm so that we find the MST for each sample of $n=5$ cases.

Next, the average MST and the 95% confidence interval on the average is determined. The upper confidence limit (UCL) and the lower confidence limit (LCL) values are calculated as follows:

$$UCL = \bar{x} + 1.96(\sigma/\sqrt{n})$$

$$LCL = \bar{x} - 1.96(\sigma/\sqrt{n})$$

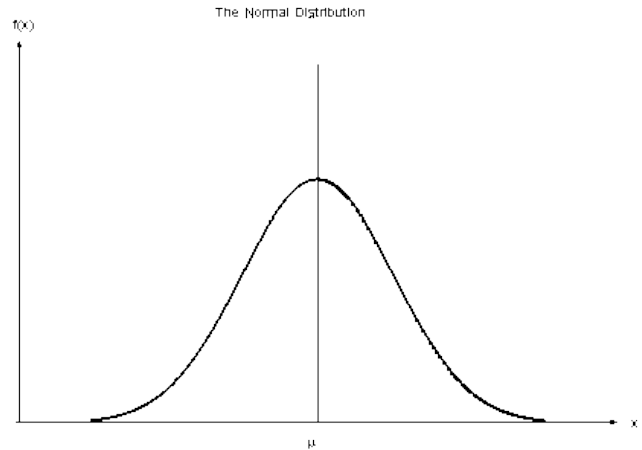


Figure 4. Normal probability distribution function

After applying and processing our values we are confident by 95% of the accuracy of our distance measurements. We decided to use Tuzla as the central point of distribution due to its proximity in relevance to the other nodes. And then we run the prim algorithm to get the MST. Figure 5 is a sample case example.

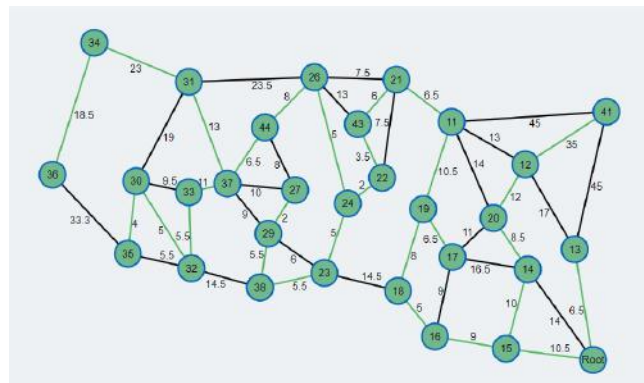


Figure 5. On network example and the MST (dark lines)

The procedure can be as outlined in steps as follows:

Step 1. Determine the X_{ij} distances between pairs of district centers for all centers using the Google Map measure feature.

Step 2. Generate random distance values using uniform or normal distribution by assuming the non-precise constant distances as base. In case of uniform distribution, assume the limits or parameters of the distribution a and b as $\pm 20\%$ of the constant distance, respectively and in case of normal distribution, assume the mean, $\mu = \text{Constant Distance value}$ and standard deviation $\sigma = 20\%$ of the constant distance value.

3. Analysis of Results

As it was mentioned in the previous section, we generate a distribution network with distances between pairs of centers using the google map first. Next, we use the Prim algorithm to determine the MST for the generated network. The MST is obtained by using the algorithm available in the web through the link: ‘https://algorithms.discrete.ma.tum.de/graph-algorithms/mst-prim/index_en.html’. Figure 6 illustrates a sub-weighted graph determined.

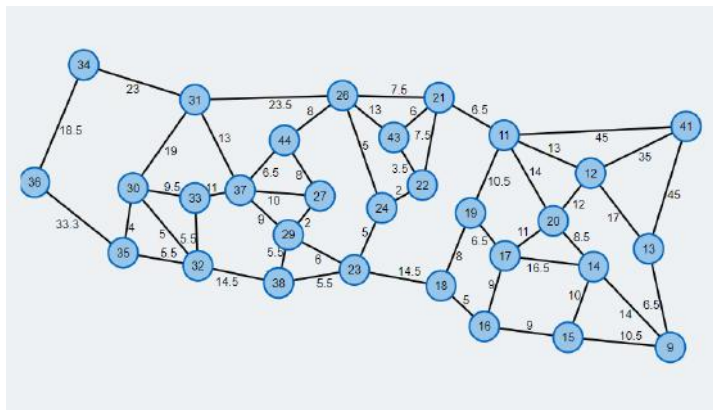


Figure 6. Districts-to-districts sub weighted graph of Istanbul. MST graph for the fixed distance measurements

These values between the nodes are the fixed distances between the districts which have been obtained through the use of google maps. The total weight of the MST graph for the gas distribution network using the fixed values, is the sum of all the edges which equals 246 km. Since we are not quite sure of the precision of our values, we use the probability distribution to generate distances.

MST: Normal Distribution Case

As it was explained in previous section, distances are generated based on normal distribution. Table 1 illustrates random distance generation for three distance values (NORM1 to NORM3), five samples for each case.

Step 3. Determine the MST for the distribution network with random distance values.

Step 4. Repeat step 2 and 3 for enough iterations as sample size n . Find total minimum distance MST for each sample.

Step 5. Determine the average total minimum distance based on the samples of n minimum spanning trees (MST) and construct a confidence interval on the mean value.

Table 1. Random generation of distances (normal distribution)

1	min	5.2			11.2			8.4	
2	max	7.8			16.8			12.6	
3	mean	6.5			14			10.5	
4	sigma	1.3			2.8			2.1	
5		RAND 1	NORM 1		RAND 2	NORM 2		RAND 3	NORM 3
6									
7		0.8098	7.64		0.0458	9.28		0.7313	11.79
8		0.2893	5.78		0.1872	11.51		0.7807	12.13
9		0.8630	7.92		0.0606	9.66		0.3304	9.58
10		0.2374	5.57		0.3169	12.67		0.2342	8.98
11		0.5244	6.58		0.8577	17.00		0.0503	7.05

Figure 7 shows the related network for the first sample case. The total weight of the MST for the 1st iteration (sample 1), is the sum of all the edges which equals 250.49km. Figure 8 shows the MST for the second sample or the 2nd iteration of random distribution network. Figure 9 shows the distribution network and the MST for the 3rd sample; Figure 10 shows the MST for the 4th and Figure 11 shows the MST for 5th sample random network generated.

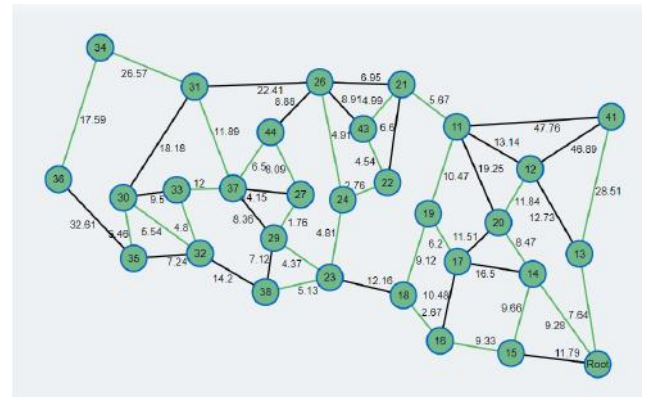


Figure 7. MST for the network based on 1st sample of random distances for normal distribution (MST=250.49 km)

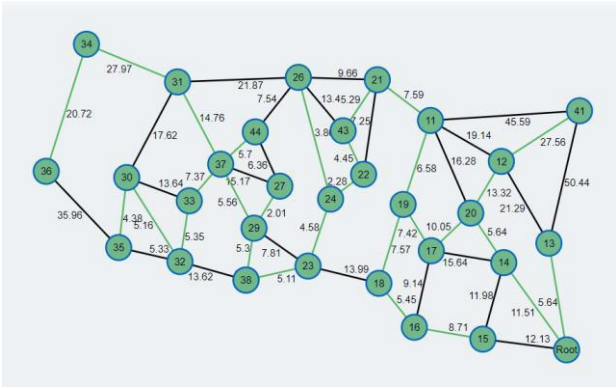


Figure 8. MST for the network based on 2nd sample of random distances for normal distribution (MST=246.61 km)

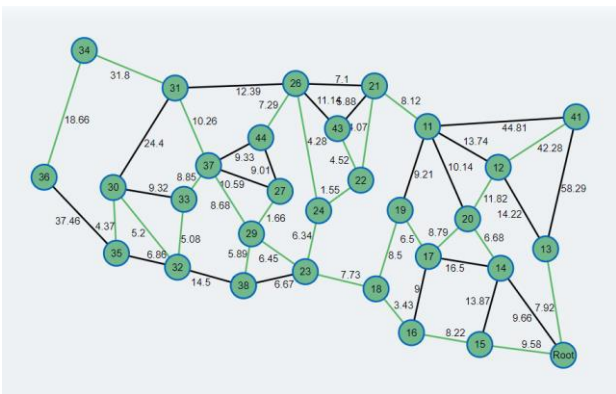


Figure 9. MST for the network based on 3rd sample of random distances for normal distribution (MST=264.52 km)

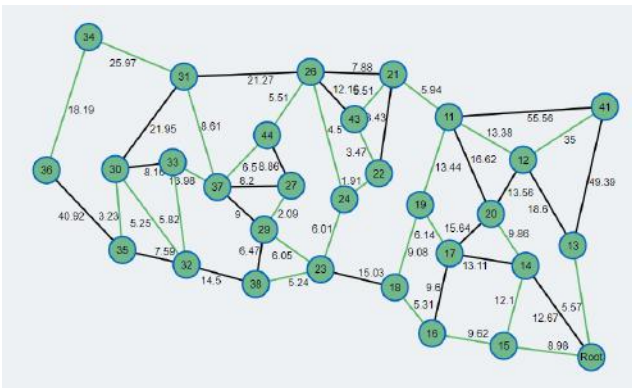


Figure 10. MST for the network based on 4th sample of random distances for normal distribution (MST=278.9km)

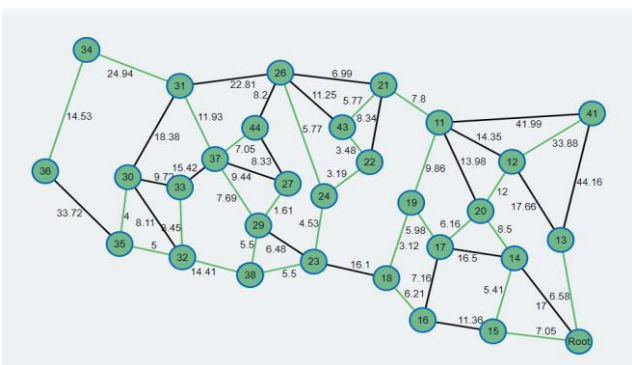


Figure 11. MST for the network based on 5th sample of random distances for normal distribution (MST=247.06 km)

random distances for normal distribution (MST=247.06 km)

MST: Uniform Distribution Case

As it was explained in previous section for uniform distribution, distances are generated based on cumulative uniform distribution function. Table 2 illustrates random distance generation for three district pair distance values, five samples for each case. A and B are the minimum and maximum values or the range of uniform distribution set by ±20% of the constant value obtained from Google map. Figure 12-16 show the related networks and MST for each sample of 5.

Table 3 summarizes all the results obtained by optimization for both the case of normal distribution and the uniform distribution. The table shows the minimum total distance, which connects all city centers, obtained by the MST Prim algorithm. Furthermore, the average total distance and the standard deviation values are also calculated. The number of samples (sample size) was kept small, because it was very much time consuming to construct the distribution network for each sample of distance generated. However, the average and the standard deviation indicate that the sample size was sufficient to represent the data and to determine a confidence interval on the mean. A 95% confidence interval was calculated on the mean for the each case using the formula below:

$$LCL \text{ and } UCL = \mu \pm Z_{\alpha/2s} S/n^{1/2}$$

Values are given in Table 3. The confidence limits assure that we are 95% sure that the true mean is within these upper and lower limits.

Table 2. Random generation of distances (uniform distribution)

A	8.4		36		36	
B	12.6		54		54	
MEAN	10.5		45		45	
	RAND 3	X 3	RAND 4	X 4	RAND 5	X 5
	0.1067	8.85	0.9624	53.32	0.7349	49.23
	0.0553	8.63	0.8255	50.86	0.6186	47.13
	0.8872	12.13	0.7562	49.61	0.2464	40.43
	0.8477	11.96	0.9892	53.81	0.5739	46.33
	0.0444	8.59	0.3088	41.56	0.7413	49.34

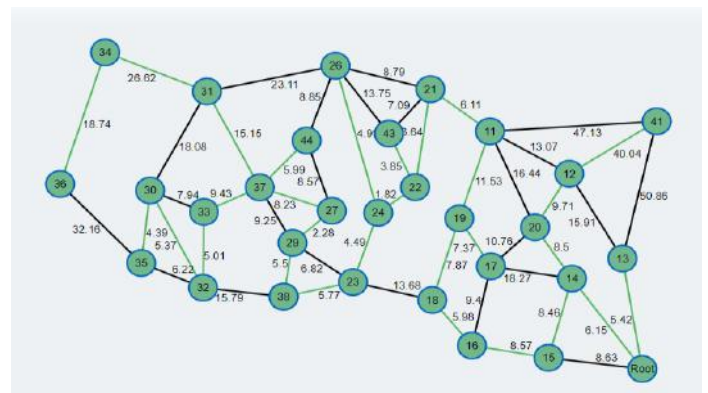


Figure 12. MST for the network based on 1st sample of random distances for uniform distribution (MST=273.46 km)

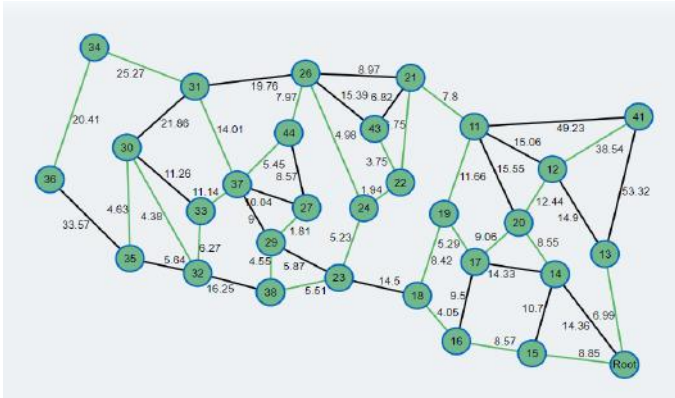


Figure 13. MST for the network based on 2nd sample of random distances for uniform distribution (MST=269.29 km)

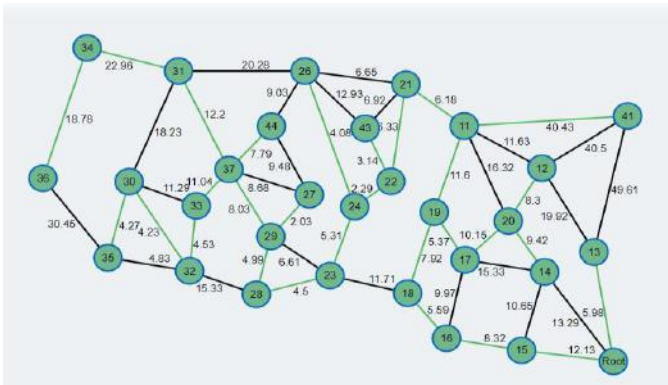


Figure 14. MST for the network based on 3rd sample of random distances for uniform distribution (MST=257.89 km)

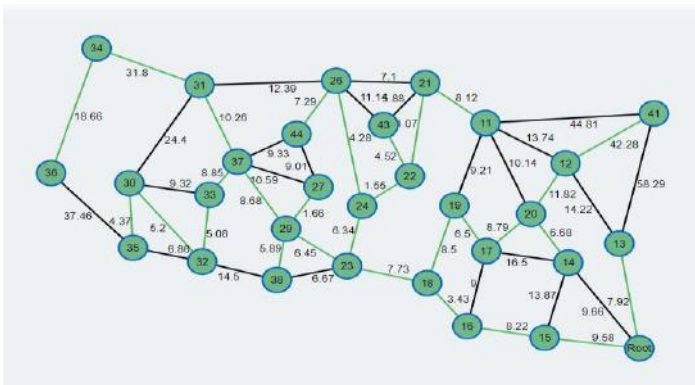


Figure 15. MST for the network based on 4th sample of random distances for uniform distribution (MST=264.70 km)

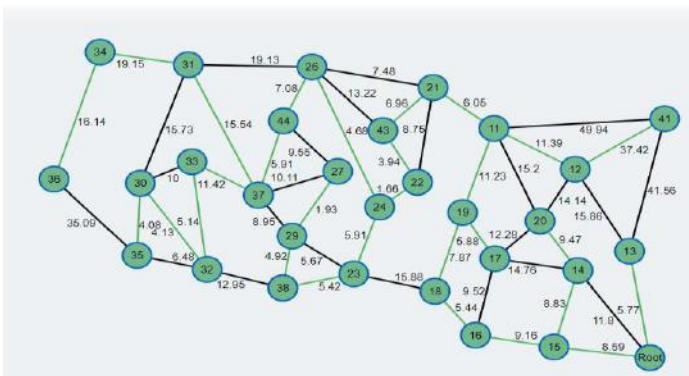


Figure 16. MST for the network based on 5th sample of random distances for uniform distribution (MST=263.39 km)

Table 3. Minimum total distance connecting all centers by MST

MSTs	Minimum total distance (MST) (normal)	Minimum total distance (MST) (uniform)
MST 1	250.49km	273.46km
MST 2	246.61km	269.29km
MST 3	264.52km	257.89km
MST 4	278.9km	264.70km
MST 5	247.06km	263.39km
Mean	257.52 km	265.75 km
Standard deviation	14.00 km	5.93 km
95% Lower Conf. Limit	245.24	260.55
95% Upper Conf. Limit	269.79	270.94

4. Conclusions

Through the use of random variates with normal and uniform distributions, we could get more reasonable distance measurements for the edges in the network to be processed by the Prim algorithm of the MST. Taking a sample of 5 for each case of normal and uniform distribution, gas distribution network is constructed and sub-weighted graphs were processed by Prim's algorithm. One of the principles of the minimum spanning tree is that the number of edges should be equal to Number of Nodes-1, or (n - 1). In our case, it was 30-1=29 edges. MST was obtained for each sample of random network constructed.

Introduction of probabilistic measures in estimating distances between districts proved to be extremely useful in dealing with uncertainties in measurements. The total distance of the MST with fixed value came out as 246 km. Taking 5 samples by generating different random networks, the average total minimum distance came out to be 257.52 km with a standard deviation of 14 km, and 95% lower and upper confidence limits of 245.24 km and 269.79 km respectively for normally distributed distances. In case of uniformly distributed distances, the average of five samples came out to be 265.75 km with a standard deviation of 5.93 km and 95% lower and upper confidence limits of 260.55 km and 270.94 km respectively. The confidence limits provide us a 95% assurance that the average total minimum distance would be between specified limits. This is a more meaningful information as compared to using constant values that we have no assurance about their accuracy.

In conclusion, the procedure outlined in this paper can be useful for the gas distribution companies to establish distribution networks with minimum total distance, which directly results in minimum total distribution costs.

References

1. I. (Mahdavi, N. Mahdavi-Amiri, A. Makui, A. Mohajeri, 2010), R. Tafazzoli, "Optimal gas distribution network using minimum spanning tree".
2. Minimum Spanning Tree of City to City Road Network in Nigeria Effanga,(E.O. & Edeke, Uwe. E,2013) Department Of Statistics, University Of Calabar, Nigeria
3. Nahla, M. A. I. (2011). Optimal Spanning Trees. African Institute for Mathematical Science.<http://www.users.aims.ac.za/nahla/nahla.pdf>
4. Mahdavi, I., ahdavi-Amiri, N., Makui, A., Mohajeri, A. (2022) "Optimal gas distribution network using minimum spanning tree", 17Th International Conference on IE&EM (IEEE).
5. Temnikov, D.O. and Suslov. D.Y. (2018) Algorithms of the Minimum Spanning Tree in Gas Supply Systems", J. Phys.: Conf. Ser. 1066-012001